

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL  
DE LADRILLOS ECOLÓGICOS TIPO LEGO  
VARIANDO LOS PORCENTAJES DE TIERRA,  
CEMENTO Y YESO 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Royer Alberto Alcalde Muñoz

**Asesor:**

Ing. Felix Alejandra Velásquez Huayta

<https://orcid.org/0000-0002-5247-4190>

Cajamarca - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMÁN	<b>71106769</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2 Secretario (a)	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO	<b>40012838</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3 Vocal	MARIO RENE CARRANZA LIZA	<b>26602358</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis ROYER\_ALCALDE

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>6%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Alas Peruanas</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Dublin City University</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi familia (Papá, Mamá, Hijo,  
Esposa, Hermanos)  
por ser mi soporte, motivación e inspiración  
de superación y perseverancia  
en cada sueño, cada meta, sobre todo por su apoyo  
incondicional en cada desafío o  
obstáculo que en el pasar de la vida se va presentando.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecido primeramente con mi Dios por su infinita bendición  
de brindarme la vida y la salud, y por su inmensa misericordia  
de guiarme y cuidarme siempre

Agradecido con mi familia (Papá, Mamá, Esposa)  
Siendo ustedes mi motor de impulso en la conducción de mi vida,  
por ayudarme a lograr cada meta, cada sueño con las ganas  
y las fuerzas que se necesita y  
sobre todo, por enseñarme a no rendirme nunca  
en cada proceso de la vida.

Agradecido con mi casa mayor de estudios (UPN),  
con todos mis docentes y amigos por impartir  
sus conocimientos y consejos con una  
excelente orientación académica en mi formación  
profesional como ingeniero civil.

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>Realidad problemática .....</b>	<b>13</b>
<b>Formulación del problema.....</b>	<b>24</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>24</b>
Objetivo general .....	24
Objetivos específicos.....	24
<b>Hipótesis.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
<b>Procedimiento .....</b>	<b>29</b>
Selección de los materiales.....	31
Ensayo de Contenido de humedad.....	32
Ensayo de Análisis granulométrico mediante tamizado en seco. ....	33

Ensayo de análisis granulométrico por el método de lavado.....	35
Ensayo de Límites de plasticidad .....	36
Clasificación SUCS del suelo.....	39
Ensayo de Compactación Proctor modificado.....	41
Diseño de mezcla.....	42
Fabricación de las unidades de Ladrillo Tipo Lego.....	51
Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial .....	56
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
<b>Resultados de las propiedades y clasificación del suelo. ....</b>	<b>58</b>
Contenido de humedad.....	58
Análisis granulométrico mediante tamizado en seco.....	58
Resultados del análisis granulométrico por el método de lavado .....	59
Límites de consistencia .....	61
Clasificación del suelo (SUCS).....	61
Compactación Proctor Modificado.....	63
Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial .....	65
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO V: REFERENCIAS .....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO VI: ANEXOS.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO N° 1. EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO Ni 3. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>85</b>
Contenido de humedad.....	85
Análisis granulométrico mediante tamizado en seco.....	85
Resultados del análisis granulométrico por el método de lavado .....	86
Límites de plasticidad.....	88
Compactación Proctor Modificado.....	90
Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial .....	93
<b>ANEXO N° 3. PROTOCOLOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Cantidad total de ladrillos fabricados.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2 Tabla de clasificación SUCS.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3 Cálculo del volumen de material necesario para una unidad de ladrillo.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 4 Cálculo del agua en litros por unidad y por el total de ladrillos a fabricar.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 5 Cálculo de material en kilogramos para casa grupo.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 6 Resultados del ensayo de contenido de humedad.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 7 Resultados del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 8 Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura. ....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 9 Resultados del Análisis granulométrico mediante el método de lavado. ....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 10 Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 11 Resultados de los ensayos de consistencia.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 12 Tabla de clasificación SUCS.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 13 Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 10% de cemento .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 14 Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 15% de cemento .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 15 Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 20 % de cemento .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 16 Tabla resumen del ensayo de resistencia a compresión.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 17 Resultados del ensayo de contenido de humedad.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 18 Resultados del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 19 Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura. ....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 20 Resultados del Análisis granulométrico mediante el método de lavado. ....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 21 Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 22 Resultados del ensayo de Limite Liquido. ....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 23 Resultados del ensayo de Limite Platico.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 24 Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 10% de cemento .....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 25 Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 15% de cemento .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 26 Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 20 % de cemento .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 27 Ensayo de resistencia a compresión con adición de 10 % de cemento.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 28 Ensayo de resistencia a compresión con adición de 15 % de cemento.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 29 Ensayo de resistencia a compresión con adición de 20 % de cemento.....</i>	<i>94</i>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Plano de ubicación de Cantera.....</i>	<b>32</b>
<i>Figura 2 Molde para la elaboración del ladrillo .....</i>	<b>49</b>
<i>Figura 3 Prensa hidráulica de ladrillos .....</i>	<b>51</b>
<i>Figura 4 Triturado y tamizado de la tierra .....</i>	<b>51</b>
<i>Figura 5 Peso de los materiales para la mezcla y elaboración de los ladrillos .....</i>	<b>52</b>
<i>Figura 6 Proceso de elaboración de los ladrillos tipo lego .....</i>	<b>53</b>
<i>Figura 7 Resultado del ladrillo final. ....</i>	<b>54</b>
<i>Figura 8 Hidratado de los ladrillos .....</i>	<b>55</b>
<i>Figura 9 Curva granulométrica del análisis granulométrico en seco .....</i>	<b>58</b>
<i>Figura 10 Gráfico de la curva granulométrica .....</i>	<b>60</b>
<i>Figura 11 Gráfico del ensayo de limite liquido .....</i>	<b>61</b>
<i>Figura 12 Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima .....</i>	<b>63</b>
<i>Figura 13 Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 10% de cemento .....</i>	<b>63</b>
<i>Figura 14 Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima .....</i>	<b>64</b>
<i>Figura 15 Resumen del ensayo de resistencia a compresión axial .....</i>	<b>65</b>
<i>Figura 16 Extracción del suelo .....</i>	<b>74</b>
<i>Figura 17 Ensayo de contenido de humedad. ....</i>	<b>75</b>
<i>Figura 18 Ensayo de contenido de humedad. ....</i>	<b>75</b>
<i>Figura 19 Ensayo del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco. ....</i>	<b>76</b>
<i>Figura 20 Ensayo del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco .....</i>	<b>76</b>
<i>Figura 21 Ensayo del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco .....</i>	<b>77</b>
<i>Figura 22 Ensayo del Análisis granulométrico mediante el método de lavado .....</i>	<b>78</b>
<i>Figura 23 Ensayo del Análisis granulométrico mediante el método de lavado. ....</i>	<b>78</b>
<i>Figura 24 Ensayo de Limite líquido. ....</i>	<b>79</b>
<i>Figura 25 Ensayo de Limite líquido. ....</i>	<b>79</b>
<i>Figura 26 Ensayo de Limite líquido. ....</i>	<b>80</b>
<i>Figura 27 Ensayo de Limite Plástico. ....</i>	<b>80</b>
<i>Figura 28 Ensayo de Compactación Proctor Modificado.....</i>	<b>81</b>
<i>Figura 29 Ensayo de Compactación Proctor Modificado.....</i>	<b>81</b>
<i>Figura 30 Ensayo de Compactación Proctor Modificado.....</i>	<b>82</b>
<i>Figura 31 Ensayo de Compactación Proctor Modificado.....</i>	<b>82</b>
<i>Figura 32 Elaboración del ladrillo de tierra comprimido tipo lego .....</i>	<b>83</b>
<i>Figura 33 Elaboración del ladrillo de tierra comprimido tipo lego .....</i>	<b>83</b>
<i>Figura 34 Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial .....</i>	<b>84</b>
<i>Figura 35 Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial .....</i>	<b>84</b>
<i>Figura 36 Curva granulométrica del análisis granulométrico en seco .....</i>	<b>86</b>

<i>Figura 37 Gráfico de la curva granulométrica .....</i>	<b>87</b>
<i>Figura 38 Gráfico del ensayo de limite liquido .....</i>	<b>89</b>
<i>Figura 39 Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima .....</i>	<b>90</b>
<i>Figura 40 Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima .....</i>	<b>91</b>
<i>Figura 41 Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima .....</i>	<b>92</b>
<i>Figura 42 Protocolo de laboratorio del ensayo de contenido de humedad.....</i>	<b>95</b>
<i>Figura 43 Protocolo de laboratorio del ensayo de granulometría por tamizado en seco .....</i>	<b>96</b>
<i>Figura 44 Protocolo de laboratorio del ensayo de granulometría por tamizado en lavado. ....</i>	<b>97</b>
<i>Figura 45 Protocolo de laboratorio del ensayo de Limite Liquido y Limite Plástico .....</i>	<b>98</b>
<i>Figura 46 Protocolo del ensayo de Proctor Modificado con 20% de Cemento .....</i>	<b>99</b>
<i>Figura 47 Protocolo del ensayo de Proctor Modificado con 15% de Cemento .....</i>	<b>100</b>
<i>Figura 48 Protocolo del ensayo de Proctor Modificado con 10% de Cemento .....</i>	<b>101</b>
<i>Figura 49 Protocolo del ensayo de Resistencia a compresión con 10% de Cemento .....</i>	<b>102</b>
<i>Figura 50 Protocolo del ensayo de Resistencia a compresión con 15% de Cemento .....</i>	<b>103</b>
<i>Figura 51 Protocolo del ensayo de Resistencia a compresión con 20% de Cemento .....</i>	<b>1104</b>

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1 Contenido de humedad .....</i>	<b>33</b>
<i>Ecuación 2 Analisis granulometrico porcentaje retenido.....</i>	<b>34</b>
<i>Ecuación 3 Analisis granulometrico porcentaje que pasa.....</i>	<b>34</b>
<i>Ecuación 4 Analisis granulometrico Coeficiente de curvatura y uniformidad .....</i>	<b>35</b>
<i>Ecuación 5 limites de plasticidad .....</i>	<b>38</b>
<i>Ecuación 6 Proctor modificado .....</i>	<b>42</b>
<i>Ecuación 7 Formula de calculo de agua .....</i>	<b>50</b>
<i>Ecuación 8 Formula de resistencia con compresion .....</i>	<b>56</b>

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar la resistencia a compresión de ladrillos ecológicos tipo lego, variando los porcentajes de sus materiales en tres diferentes grupos, con 10% de cemento, 85% de tierra y 5% de yeso; con 15% de cemento, 80% de tierra y 5% de yeso; y con 20% de cemento, 75% de tierra y 5% de yeso; con la finalidad de lograr una alternativa ecológica frente a los ladrillos convencionales al tener como material predominante al suelo y al reducir la contaminación ambiental en su proceso de fabricación evitando la cocción en los ladrillos. Satisfaciendo los parámetros de resistencia por la NTP E-080 de Adobe y de la E.070 de Albañilería al evaluar de las propiedades mecánicas obtenidas del ensayo de resistencia a compresión axial.

Para lo cual se ensayaron a compresión axial un total de 18 muestras de ladrillo 6 para cada grupo de dosificación. De donde se obtuvo una resistencia de 12.75 Kg/cm<sup>2</sup> para 10% de cemento, 85% de tierra y 5% de yeso; 15.48 Kg/cm<sup>2</sup> para 15% de cemento, 80% de tierra y 5% de yeso; y 18.69 Kg/cm<sup>2</sup> para 20% de cemento, 75% de tierra y 5% de yeso. Concluyendo que la resistencia mínima obtenida está por encima de lo especificado en la N.T.P. E-080 de Adobe en donde la resistencia mínima es de 12 Kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, la resistencia máxima obtenida de 18.69 Kg/cm<sup>2</sup>, es inferior a 20 Kg/cm<sup>2</sup> y no logra clasificarse con ningún tipo de ladrillo según la N.T.P. E-070 de Albañilería.

**PALABRAS CLAVES:** Ladrillo tipo lego, ladrillo ecológico, tierra, cemento, yeso.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### Realidad problemática

Según el (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017), el sector de la construcción en nuestro país tiene una tasa de crecimiento promedio anual de 2,9%. Dejando saber que los materiales de construcción actualmente tienden a tener una gran demanda ya que son los pilares para el sostenimiento del sector, los cuales en sus procesos de fabricación generan grandes impactos de contaminación ambiental. Un claro ejemplo son los ladrillos de arcilla, los cuales, en su proceso de fabricación, comienzan con la extracción de la materia prima y finaliza con la cocción emitiendo gases contaminantes hacia la atmósfera como el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, lo cual representa un notable problema ecológico para el país y el mundo. Por tal motivo es que siempre estamos en busca de nuevas alternativas ecológicas para mitigar este flagelo. (Escalante, et ál, 2020, pág. 19).

Por consiguiente (Pedraza Gordo, 2019, pág. 10), plantea optar y validar alternativas de construcción y fabricación eco amigables con el medio ambiente, los cuales deben reducir o tener un mínimo impacto ambiental y además mantener sus parámetros de seguridad y calidad que exige la normatividad actual.

Por lo que, (Escalante et ál, 2020, pág. 19) plantea una alternativa ecológica para elaborar una albañilería más eco amigable con la construcción de unidades de albañilería tipo lego, fabricadas con tierra y cemento lo cual responde a criterios ecológicos sustentables y sostenibles ya que se requiere un bajo nivel de energía para su fabricación eliminando la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Y también (Carrasco Diaz & Tinoco Orihuela, 2018), coincide con (Escalante et ál, 2020, pág. 19), en que este ladrillo ecológico tipo lego es un elemento de construcción

fabricado con materiales que no degradan al medio ambiente. Y en su proceso de fabricación no requiere de una gran cantidad de energía, lo cual reduciendo significativamente la emisión de contaminantes a la atmósfera. Además, da a conocer que este tipo de ladrillo que posee grandes características y beneficios como aislante térmico, conserva el calor, tolera diferentes agentes naturales y altas presiones, tiene una alta durabilidad, sistema de construcción rápido, no necesita tarrajeo por ser caravista, entre otras características

Adicionalmente, (Valdez Mendoza, 2018) menciona que alrededor del 30 % de la población mundial y aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural y por lo menos el 20 % de la población urbana y urbano marginal viven en construcciones de tierra. Y en nuestro país de Perú según el censo realizado por el (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017), declara que el 55,8% del total de las viviendas en el país tienen como material predominante el ladrillo o bloque de cemento mientras que el 27,9% son de adobe o tapia. Siendo que estas construcciones según (Acuña Vera, 2022), están construidas sin criterios técnicos, ni estructurales, ni sísmicos, dando como resultado viviendas de tierra inestables e inseguras.

Por tanto, el ladrillo tipo lego no solo reduce significativamente la contaminación ambiental, sino que también ayuda a mitigar las construcciones informales y sin criterios técnicos en nuestro país. Por tanto se genera es esta presente investigación referente al ladrillo ecológico tipo lego, al cual en su proceso de fabricación se variarían sus porcentajes de dosificación en sus materiales hasta en tres grupos diferentes, para poder analizar la variación de su resistencia a compresión de las unidades del ladrillo y determinar si estas resistencias obtenidas son las óptimas para para que este ladrillo pueda ser usado en la construcción satisfaciendo los parámetros de la Norma Técnica Peruana E-080 de adobe y la E-070 de albañilería .

En relación a nuestra investigación se tiene diversos **antecedentes de proyectos** e investigaciones de diferentes autores tanto internacionales y nacionales, encontrando dentro de los internacionales a:

(Rocha, et ál, 2020), de la ciudad de Bolivia con su investigación denominada "Evaluación de la resistencia a la compresión de ladrillos de suelo – cemento", en la cual presenta como objetivo, evaluar la resistencia a la compresión de ladrillos de suelo-cemento añadiendo diferentes proporciones de cemento, para encontrar los porcentajes de dosificación con la más alta resistencia y su aplicación en la construcción. Por tal motivo se fabricó un total de 75 muestras de ladrillos, 15 para cada porcentaje de cemento propuesto (2%, 4%, 6%, 8% y 10%) respectivamente, los cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días para observar su comportamiento en el aumento de la resistencia. De donde resulta que, a mayor porcentaje de cemento y mayor tiempo de fraguado, el ladrillo presenta mayor resistencia a la compresión; siendo que los ladrillos de 6%, 8% y 10% con contenido de cemento mostraron los mejores resultados a los 28 días con 5.18 Mpa, 6.70 Mpa, y 7.31 Mpa respectivamente, por tanto, estos ladrillos si son aptos para su uso en la construcción.

Por otro lado, tenemos desde Ecuador a (Chimbo, 2017) con su tesis denominada "Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cangahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)". Presenta como como objetivo brindar los resultados de la resistencia a compresión de muestras de ladrillos prensados. Para lo cual primero se ensayan los materiales a emplear con la granulometría y el índice de plasticidad del suelo. Luego se fabrican las muestras y se ensayan a compresión donde se estableció al menos tres porcentajes diferentes de 10%, 15% y 20% de cemento ensayándolos a las edades de 7, 14 y 28 días, resultando que el porcentaje óptimo de cemento a añadir a los

ladrillos es del 15% de cemento el cual genera una resistencia de 30 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando los valores mínimos establecidos de 20kg/cm<sup>2</sup> por la normativa.

También tenemos a (López Lagos & Ruales Guerrero, 2020) de la ciudad de Colombia con su tesis denominada "Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables" la cual tiene como objetivo presentar los estudios realizados al ladrillo ecológico; como las propiedades físicas con la adsorción de agua, en las propiedades mecánicas con la resistencia a la compresión, además se analiza la parte constructiva con los rendimientos por m<sup>2</sup>, análisis de precios unitarios, disminución de costos en materiales y los niveles de mitigación al impacto ambiental en relación con la producción de ladrillo de arcilla de manera tradicional. Donde en sus propiedades mecánicas con una dosificación de 8 cubetas de material areno arcilloso y 1 cubeta de cemento obtiene una resistencia promedio de 10.30 kg/cm<sup>2</sup>.

Y como **antecedentes nacionales y locales** se tiene las siguientes investigaciones que a continuación se menciona:

(Escalante Aguirre & Gonzales Contreras, 2020); en su tesis denominada "Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC en el departamento de Cusco". Presenta como objetivo la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, del suelo, de las unidades de albañilería, de pilas y muretes. bajo los requerimientos mínimos de calidad de la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería. Obteniendo como resultado que el tipo de suelo es arcilloso de alta plasticidad, con el cual se realizó el diseño de mezcla del ladrillo en peso, quedando 20% de cemento, 74.58% de suelo y 5.42% agua, del cual se obtiene una resistencia a compresión de 86.16 kg/cm<sup>2</sup> superando a la resistencia a la compresión del ladrillo King Kong artesanal y clasificando



esta unidad de suelo-cemento como un ladrillo de acuerdo a su resistencia a compresión como de clase II, según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

También se tiene a (Carrasco Diaz & Tinoco Orihuela, 2018) con su tesis denominada "Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la compañía minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Jauli - Junín", donde presenta como objetivo la elaboración de ladrillos ecológicos con arena de sílice y arcillas mixtas con la finalidad de desarrollar una ingeniería sostenible al alcance de todos, eliminando el quemado de los ladrillos mitigando de esta manera la contaminación ambiental, reduciendo los niveles en los gases de efecto invernadero como el dióxido y monóxido de carbono. Se ensayó 27 unidades de muestras de ladrillo de donde se concluye que la utilización de la arena de sílice y arcillas mixtas si es adecuada para la elaboración de ladrillos ecológicos porque al tener casi un 50 % de sílice y 26 % de óxido de aluminio en el material éstas favorecen en la plasticidad, cohesión, endurecimiento y resistencia en la elaboración de los ladrillos ecológicos obteniendo una resistencia a compresión de 63.23 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos con 10% de estabilizante (cemento); 81.96 kg/cm<sup>2</sup> para 15%; y 123.33 kg/cm<sup>2</sup> para 20% de estabilizante.

También se tiene a (Rojas Vargas & Toche Vidal, 2014) de la ciudad de Lima con su tesis denominada "Comportamiento Sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados". El presenta como objetivo estudiar de manera experimental el comportamiento sísmico de un material no convencional como son los ladrillos ecológicos prensados, los cuales son elaborados con una mezcla de suelo, cemento y agua. Para lo cual se construyó un módulo en forma de "U", de dos pisos a escala real con el sistema constructivo planteado, donde las columnas son moduladas con los mismos ladrillos, refuerzo horizontal y vertical debidamente confinado con mortero líquido, utilizando los alveolos del mismo ladrillo para colocar tanto el refuerzo como las

tuberías para instalaciones eléctricas y sanitarias. Resultando que el sistema es el adecuado para evitar la falla por desgarramiento en las esquinas y consecuentemente la volcadura del módulo. También se presentan las gráficas de fuerza cortante vs desplazamiento, las que permitieron distinguir que el módulo se encuentra dentro del rango elástico permitido. También se realizaron ensayos de compresión en las unidades individuales del ladrillo ecológico, como también los ensayos de compresión axial en pilas y en muretes ensayos de compresión diagonal con la finalidad de obtener valores de las propiedades mecánicas logrando que los ladrillos con una mezcla conformada por tierra arcillosa (65%), cemento (20%), arena fina (10%) y agua (5%). Obtengan una resistencia a la compresión de 99.5 kg/cm<sup>2</sup>, valor superior a la resistencia mínima exigida por la Norma de Adobe E.080 (12 kg/cm<sup>2</sup>) y siendo equivalente a la resistencia característica a compresión de los ladrillos clase III (95 kg/cm<sup>2</sup>) de la Norma Técnica Peruana de Albañilería E.070.

En Trujillo tenemos a (Ríos Vargas, 2019) con su tesis denominada "Influencia de la ceniza y cemento, en adobes ecológicos prensados; sobre la compresión y durabilidad" tiene como objetivo determinar la influencia de la ceniza en un adobe ecológico prensado, adicionándole cemento, sobre la compresión y durabilidad. Para el desarrollo se utilizó ceniza con 5%,10%,15%,20% y 25% y cemento tipo I, con 9% y 12%. Resultando que para la estabilización del adobe con un 25% de ceniza con 9% de cemento se reporta un 72.6 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia y un 8.28% de pérdida de peso relacionado como durabilidad. El valor máximo alcanzado fue de 110kg/cm<sup>2</sup> de resistencia con una adición de 10% de ceniza y 12% de cemento.

En Cajamarca se tiene a (Acuña Vera, 2022) con su tesis denominada "Resistencia a compresión y flexión de un ladrillo suelo-cemento usando un suelo tipo SC y otro CL", Presenta como objetivo evaluar la resistencia a compresión y flexión de un ladrillo suelo-cemento con adición del 10% de cemento, fabricados con un suelo S1 y otro con un suelo

S2. Iniciando la investigación con la determinación las propiedades granulométricas de los suelos, el óptimo contenido de humedad y las resistencias a compresión y flexión. Identificando que según el sistema de Clasificación SUCS, la primera cantera denominada corresponde al tipo de suelo "CL" y la segunda cantera al tipo de suelo "SC-SM". Concluyendo finalmente que la resistencia a compresión promedio de las muestras de suelo-cemento elaborados con el suelo CL es de 25.16 kg/cm<sup>2</sup> y con el suelo SC-SM es de 37.33 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa un incremento de 32.6% y en la resistencia a flexión promedio, los ladrillos suelo-cemento elaborados con el suelo CL es de 38.75 kg/cm<sup>2</sup> y con el suelo SC-SM es de 30.89 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa un incremento de 20.3%.

También se tiene a (Mori Gil, 2021) con su tesis denominada "Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos utilizando residuos de construcción y adición de Synadenium Grantii", Cajamarca 2021. Presenta como objetivo determinar la resistencia a compresión de las unidades de albañilería utilizando residuos de construcción más la adición de Synadenium Grantii, donde se presenta los siguientes resultados de resistencia a compresión de las unidades sin adición de 41.063 kg/cm<sup>2</sup>, 45.005 kg/cm<sup>2</sup>, 47.025 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y las unidades elaboradas con adición de Synadenium Grantii alcanzaron una resistencia de 40.218 kg/cm<sup>2</sup>, 41.072 kg/cm<sup>2</sup>, 43.639 kg/cm<sup>2</sup> para 7, 15 y 28 días de curado, lo cual no cumple con la hipótesis, dado que la adición disminuye la resistencia de las unidades, sin embargo se determina que los ladrillos si son aptos para ser empleados bajo exigencias mínimas en viviendas de 1 o 2 pisos como máximo.

Asimismo, en Cajamarca se tiene a (Tasilla Juárez, 2021) con su tesis denominada "Variación de la resistencia a la compresión axial, absorción, variación dimensional y alabeo de los ladrillos artesanales al adicionar residuos de granito al 5%, 10% y 15%", en el cual tuvo como objetivo realizar los ensayos de resistencia a la compresión, Absorción,

Alabeo, Variación Dimensional, Granulometría mediante tamizado, Contenido de humedad, Límite líquido, y Límite plástico. Obteniendo como resultados que la adición de restos de granito a los ladrillos de arcilla artesanales si incrementa la resistencia a compresión en más del 7% progresivamente hasta la adición del 10% de granito luego empieza a descender y reduce su capacidad de absorción en menos de 1.5%, con respecto a la variación dimensional y alabeo ha mejorado sus propiedades en más de 1%. Por lo tanto, se da por válido el incremento de la resistencia a compresión y alabeo mas no en la absorción y variación dimensional.

Por consiguiente (Daga Izquierdo, 2022) en su tesis denominada "Resistencia a compresión axial de ladrillos de arcilla incorporando ceniza de bagazo de caña de azúcar, Cajamarca 2019", plantea como objetivo evaluar la resistencia a la compresión axial de unidades de albañilería incorporando ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). En donde se presentó un total 100 ladrillos como muestra, de los cuales 25 ladrillos son para la muestra patrón y 25 por cada porcentaje para 3%, 5% y 7%. Obtenido como resultados que las propiedades mecánicas en el ensayo de resistencia a la compresión, la unidad de albañilería sin incorporación de CBCA presenta mejor compresión axial (40.98 kg/cm), comparado con las unidades de albañilería con adición de CBCA al 3%, 5% y 7%, las que mostraron una resistencia de 31.80 kg/cm<sup>2</sup>, 21.26 kg/cm<sup>2</sup> y 18.15 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Asimismo, se obtuvo que en las propiedades físicas de absorción la unidad de albañilería con adición de CBCA al 7% presenta mayor absorción con respecto a las demás muestras; mientras que en el ensayo de alabeo ninguna de las muestras excede a lo permitido por la Norma E-070. Finalmente se concluye que el uso CBCA con los porcentajes incorporados de 3 %, 5% y 7% en la elaboración de ladrillos de arcilla, no poseen mayor resistencia a las propiedades mecánicas y físicas, comparadas con el ladrillo de la muestra patrón.

Asimismo, (Medina Cercado, 2022) con su tesis denominada "Resistencia a compresión y flexión de bloques de adobe compactado con adición de vaina de bambú, Cajamarca, 2022", el cual presenta como objetivo analizar la resistencia a compresión y flexión de los bloques de adobe compactado con 0,5%, 0,75% y 1% de vaina de bambú de 4 cm, 5 cm y 6 cm. Y teniendo como muestra a 140 bloques de adobe, donde 60 bloques son para el ensayo a compresión y 80 bloques para flexión. Resultando que la resistencia a compresión de los adobes se incrementa hasta en 82,49% para adobes con 0,75% de fibras de bambú de 5 cm, respecto a la norma UNE 41410 (AENOR, 2008), mientras que, los adobes patrón solo alcanzan 8.47 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, no cumplen con la norma E.080 de adobe; Así mismo, para los adobes con 0,5% de fibras de bambú de 5 cm los adobes llegan a 15.51 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo que se concluye que, la fibra de bambú si aumenta la capacidad mecánica de los adobes compactados, superando la hipótesis que con un incremento de hasta 25%, y cumpliendo con los requerimientos de la norma E.080 (MVCS, 2017).

Así también tenemos a (Quiroz Casanova, 2020) con su investigación de tesis denominada "Resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado, con 2%, 4% y 6% de cal hidratada, distrito de Baños del Inca, Cajamarca 2018." El cual tiene como objetivo comparar la resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado fabricado con la máquina CINVA RAM, para el adobe compactado con la muestra patrón, y con las muestras que si incorporan cal hidratada y además teniendo los parámetros establecidos por la NTP E.080, se concluye que los resultados no fueron del todo satisfactorios ya que si bien el adobe compactado con la incorporación de cal hidratada en sus porcentajes (4 y 6%), lograron superar la resistencia mínima establecida en la norma E.080, no logró superar al de la muestra patrón.

Finalmente, tenemos a (Carhuanambo Villanueva, 2016) con su tesis denominada "Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín,

Cajamarca 2016”, en el cual presentan como objetivo evaluar las propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con la adición de diversos porcentajes de viruta y aserrín de eucalipto. Resultando que la adición de viruta en 1.5%, 3.0% y 4.5%, obtiene una resistencia a compresión de 28.04 kg/cm<sup>2</sup>, 29.79 kg/cm<sup>2</sup> y 30.94 kg/cm<sup>2</sup>, y la adición de aserrín en 1.5%, 3.0% y 4.5%, obtuvieron una resistencia a compresión de 21.01 kg/cm<sup>2</sup>, 18.53 kg/cm<sup>2</sup> y 13.64 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. En cuanto a la resistencia a flexión con adición de viruta a 1.5%, 3.0% y 4.5%, se obtuvo una resistencia de 20.67 kg/cm<sup>2</sup>, 19.38 kg/cm<sup>2</sup> y 23.34 kg/cm<sup>2</sup>. Y para la adición de aserrín a 1.5%, 3.0% y 4.5%, se logró una resistencia a flexión de 18.06 kg/cm<sup>2</sup>, 9.81 kg/cm<sup>2</sup> y 12.48 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Finalmente, para la propiedad física de absorción de agua de los adobes con adición de viruta a 1.5%, 3.0% y 4.5% obtuvieron como resultado 19.36%, 20.15% y 20.95% respectivamente. Sin embargo, los adobes con adición de aserrín con porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% lograron como resultado 16.99%, 17.75% y 18.35% de absorción.

**De acuerdo con los autores** de los antecedentes presentados, se observa que coincidentemente al añadir algún componente o estabilizante a la tierra y al ser comprimida esta puede presentar mejoras considerables en sus propiedades tanto mecánicas y físicas. Por lo tanto, considerando estos antecedentes para la presente investigación se tomará la decisión de añadir dos estabilizantes uno será cemento y el otro será yeso en 10%, 15% y 20% para cemento; y en 5% para yeso, y poder analizar su comportamiento de estos estabilizantes con la tierra así mismo verificar sus propiedades mecánicas de resistencia a compresión.

Para tener una mejor comprensión en torno al tema en estudio a continuación se describe breves definiciones importantes referentes a la variable en estudio la cual es el análisis de la resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos tipo lego adicionando cemento y yeso.

**Ladrillos de tierra comprimida (LTC).** - Según (Meza López, 2018)

Comúnmente denominado Bloque de Tierra Comprimida (BTC) en diversas partes del mundo, en nuestro país de Perú y de acuerdo a la Norma Técnica E.070- Albañilería, viene a ser correcto denominarlo Ladrillo de Tierra Comprimida (LTC). Siendo estas unidades de albañilería hechas a base de suelo estabilizado, comprimidas mecánicamente a una determinada humedad, dentro de un molde en máquinas de presión, manuales o hidráulicas para luego ser curados bajo sombra. No requieren de quemado en horno cocción, pues la resistencia mecánica la adquieren por compresión estática y por el fraguado del estabilizante, motivo por el cual, también se le conoce como "ladrillo ecológico".

**Tierra:** Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa. (NTP. E080, 2017)

**Cemento:** Según (IECA) El cemento es un conglomerante hidráulico capaz de unirse a otros y dar cohesión al conjunto, que amasado con agua fragua al aire o bajo el agua.

**Granulometría:** Según (Guerra Torralbo, 2018) define "granulometría de un suelo" a la distribución porcentual de los distintos tamaños de partículas que constituyen una muestra de dicho suelo.

**Clasificación de Suelos:** Es la agrupación con un rango de propiedades similares (químicas, físicas y biológicas) a unidades que puedan ser geo-referenciadas y mapeadas. (Portal de Suelos de la FAO, s.f.)

**Compactación:** Proceso mediante el cual un sólido pierde progresivamente su porosidad. Al aplicar presión para reducir los espacios vacíos, aumenta su densidad mejorando sus propiedades mecánicas del suelo. (Ingenierizando, s.f.)

**Ladrillo:** Según la Norma E.070 “Albañilería” (2006), del Reglamento Nacional de Edificaciones, También se llama unidades de albañilería, son aquellos que se pueden manipular fácilmente sin necesidad de usar las dos manos.

**Resistencia a la compresión:** Característica mecánica que define la capacidad para soportar una carga en una unidad, donde a mayor resistencia a compresión la unidad presenta mejor calidad (Castro, 2017).

### **Formulación del problema**

¿Cuál es la resistencia a la compresión uniaxial de los ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento y yeso?

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar la resistencia a la compresión uniaxial de los ladrillos ecológicos tipo lego, variando sus materiales en diferentes porcentajes con 10% de cemento, 85% de tierra y 5% de yeso; con 15% de cemento, 80% de tierra y 5% de yeso; y con 20% de cemento, 75% de tierra y 5% de yeso.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar sus propiedades y la clasificación del tipo de suelo con el cual se fabricó las unidades muestras del ladrillo ecológico tipo lego.
- Determinar el porcentaje del óptimo contenido de humedad del suelo mediante el ensayo de Proctor modificado.



- Comparar la resistencia a compresión uniaxial obtenida del ladrillo ecológico tipo lego con lo establecido en Norma Técnica Peruana E-080 de Adobe y en la E-070 de Albañilería

### **Hipótesis**

Los ladrillos ecológicos tipo lego con la adición de un porcentaje de cemento y yeso presentan una mayor o igual resistencia a compresión uniaxial en comparación con las resistencias especificadas en la Norma Técnica Peruana E-080 de Adobe y en la E-070 de Albañilería.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El **tipo** de investigación que desarrolla la presente investigación es de tipo **experimental puro**, siendo un tipo de investigación que permite al investigador manipular intencionalmente una o más variables independientes, midiendo el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente con control o validez interna de la situación experimental. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). (Hernández, et.al 1997).

En tanto, el **enfoque** considerado en la investigación es **mixto**, siendo que (Pereira Pérez, 2011) menciona que, al realizar una investigación mixta, tanto de datos cuantitativos y cualitativos, el investigador gana amplitud y profundidad en la comprensión y corroboración de las variables. Donde los datos cuantitativos incluyen información cerrada que consiste en analizar estadísticamente las puntuaciones recopiladas. Mientras los datos cualitativos son información abierta que el investigador suele recopilar mediante entrevistas, grupos de discusión y observaciones. Por lo tanto, se empleará 18 muestras cuantitativas y cálculos matemáticos para determinar la resistencia a compresión uniaxial de los ladrillos ecológicos tipo lego, y se analizaría cualitativamente los datos obtenidos comparándolos con las muestras de las diferentes proporciones de cemento y yeso añadidas proporcionalmente en porcentajes y evaluando si cumple con los estándares mínimos establecidos por la norma técnica peruana E-080 de adobe y la E-070 de albañilería.

Según (Hernández Sampieri, Collado, & Pilar Baptista, 1997) el **diseño** constituiría el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere para la investigación. En nuestro caso primeramente se seleccionará la materia prima (tierra), la cual será ensayada para determinar el tipo de suelo con el cual se trabajará, mismo que servirá para la fabricación de las muestras de los ladrillos que serán ensayados a

compresión axial y determinar su resistencia. En tal sentido esta investigación queda **delimita** únicamente al estudio mecánico los ladrillos ecológicos con el análisis de la resistencia a compresión uniaxial.

Según (Gómez, Villasís, & Miranda, 2016), **La población** de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, que cumple con una serie de criterios predeterminados los cuales quedan delimitados por el problema y por los objetivos del estudio.

En tal sentido la presente investigación al ser una investigación experimental, la **población** estará constituida por todas las unidades de ladrillo fabricadas, es decir 30 unidades.

Según (López, 2004), menciona que **la muestra**, es un subconjunto o parte representativa del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. Hay procedimientos para obtener la cantidad de los componentes de la muestra como fórmulas, lógica y otros.

Por lo expuesto y con la finalidad de poder determinar la muestra se tomará en consideración a la Norma Técnica Peruana E-070 de Albañilería del año 2006, la cual indica la selección de 5 unidades de albañilería aleatoriamente las cuales serán sometidas a compresión axial. En nuestro caso tomamos 6 unidades de muestra por cada grupo de porcentajes, al variar sus materiales tierra, cemento, y yeso, los cuales suman un total de 18 unidades de albañilería tal como se indica en la siguiente tabla.

*Tabla 1*

*Cantidad total de ladrillos fabricados.*

Nombre del ensayo a realizar	Porcentaje de materiales			Total
Grupo de porcentajes (%)	85%-10% -5%	80%-15% -5%	75%-20% -5%	
Resistencia a compresión.	6	6	6	18

*Nota:* Se presenta una muestra de 18 unidades de ladrillo.

### Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

(Abril, 2008) nos señala que las técnicas constituyen un conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga. Por consiguiente, las técnicas son procedimientos o recursos fundamentales de recolección de información de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento.

Por lo tanto, **la técnica** empleada para la recolección de datos es la observación directa por que durante los ensayos es fundamental la observación y registro de información, así mismo realizaremos la revisión documentaria de las investigaciones recopiladas en las diferentes bases de datos de buscadores de bibliografía confiable como, Scielo, Ebsco, Proquest, Redalyc, ScienceDirect, google académico, repositorio institucional, con la finalidad de acumular, recolectar, y analizar los estudios e ideas de diferentes autores, para luego realizar la comparación de la productividad, y poder incluir sus variables de estudio en el desarrollo de esta investigación.

Así mismo (Medina, 2010) señala que un **instrumento de medición** es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente.

Por lo cual para el recojo de la información en la presente investigación se utilizó los **instrumentos de recolección de datos**, en los protocolos de Laboratorio de Suelos y laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte, los cuales van a servir para

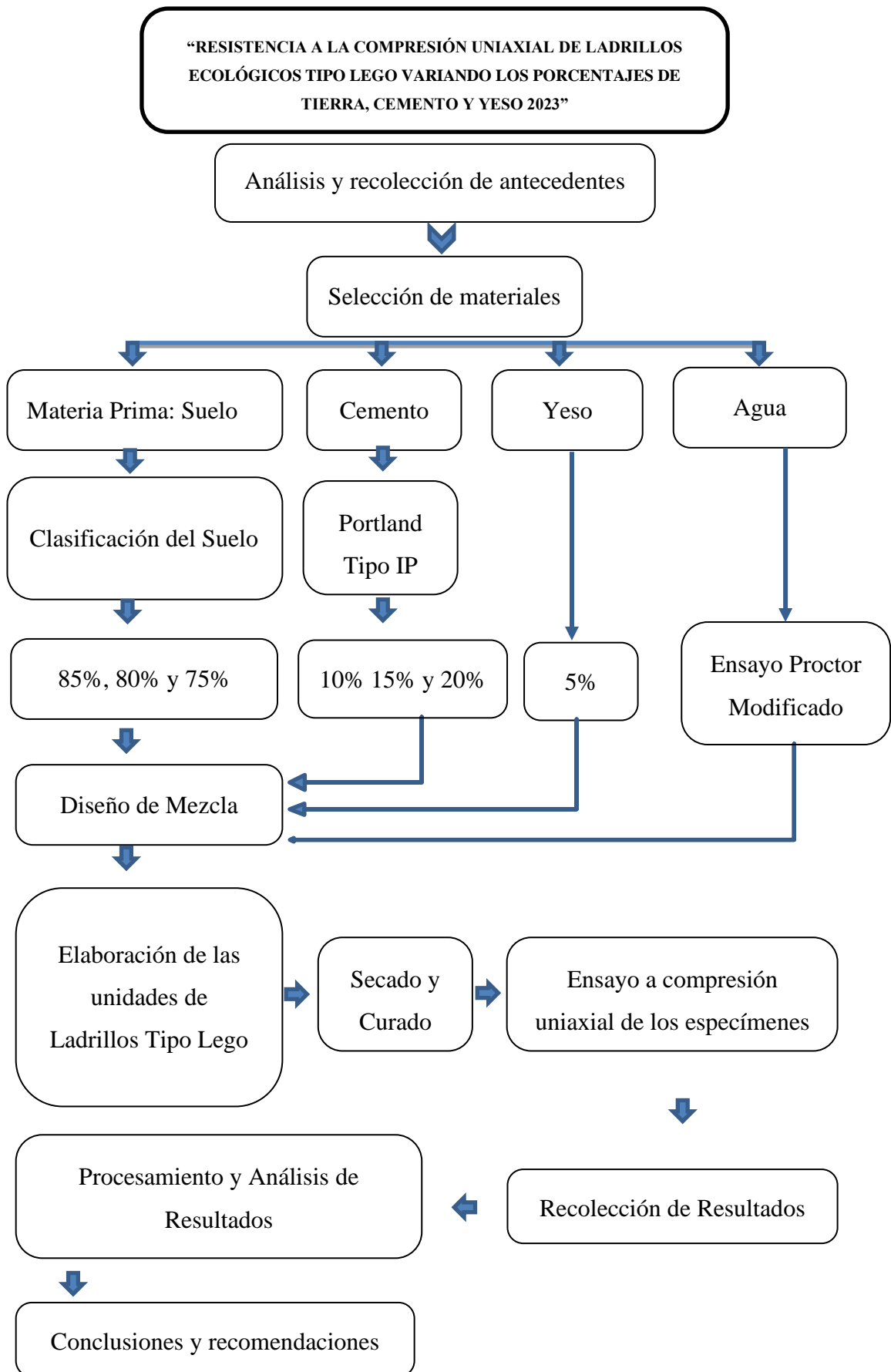
recolectar la información necesaria y llevar a cabo el desarrollo del estudio; a continuación, se muestra la lista de protocolos a emplear:

- Protocolo de Ensayo de contenido de humedad – MTC E 108/ ASTM D2216/ TP 339.127.
- Protocolo de Ensayo de Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado. ASTM D421.
- Protocolo de Ensayo de Límites de Plasticidad – NTP E 339.130 – MTCNTP E111/ASTM D4318.
- Protocolo de Ensayo de Proctor modificado - ASTM D-1557.
- Determinación de la Clasificación de suelos (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) (NTP 339.134 - 1999)
- Protocolo de ensayos de resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

Con respecto a las **técnicas de análisis de datos**, se hizo uso de la estadística descriptiva, en razón a que según (Castillo, et.al, 2014), indica que esta técnica se utiliza para resumir la información acerca de una muestra, donde generalmente los datos se reorganizan en una forma adecuada para ser introducidos a un programa de cómputo los cuales se presentan en tablas y/o gráficas. Por lo mencionado es que se optó por esta técnica de análisis de datos, debido a que utilizaremos este tipo de estadística en el análisis de los resultados obtenidos en cada ensayo realizado en el laboratorio a los ladrillos tipo lego. Así mismo, como instrumento de análisis de datos se tuvo al programa de Microsoft Excel para el procesamiento de datos, ya que facilitará el procesamiento de la información.

### **Procedimiento**

Para el procedimiento del presente estudio se realizó de orden secuencial tal como se detalla a continuación en el siguiente gráfico resumen:



## Selección de los materiales.

La selección de los materiales es el punto de partida para la fabricación de los ladrillos ecológicos tipo lego. Iniciamos con la selección de la cantera de la cual se extraerá la tierra misma que debe contener una adecuada presencia de arcilla y estar libre de materia orgánica según recomendación del el Reglamento nacional de edificaciones en la NTP E-080 de Diseño y construcción con tierra reforzada. Por lo que para verificar si el suelo de nuestra cantera cumple con lo recomendado se realizó la prueba de la “cinta de barro”, la cual consiste en tomar una muestra del suelo a al cual se le añade suficiente cantidad de agua para que la mezcla se convierta en barro con el cual se realiza un cilindro de barro de 12 mm de diámetro al cual se lo aplanara hasta formar una cinta de 4 mm de espesor dejándolo descolgar para analizar su nivel de arcilla para lo cual se mide la longitud de la cinta la cual debe alcanzar una longitud de 20cm a 25cm entonces el suelo es muy arcilloso y si se corta a los 10 cm o menos el suelo tiene poco contenido de arcilla.

### Figura 1

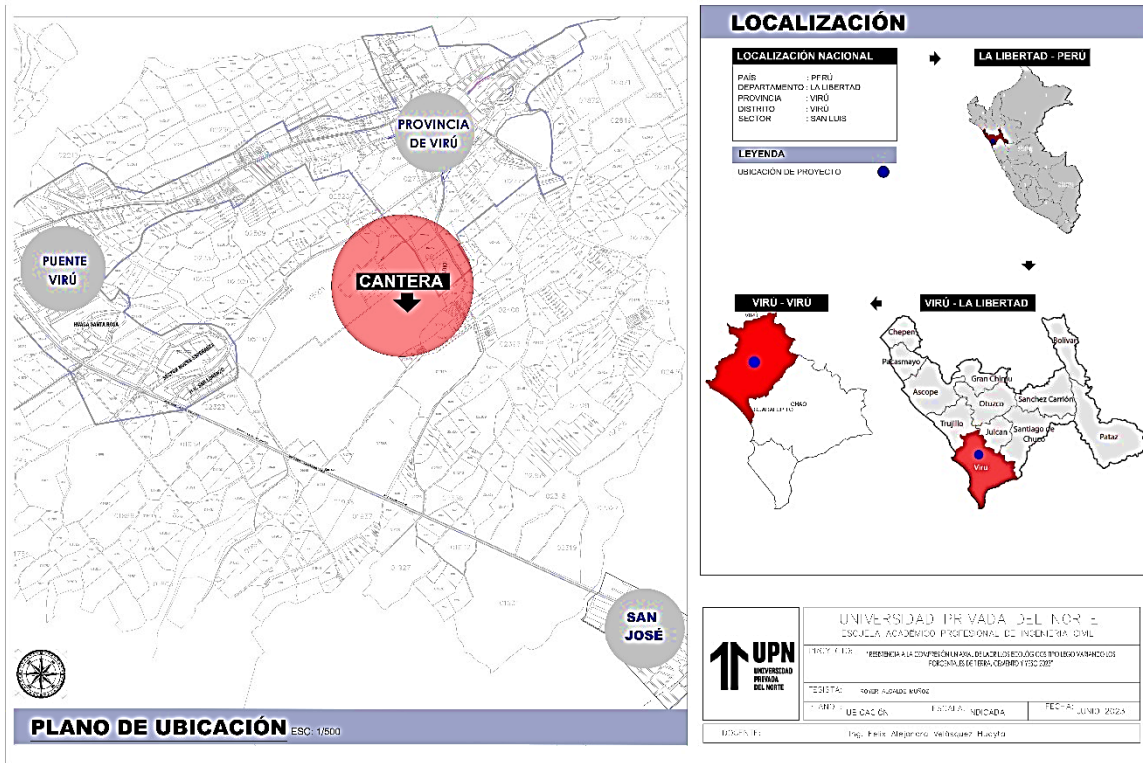
#### *Prueba de campo “cinta de barro”*



*Nota:* Se muestra la selección de la cantera usando la prueba de la cinta de barro en la cual se determino que el suelo de la cantera selecciona si tiene la suficiente presencia de arcilla puesto que alcanzó una longitud de 18cm.

**Figura 2**

*Ubicación de Cantera*



**Nota:** Se muestra la ubicación de la cantera ubicada en la región de la Libertad, provincia de Virú – Sector San Luis. con coordenadas por el este (169256) y por el norte (885503) a una altitud de (68 m.s.n.m.m)

**Ensayo de Contenido de humedad.**

El contenido de humedad de un suelo es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en su estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105°-110° C, expresada como porcentaje. Se desarrollará teniendo en consideración las normativas vigentes, (MTC E 108), (ASTM D2216) y (NTP 339.127).

**Equipos y materiales:**

- ✓ Balanza con aproximadamente de 0.01 gr.



- ✓ Taras o recipientes.
- ✓ Horno o estufa con control de temperaturas.
- ✓ Muestra de suelo arcilloso en estado natural.

### **Procedimiento.**

- ✓ Identificación del recipiente (A)
- ✓ Pesar el recipiente o tara (B).
- ✓ Pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara (C).
- ✓ Secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- ✓ Pesar la muestra seca en el recipiente o tara (D).
- ✓ Determinar el peso del agua (E) = C - B.
- ✓ Determinar el peso del suelo seco (F) = D - B
- ✓ Determinar el contenido de humedad (G) = (E / F) \* 100

### **Cálculos.**

Para determinar el contenido de humedad se utilizará la siguiente expresión.

*Ecuación 1*

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

*Donde:*

*W<sub>w</sub>: Peso del agua W<sub>s</sub>: Peso suelo seco W%: Contenido de humedad*

### **Ensayo de Análisis granulométrico mediante tamizado en seco.**

Se desarrollará teniendo en consideración las normativas vigentes, MTC E 107 /

ASTM D421

### **Equipos y materiales.**

- ✓ Juego de tamices graduados.
- ✓ Balanza con aproximación de 0.1 gr
- ✓ Taras
- ✓ Muestra seca aproximadamente 1000 gr

### Procedimiento.

- ✓ Secar la muestra al aire.
- ✓ Pesar la muestra seca.
- ✓ Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante equipo vibrador. Ordenados de mayor a menor 1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°100, N°200, cazoleta.
- ✓ Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%R.P.) mediante la siguiente expresión.

*Ecuación 2*

$$\% R. P. = \frac{P. R. P.}{W_{ms}} \times 100$$

*Donde:*

*%R. P:* Pesos retenidos en cada tamiz

*P.R.P:* Peso retenido de cada tamiz

*Wms:* Peso total de la muestra seca.

- ✓ Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz P. RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los P.R.P., es decir:  
$$\%R. A. 1 = \%R. A. 1$$
$$\%R. A. 2 = \%R. A. 1 + \%R. A. 2$$
$$\%R. A. 3 = \%R. A. 1 + \%R. A. 2 + \%R. A. 3, Etc$$
- ✓ Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz.

*Ecuación 3*

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \% R. A.$$

- ✓ Dibujar la curva granulométrica en papel semilogarítmico, en el eje de abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros en escala logarítmica, y en el eje de ordenadas se registrará los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan en escala natural.
- ✓ Determinar el coeficiente de uniformidad y de curvatura

*Ecuación 4*

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}}$$

*Dónde:*

*D<sub>60</sub> = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo, en peso.*

*D<sub>10</sub> = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo, en peso.*

*D<sub>30</sub> = Diámetro o tamaño por debajo del cual se queda el 30% del suelo en peso.*

- *Para gravas: Si  $C_u > 4$  y  $1 < C_c < 3$ , el suelo es bien gradado.*
- *Para arenas: Si  $C_u > 6$  y  $1 < C_c < 3$ , el suelo es bien gradado.*

### **Ensayo de análisis granulométrico por el método de lavado.**

Se desarrollará teniendo en consideración las normativas vigentes, ASTM D421.

#### **Equipos y materiales.**

- ✓ Juego de tamices.
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- ✓ Estufa con control de temperatura.
- ✓ Taras
- ✓ 500g a 1000g de muestra pasante del tamiz N° 4 (4.760mm).

#### **Procedimiento.**

- ✓ Secar la muestra al aire libre.
- ✓ Pesar la muestra seca y registrar ese peso.
- ✓ Saturar la muestra en agua y dejar durante varias horas

- ✓ Lavar la muestra utilizando el tamiz N° 200 (0.074mm) mediante chorro de agua.
- ✓ La muestra retenida en el tamiz N° 200 se coloca en un recipiente y se deja secar.
- ✓ Se pasa la muestra seca por el juego de tamices, agitando de un lado a otro.
- ✓ Finalmente se determina los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz.
- ✓ Dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros, y en el eje de las ordenadas se registrará los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.

### **Ensayo de Límites de plasticidad**

**Limite líquido.** - Se desarrollará teniendo en consideración las normativas vigentes, NTP E339.130 – NTP E111 / ASTM D4318.

#### **Equipos y materiales.**

- ✓ Malla N<sup>a</sup> 40
- ✓ Copa de Casagrande
- ✓ Ranurador o acanalador
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr
- ✓ Estufa con control de temperatura
- ✓ Espátula
- ✓ Probeta de 100 ml
- ✓ Cápsula de porcelana
- ✓ Taras identificadas

- ✓ Suelo seco que pasa la malla N<sup>o</sup> 40

### **Procedimiento.**

- ✓ En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme
- ✓ Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- ✓ En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes
- ✓ Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, registrar el número de golpes.
- ✓ Mediante la cápsula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- ✓ Retirar el suelo de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)
- ✓ Lavar y secar el acanalador
- ✓ Repetir el ensayo mínimo 2 veces
- ✓ Dibujar a curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- ✓ Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

*Ecuación 5*

$$y = -a * \log(x) + b$$

**Límite plástico.** Se desarrollará teniendo en consideración las normativas vigentes, ASTM D 4318 y MTC E111.

**Equipos y materiales.**

- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- ✓ Estufa
- ✓ Espátula
- ✓ Cápsula de porcelana
- ✓ Placa de vidrio
- ✓ Taras identificadas
- ✓ Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido

**Procedimiento.**

- ✓ A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
- ✓ Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.
- ✓ Repetir el ensayo una vez más
- ✓ El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.

### **Clasificación SUCS del suelo.**

Para clasificar el tipo de suelo que se usará en la fabricación de los ladrillos se utilizó la norma NTP 339.134, 1999 por el método de sistema unificado de clasificación de suelos SUCS.

Este sistema divide a los suelos en dos grandes grupos, suelos de partículas gruesas y suelos de partículas finas. Se considera suelos gruesos cuando más del 50% de sus partículas son retenidas en la malla N° 200 y se consideran suelos finos cuando más del 50% de sus partículas pasan la malla N° 200. (NTP 339.134, 1999)

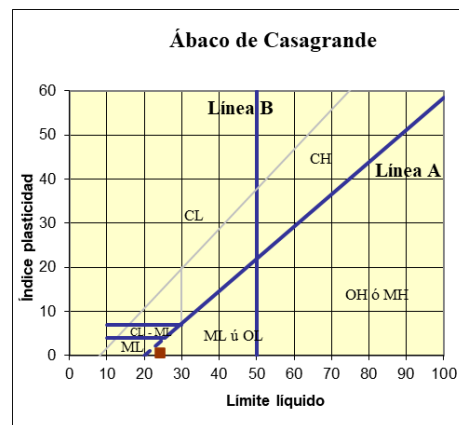
Los suelos gruesos a su vez se dividen en gravas y arenas. Estas se separan en la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece a gravas si más del 50% de su fracción gruesa no pasa esta malla, y se consideran arenas en caso contrario, pase por la malla N°4. Las gravas se representan con el símbolo G, en tanto las arenas y suelos arenosos se representan con el símbolo S (Juárez & Rico, 2009). A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W significa que tiene una buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena y C, que contiene arcilla o arena y arcilla. (NTP 339.134, 1999)

Por su parte, los suelos finos con más del 50% bajo el tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor (NTP 339.134, 1999)

**Tabla 2**

*Tabla de clasificación SUCS*

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b>	<b>GRAVAS</b>	<b>GW</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
	Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	
		<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos que requieren doble símbolo.	
	Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$< 5\% >$ GW, GP, SW, SP. $Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
		<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$> 12\% >$ GM, GC, SM, SC. Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Los límites situados en la zona rayada con $IP$ entre 4 y 7	
		<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ . son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
	<b>SUELOS DE GRANO FINO</b>	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
			<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200		<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
		<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50		<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
		<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
<b>Suelos muy orgánicos</b>	<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			



*Nota:* Se muestra la tabla de clasificación SUCS y el Abaco de Casagrande.



## Ensayo de Compactación Proctor modificado

### Materiales.

- ✓ Muestra alterada seca.
- ✓ Papel filtro.

### Equipo:

- ✓ Equipo proctor modificado (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión).
- ✓ Pisón proctor modificado
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr
- ✓ Estufa con control de temperatura
- ✓ Probeta de 1000 ml
- ✓ Recipiente de 6 kg, de capacidad
- ✓ Espátula
- ✓ Recipientes identificados

### Procedimiento:

- ✓ Obtener la muestra seca de acuerdo al método a utilizar (A, B o C)
- ✓ Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en  $\frac{1}{4}$  % entre ellas.
- ✓ Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.
- ✓ Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 golpes (depende del método A, B o C), al determinar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (Dh).

- ✓ Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada ( $W \%$ ), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- ✓ Determinar las densidades secas de cada muestra compactada ( $D_s$ )

*Ecuación 6*

$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$$

- ✓ Dibujar la curva de compactación en escala natural, el dato del contenido de humedad se registra en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas.
- ✓ Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

## **Diseño de mezcla.**

### **PASO 1. Definir la proporción de los materiales.**

(Corzo Chacón, 2019) Indica que para la dosificación de materiales en la fabricación de ladrillos ecológicos tipo lego los cuales tienen como materiales a la tierra, cemento y agua, no se cuenta con normas ni reglamentos que indiquen un diseño de mezclas específico puesto que para (Elias Riveros & Mendoza Quispe, 2022) la cantidad de material a emplear depende del tipo de suelo.

Por tal motivo para mi diseño de mezclas se analizaron las recomendaciones en la norma NTP E-080 de Diseño y construcción con tierra reforzada, la cual en el artículo 5 indica los requisitos que debe tener la tierra la cual debe contener una adecuada presencia de arcilla y estar libre de materia orgánica. Para lo cual se seleccionó una cantera que cumpla con esta recomendación al realizar la prueba de campo "cinta de barro". Luego se extrajo una muestra suficiente para los ensayos en laboratorio para conocer sus características y tipo de

suelo obtenido un suelo SW con arenas bien graduadas y con gravas suelo óptimo para la fabricación de nuestros ladrillos.

En tanto (Cabrera, Aranda Jiménez, Suárez Domínguez, & Rotondaro, 2020) menciona que por las características propias de la tierra por sí sola no lograría obtener una óptima resistencia a compresión para cumplir funciones estructurales en la construcción lo cual se puede minimizar añadiendo porcentajes de estabilizantes químicos durante su fabricación, los cuales mejoran sus propiedades físico-mecánicas, aumentando su resistencia y durabilidad. Es así que desde los orígenes de esta tecnología se han empleado diversidad de estabilizantes como sustancias naturales, derivados del petróleo como las emulsiones asfálticas, residuos de construcción, cal entre otros. Sin embargo, el estabilizante más empleado ha sido el cemento Portland.

Es así que para nuestro tipo de suelo se añadirá como estabilizante al cemento portland al yeso para analizar su comportamiento. Para determinar los porcentajes óptimos a usar se realizó un análisis estadístico a nuestros antecedentes siendo un total de 25 investigaciones (23 tesis y 2 artículos científicos) que a continuación se muestra.

**Tabla 3**

*Lista de antecedentes con porcentaje de estabilizante*

Investigación	Autor	Tipo	PORCENTAJE DE ESTABILIZANTE							
			2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%
Resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado, con 2%, 4% y 6% de cal hidratada, distrito de Baños del Inca, Cajamarca 2018	Carlos Alfredo Quiroz Casanova	Tesis	●	●		●				
Resistencia a compresión y flexión de un ladrillo suelo - cemento usando un suelo tipo sc y otro	Martín Acuña Vera	Tesis			●			●	●	

cl

Evaluación de la resistencia a la compresión de ladrillos de suelo - cemento	Rocha Aquino.	Articulo Científico	•	•	•	•	•	
Bloques de tierra comprimida (btc) estabilizados con cal y cemento. evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión	Santiago pedro cabrera	Articulo Científico	•	•			•	•
Propiedades físico-mecánicas de ladrillos lego ecológico para el uso de viviendas en la ciudad de Huancavelica	Elías Riveros, Juan Carlos	Tesis					•	•
Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Yauli - Junín	Carrasco Diaz, Eduardo Linder	Tesis					•	•
Comportamiento Sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados.	Javier Rojas Vargas	Tesis						•
Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables	Juan Carlos López Lagos	Tesis					•	•



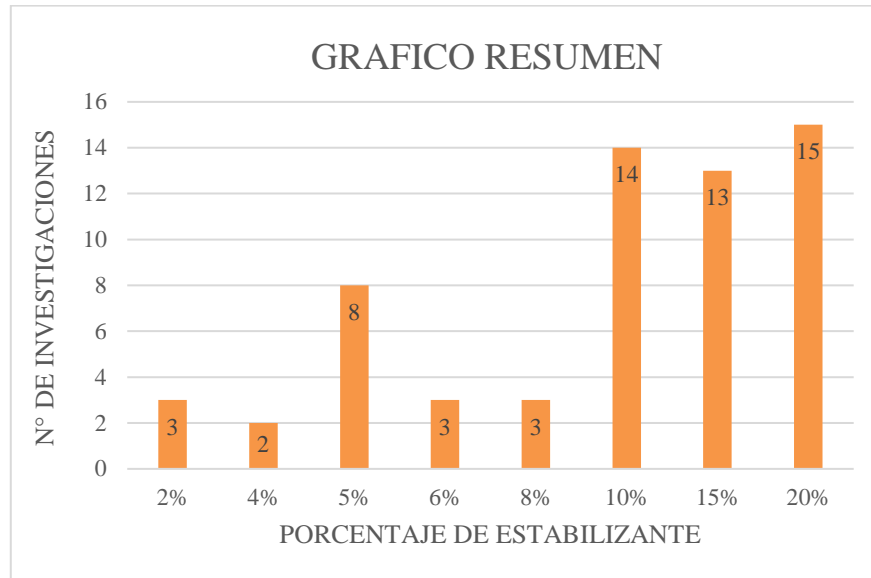
alabeo de los ladrillos artesanal al adicionar residuos de granito al 5%, 10% y 15%, cajamarca 2021							
Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo	Meza López, Jesús Manuel	Tesis	•		•	•	•
Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) en Zona Húmedas	Roux Gutiérrez (2010)	Tesis		•	•	•	
Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018	Gerson Fredy Trinidad Reymundo	Tesis					•
Desarrollo de un plan de negocios para la fabricación, promoción y venta de Ladrillos Ecológicos	Alarcón Gamboa, Roy	Tesis					•
ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción	María Cabo Laguna	Tesis	•		•	•	•
elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo iv con residuos de demolición y cemento	Jose Luis Cruzado Ruiz	Tesis					•
evaluación de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con arcillas de la ciudad de jaén, 2022.	salas cotrina lander esneider	Tesis					•
Las Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas	Ramirez Bernachea, Luis Albino	Tesis			•		

con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz2016.										
Resistencia de Ladrillos con Sustitución del Cemento por Híbrido de Cenizas de Cola de Caballo y Conchas de Abanico en un 15% y 20%	Corzo Chacón, Anghello Francisco	Tesis					●	●		
elaboración de (btc) bloques de tierra comprimida con suelos derivados de cenizas volcánicas y materiales alternativos.	camilo jaramillo valencia	Tesis					●			
El uso del ladrillo ecológico como plan de mejoramiento a implementar en la empresa P&P INGENIERIA Y PROYECTOS LTDA.	Pedraza Gordo Javier Felipe	Tesis							●	
<b>Total Acum.</b>			<b>3</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>15</b>

*Nota:* se muestra un total de 25 investigaciones de las cuales su porcentaje estabilizante mas usado es de 10%, 15% y 20%.

### Figura 3

*Grafico de porcentajes de estabilizantes usados en nuestros antecedentes*



*Nota:* se visualiza que la mayoría de investigaciones usa 10%, 15% y 20% de estabilizante en sus mezclas.

Del análisis estadístico se determina que los antecedentes usan estabilizantes en porcentajes que varían desde un 2% hasta un 20% como máximo. De donde los mejores resultados que se han obtenido son de las investigaciones con 10%, 15% y 20% de estabilizante por ende son los más usados. Tenido este sustento técnico y al no contar con un diseño de mezcla específico se tomará 3 grupos con diferente proporción de materiales para analizar su variación y determinar qué grupo de mezcla tiene mejores resultados, mismos que quedará como antecedentes para futuras investigaciones. Quedando el grupo 1 con 85% de tierra, 10% de cemento y 5% de yeso; el grupo 2 con 80% de tierra, 15% de cemento y 5% de yeso; y el grupo 3 con 75% de tierra, 20% de cemento y 5% de yeso respectivamente.

## PASO 2.

Luego se calcula el material necesario para una unidad de ladrillo, calculando el volumen del molde cuyas medidas son de 30 cm de largo x 15 cm de ancho x 17 cm de alto



al cual se le resta el volumen de los alveolos de 6 cm de diámetro obtenido un total de 0.000669 m<sup>3</sup> de material sin compactar.

**Tabla 4**

*Cálculo material sin compactar necesario para una unidad de ladrillo.*

Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Alveolo (m <sup>3</sup> )	Cantidad	Total (m <sup>3</sup> )	Total (Kg)
0.30	0.15	0.17	0.000961	1	0.00669	6.69

*Nota:* El volumen total de material es de 0.00669 m<sup>3</sup> y en peso es 6.69 kg.

**Figura 4**

*Moldes para la fabricación de las unidades de ladrillo*



*Nota:* Se muestran los moldes donde se fabricarán las unidades de ladrillo ladrillos.

### PASO 3.

Luego se calcula la cantidad de agua necesaria para la fabricación de los ladrillos de acuerdo con lo obtenido en el óptimo contenido de humedad al realizar el ensayo de Proctor modificado usando la ecuación número 7.

*Ecuación 7*

$$C. Agua (kg) = \frac{OCH * Cantidad Material}{100}$$

### Tabla 5

*Cálculo del agua en litros para una unidad de ladrillo.*

Grupo	OCH (%)	Suelo (kg)	Agua (kg)	Agua (lt.)
1	13.40	6.69	0.90	0.90
2	13.20	6.69	0.88	0.88
3	13.00	6.69	0.87	0.87

*Nota: Se muestra la cantidad necesaria de agua para la fabricación de una unidad de ladrillo tipo lego. multiplicamos el óptimo contenido de humedad por la cantidad de material entre 100 para cada grupo de porcentajes de materiales.*

### PASO 4.

Finalmente, se multiplica la cantidad de material de una unidad de ladrillo por el total a fabricar que son 10 unidades por cada grupo de mezcla.

### Tabla 6

*Cálculo de material en kilogramos para casa grupo.*

GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
cemento (kg)	10%	6.69	cemento (kg)	15%	10.03	cemento (kg)	20%	13.38
yeso (kg)	5%	3.34	yeso (kg)	5%	3.34	yeso (kg)	5%	3.34
tierra (kg)	85%	56.85	tierra (kg)	80%	53.51	tierra (kg)	75%	50.17
agua (lt)		8.96	agua (lt)		8.83	agua (lt)		8.70
<b>Total (Kg)</b>		<b>66.89</b>			<b>66.89</b>			<b>66.89</b>

*Nota: Se muestra la cantidad necesaria de material para el total de ladrillos a fabricar de acuerdo a su porcentaje de dosificación.*

## Fabricación de las unidades de Ladrillo Tipo Lego.

Para la fabricación de las muestras de los ladrillos tipo lego se siguió los siguientes pasos que se detallan a continuación:

### Figura 5

*Prensa hidráulica de ladrillos*



*Nota:* Se muestra la máquina de la prensa hidráulica.

### PASO 1.

De del tipo de suelo seleccionado y analizado mediante el estudio de suelos, se selecciona una cantidad de material necesario para fabricar el total de la población de los ladrillos tipo lego. Primeramente, se prepara la tierra la cual debe estar uniformizada, triturada y tamizada para separar las impurezas. Para tal proceso se usará un molino triturador de tierra eléctrico el cual cuenta con un tambor tamizador tal como se muestra en la siguiente figura.

### Figura 6

*Molino triturador*



*Nota:* Se observa el molino triturador y el tamiz para preparar el suelo.

## PASO 2.

Una vez que se tiene preparado los materiales de tierra, cemento, yeso y agua se procede a pesar en las proporciones exactas según corresponda para cada grupo de acuerdo al diseño de mezclas.

### Figura 7

*Pesado de los materiales para la mezcla y elaboración de los ladrillos.*



*Nota:* En la imagen se muestra los materiales necesarios para la fabricación de las muestras de ladrillo pesados proporcionalmente según corresponda.

### **PASO 3.**

Con los materiales ya pesados de acuerdo a su dosificación, se procede con el mezclado de los materiales mediante un mixer eléctrico, al que se le añade los materiales secuencialmente empezando con la tierra, el cemento y el yeso, luego se le añade la cantidad exacta de agua (Ver figura 6, fotografía 1,2,3). Una vez mezclado los materiales con el agua, a esta mezcla se le realiza el ensayo de campo denominado "prueba de la muñeca", el cual consiste en tomar un puñado del suelo húmedo se lo aprieta con la mano y se lo deja caer al suelo donde se debe observar que la mezcla se disgrega en cantidad de terrones similares entonces la mezcla indica que esta optima óptima.

Luego esta mezcla será transportada a través de faja transportadora hasta la tolva de la maquina prensadora para luego ser distribuida uniformemente en sus moldes. Pero previamente nos aseguramos que esta mezcla sea lo más homogénea posible y evitar en lo posible los grumos, para esto la mezcla pasara por un molino pulverizador (Ver figura 6, foto 5).

### **Figura 8**

*Proceso de elaboración de los ladrillos tipo lego.*



*Nota:* En la imagen se muestra el proceso de mezclado de los materiales para la elaboración de las muestras de ladrillo.

#### **PASO 4.**

Ya con la mezcla en la tolva de la maquina prensadora se distribuye la mezcla uniformemente en los moldes de la máquina, la misma que será sometida a compresión para tener como producto final al ladrillo comprimido tipo lego.

#### **Figura 9**

*Producto final del ladrillo ecológico tipo lego.*



*Nota:* En la imagen se muestra el producto final de la fabricación del ladrillo tipo lego.

### PASO 5.

Finalmente, a los ladrillos fabricados se los hidrata con abundante agua durante los primeros 7 días y a los 28 días de fraguados se realizará el ensayo de resistencia a compresión.

**Figura 10**

*Hidratado de los ladrillos*



*Nota:* En la imagen se muestra la hidratación de los ladrillos tipo lego durante siete días.

## Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial

Se desarrollará teniendo en consideración las normativas vigentes, (NTP 331.017, NTP 399.613).

### Equipos y materiales.

- ✓ Máquina para ensayos de resistencia a compresión axial (Prensa hidráulica).
- ✓ 5 ladrillos para cada caso.

### Procedimiento.

- ✓ Preparar el equipo para la ruptura, verificar su correcto funcionamiento.
- ✓ Preparar las unidades de albañilería.
- ✓ Colocar cada unidad de albañilería en la máquina de compresión.
- ✓ Fijar, centrar y asegurar el cabezal sobre la unidad de albañilería.
- ✓ Proceder con la ruptura.
- ✓ Registrar datos.

### Cálculos.

Se calculará la resistencia a compresión axial de todas las unidades de albañilería se usará la siguiente ecuación:

*Ecuación 8*

$$f'b = \frac{(P_u)}{A}$$

Donde:

$f'b$  = Resistencia a compresión del ladrillo (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_u$  = Carga aplicada por la máquina (kg)

$A$  = Área de contacto de la unidad de albañilería (cm<sup>2</sup>)



### **Aspectos éticos**

La investigación, cita adecuadamente a todas las fuentes bibliográficas consultadas, respetando la propiedad intelectual de cada uno de sus autores, al no modificar textos, tablas, o imágenes sin el permiso del autor o fuente de donde se está obteniendo la información misma que será usada solo con fines académicos sin ningún conflicto de intereses.

Por otra parte en la sección experimental se está tomando el principio de fidelidad y responsabilidad sin alterar la información de los datos recopilados en laboratorio de los distintos ensayos realizados, los cuales cuentan con valor social y científico puesto que están de acorde a los protocolos de UPN mismos, que toman como referencia a las normas técnicas peruanas; los cuales aportaran como fuente de información para toda la comunidad estudiantil, profesores, y demás investigadores, siendo una investigación favorable de riesgo y beneficio al no representar riesgo ambiental o conflicto social.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente, cuyos resultados se detallan a continuación:

#### Resultados de las propiedades y clasificación del suelo.

##### Contenido de humedad.

Del ensayo de contenido de humedad, se obtuvo como resultado lo siguiente:

**Tabla 7**

*Resultados del ensayo de contenido de humedad*

CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>G</b>	<b>Promedio W (%)</b>	<b>%</b>	<b>9.62 %</b>

*Nota:* El promedio obtenido del porcentaje de humedad es de 9.62%.

#### Análisis granulométrico mediante tamizado en seco.

**Tabla 8**

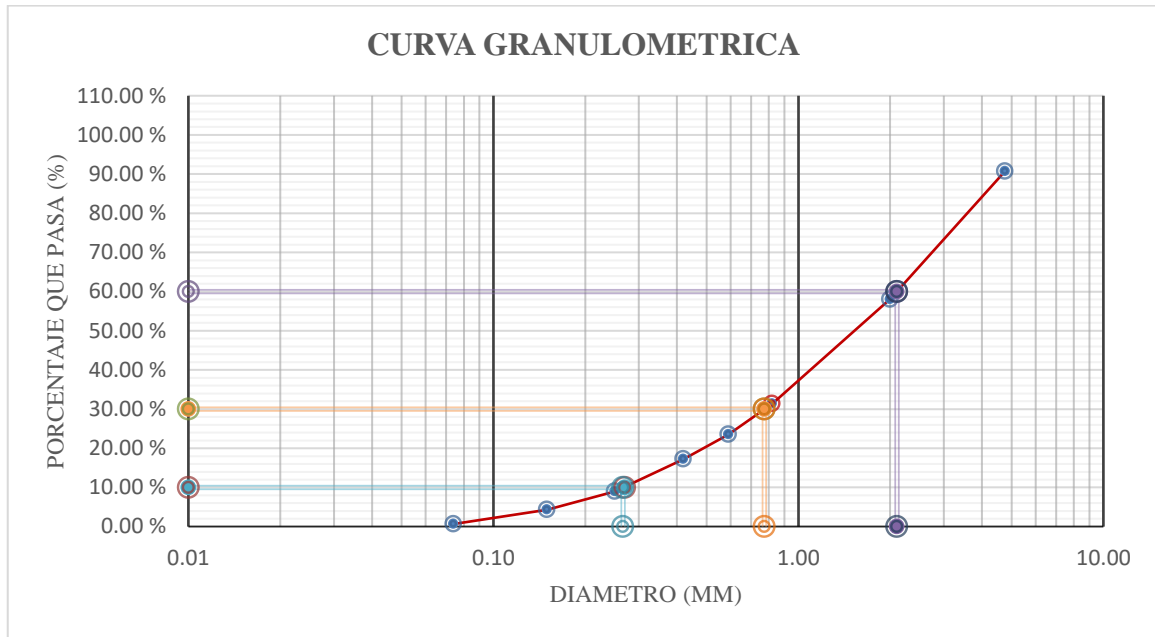
*Resultados del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco*

N°	MALLA	% Que pasa
	Abertura (mm)	
<b>N°4</b>	4.76	90.73 %
<b>N°10</b>	2.00	58.07 %
<b>N°20</b>	0.82	31.40 %
<b>N° 30</b>	0.59	23.53 %
<b>N°40</b>	0.42	17.27 %
<b>N°60</b>	0.25	9.00 %
<b>N°100</b>	0.15	4.33 %
<b>N°200</b>	0.07	0.67 %
<b>Cazoleta</b>	0.00	0.00 %

*Nota:* Se muestra el cálculo del porcentaje que pasa en cada tamiz, con el cual se graficará la curva granulométrica.

**Figura 11**

*Curva granulométrica del análisis granulométrico en seco*



*Nota:* Se muestra la gráfica de la curva granulométrica de donde se obtiene el factor D10, D30 y D60, detallado en la tabla 4.

**Tabla 9**

*Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura.*

D10	<b>0.27</b>
D30	0.77
D60	2.11
<b>Cu</b>	<b>7.91</b>
<b>Cc</b>	<b>1.07</b>

*Nota:* Se muestra un Cu=7.91 y un Cc= 1.07 con un suelo bien gradado.

**Resultados del análisis granulométrico por el método de lavado**

**Tabla 10**

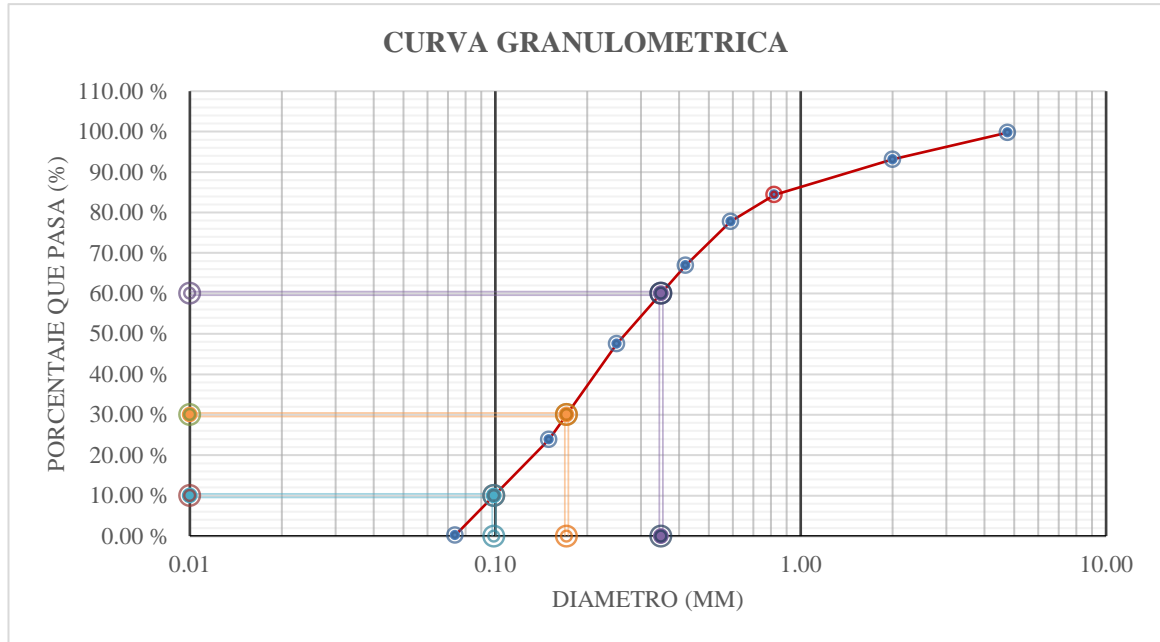
*Resultados del Análisis granulométrico mediante el método de lavado.*

Nº	MALLA Abertura (mm)	% Que pasa
Nº4	4.76	99.76 %
Nº10	2.00	93.14 %
Nº20	0.82	84.40 %
Nº 30	0.59	77.78 %
Nº40	0.42	66.90 %
Nº60	0.25	47.52 %
Nº100	0.15	23.88 %
Nº200	0.07	0.23 %
<b>Perdida</b>	Lavado	0.00 %

*Nota:* Se muestra el cálculo del porcentaje que pasa en cada tamiz, con el cual se graficará la curva granulométrica.

**Figura 12**

*Curva granulométrica del análisis en lavado*



*Gráfico de la curva granulométrica*

*Nota:* Se muestra la gráfica de la curva granulométrica de donde se obtiene el factor D10, D30 y D60.

**Tabla 11**

*Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura*

D10	<b>0.10</b>
D30	0.17
D60	0.35
<b>Cu</b>	<b>3.52</b>
<b>Cc</b>	<b>0.85</b>

*Nota:* Se muestra un  $C_u=3.52$  y un  $C_c=0.85$  suelo mal gradado.

## Límites de consistencia

**Tabla 12**

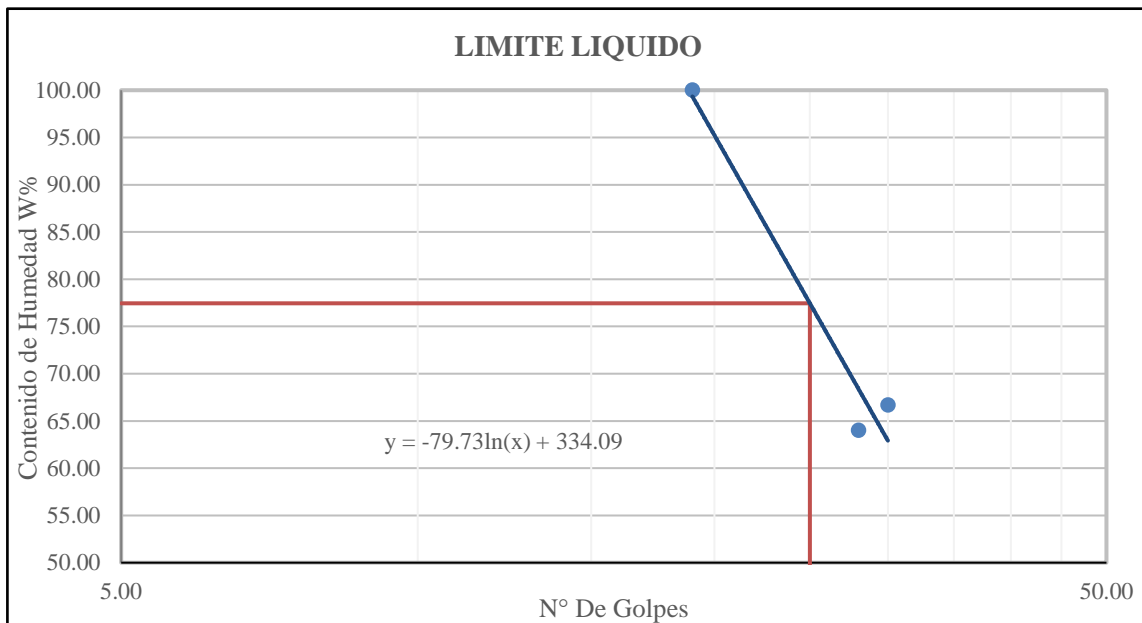
*Resultados de los ensayos de consistencia*

Limite Liquido	77.45%
Limite Plástico	50.37%
Índice Plástico	27.08%

*Nota:* El límite liquido es de 77.45%, el límite plástico es de 50.37% y el índice plástico de 27.08%.

**Figura 13**

*Gráfico del ensayo de limite liquido*



*Nota:* Se muestra la gráfica del contenido de humedad (W%) versus el número de golpes del cual se obtiene la ecuación de la gráfica para determinar el porcentaje de limite líquido.

## Clasificación del suelo (SUCS)

**Tabla 13**

Tabla de clasificación SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b>  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>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GW</b>  <b>GP</b>  <b>GM</b>  <b>GC</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.  Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.  Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.  Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3  Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	
		<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.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
			<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$> 12\% > GM, GC, SM, SC.$
				<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.
	<b>SC</b>			Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
	<b>ML</b>			Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
	<b>SUELOS DE GRANO FINO</b>  Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200		<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50	<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
			<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
			<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
<b>OH</b>			Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
<b>Suelos muy orgánicos</b>		<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

Nota: De la tabla se obtiene la clasificación del suelo de tipo SW Arenas bien graduadas.

### Compactación Proctor Modificado

Se realizó 3 ensayos de próctor modificado uno para cada grupo de dosificación en porcentajes variando la cantidad de agua aproximadamente en un ¼ % entre ellos.

**Tabla 14**

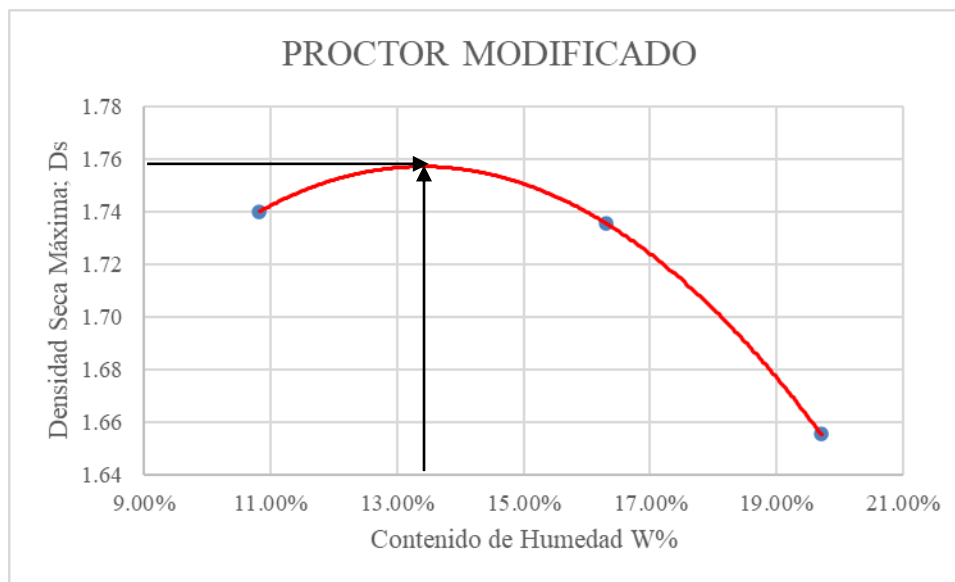
*Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 10% de cemento*

M	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	<b>19.70%</b>	<b>16.30%</b>	<b>10.83%</b>
N	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	<b>1.66</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>

*Nota:* De la tabla se muestra los resultados de la densidad seca máxima y el promedio de contenido de humedad.

**Figura 14**

*Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima*



*Nota:* Del gráfico se obtiene que el óptimo contenido de humedad es de 13.40% con una densidad máxima de 1.76 gr/cm3.

**Tabla 15**

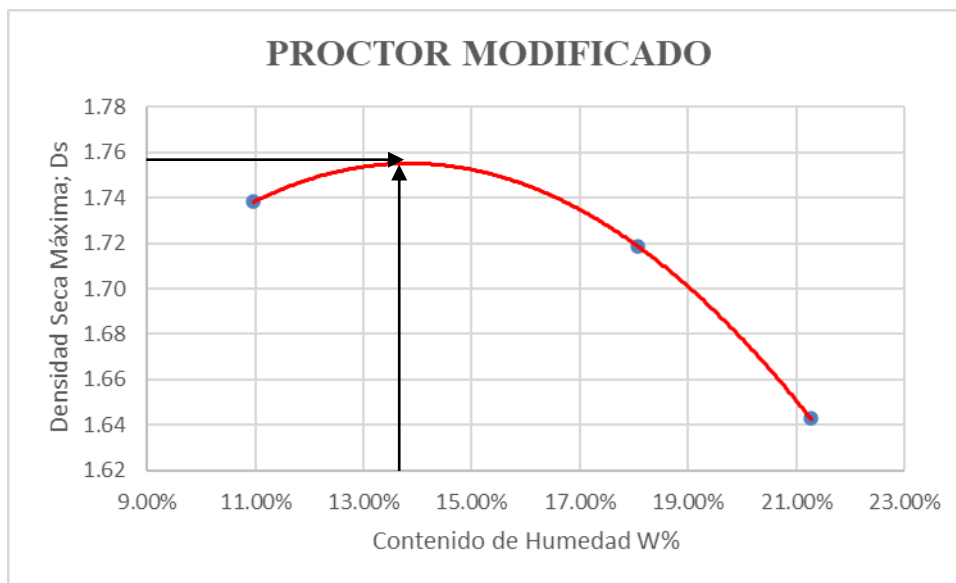
*Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 15% de cemento*

M	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	<b>21.27%</b>	<b>18.07%</b>	<b>10.96%</b>
N	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	<b>1.64</b>	<b>1.72</b>	<b>1.74</b>

*Nota:* De la tabla se muestra los resultados de la densidad seca máxima y el promedio de contenido de humedad.

**Figura 15**

*Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima*



*Nota:* Del gráfico se obtiene que el óptimo contenido de humedad es de 13.20% con una densidad máxima de 1.7 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 16**

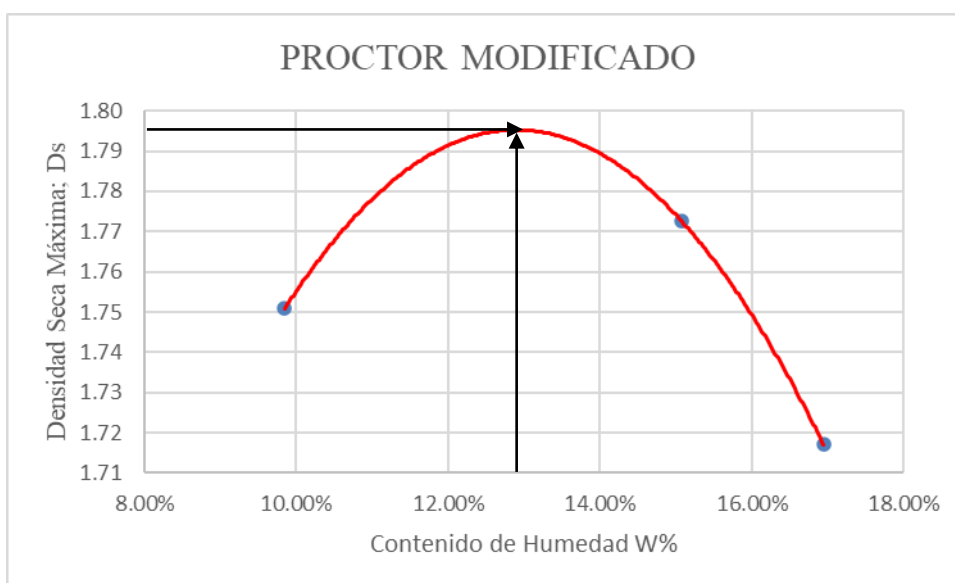
*Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 20 % de cemento*

M	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	16.95%	15.08%	9.85%
N	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.72	1.77	1.75

*Nota:* De la tabla se muestra los resultados de la densidad seca máxima y el promedio de contenido de humedad.

**Figura 16**

*Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima*



*Nota:* Del gráfico se obtiene que el óptimo contenido de humedad es de 13.00 % con una densidad máxima de 1.798 gr/cm<sup>3</sup>.



## Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial

De los ensayos a compresión uniaxial realizado a los especímenes de ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento, y yeso se obtiene los siguientes resultados que se detallan a continuación:

**Tabla 17**

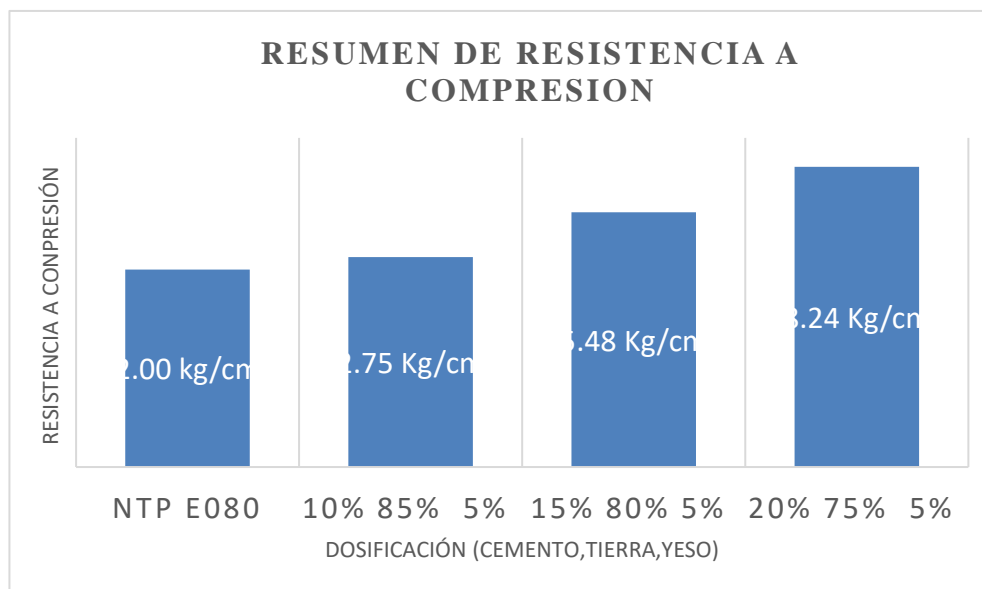
*Tabla resumen del ensayo de resistencia a compresión.*

RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN		
GRUPO	MATERIAL	FB Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
	NTP E080	12.00 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Grupo 1</b>	10% 85% 5%	12.75 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Grupo 2</b>	15% 80% 5%	15.48 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Grupo 3</b>	20% 75% 5%	18.24 Kg/cm <sup>2</sup>

*Nota:* De la tabla se observa la resistencia promedio obtenida de ensayo de resistencia a compresión donde se observa que a mayor porcentaje de estabilizante mayor resistencia es la obtenida.

**Figura 17**

*Resumen del ensayo de resistencia a compresión axial*



*Nota:* De la figura se observa el incremento de la resistencia del ladrillo a más porcentaje de cemento mayor es resistencia.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### DISCUSIÓN

De la resistencia a compresión axial aplicada a los especímenes de ladrillo se presenta como resultado un 12.75 Kg/cm<sup>2</sup> para 10% de cemento, 85% de tierra y 5% de yeso; 15.48 Kg/cm<sup>2</sup> para 15% de cemento, 80% de tierra y 5% de yeso; y finalmente 18.69 Kg/cm<sup>2</sup> para 20% de cemento, 75% de tierra y 5% de yeso (Ver figura 15); cuyas resistencias obtenidas sirven para verificar si están dentro los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones donde se puede observar que la NTP E-080 de Adobe establece una resistencia mínima de 12 kg/cm<sup>2</sup> entonces, se puede concluir claramente que los resultados obtenidos cumplen con este parámetro. Por consiguiente, los resultados obtenidos no logran superar lo establecido en la N.T.P E-070 de Albañilería, ya que la resistencia máxima obtenida es inferior a 20 Kg/cm<sup>2</sup>, resistencia que es de un bloque NP según la norma.

De los resultados obtenidos en la presente investigación respecto a los antecedentes se observa que (Acuña Vera, 2022); en su tesis denominada "Resistencia a compresión y flexión de un ladrillo suelo-cemento usando un suelo tipo SC y otro CL" en la ciudad de Cajamarca, añadiendo un 10% de cemento al suelo como estabilizante muestra como resultado una resistencia promedio para el suelo de tipo "CL" de 25.16 kg/cm<sup>2</sup>; y con un suelo "SC-SM" de 37.33 kg/cm<sup>2</sup>, donde se puede evidenciar que efectivamente el tipo de suelo es uno de los materiales más influyentes en la resistencia final del ladrillo por lo que se recomienda utilizar un tipo de suelo con características arcillosas.

Es así que en la presente investigación luego de realizar los respectivos ensayos al suelo, determinar sus características y clasificación mediante el método de SUCS, se obtuvo un suelo tipo "SW" (arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos) y analizando lo recomendado por (Meza López, 2018) en su tesis denominada

“Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo”, menciona que los suelos más óptimos para mezclas de suelo con cemento son aquellos donde existe el suficiente predominio de partículas de grano grueso (arenas) que le aporten estabilidad a la estructura, y la suficiente fracción partículas finas (limos y arcillas) que le aporten cohesión y trabajabilidad. Por tanto, nuestro suelo al ser un tipo “SW” si es el adecuado y se puede decir que si es apto para la fabricación de los ladrillos comprimidos tipo lego.

Por consiguiente, al analizar la baja resistencia, obtenida de los ensayos de resistencia aplicado a los ladrillos y siendo que el tipo de suelo se es adecuado para la fabricación de este tipo de ladrillos. Se puede analizar que una de las posibles causas de la baja resistencia en los ladrillos sea la adición de yeso en un 5% al diseño de la mezcla, ya que este material al entrar en contacto con el cemento y el agua se forma la mezcla de yeso – cemento conocido coloquialmente como “diablo fuerte”, y por la reacción que tienen estos dos materiales se acelera el tiempo de fraguado, causando que la mezcla se vea afectada al endurecerse rápidamente formado una serie grumos con cemento, tierra y yeso, los cuales son transportados hasta los moldes donde el bloque será comprimido, es ahí donde se evidencia que estos grumos ya fraguados hacen que la mezcla ya no sea homogénea afectando al producto final por ende a su resistencia.

Como **implicancias** de la presente investigación tiene un impacto ambiental positivo al presentarse como ladrillo comprimido que en proceso de fabricación no necesitan de cocción evitando así la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmosfera y reduciendo la contaminación ambiental, cosa que no sucede con los ladrillos convencionales que si necesitan de cocción y generan un impacto ambiental negativo.

Por otra parte, la investigación servirá como una base de información para la comunidad en general en cuanto se permite visualizar datos experimentales obtenidos en laboratorio, tanto para sus propiedades mecánicas de los ladrillos con el ensayo de resistencia a compresión axial y para las propiedades mecánicas del suelo utilizado con los ensayos de límites de consistencia, granulometrías y la clasificación del suelo mediante el método de SUCS.

También implica positivamente en la construcción responsable para viviendas de material de tierra puesto que este ladrillo tiene mejores características al cumplir con las especificaciones que demanda la normativa vigente, satisfaciendo las necesidades de la población a través de una mejora continua en las técnicas de construcción actual.

### **Limitaciones**

Una de las limitaciones en la presente investigación es que no se cuenta con reglamentos o normas que especifiquen el diseño de los ladrillos ecológicos, ni con un procedimiento de diseño de mezclas específico ya que la cantidad de material a usar en su dosificación dependerá únicamente del tipo de suelo a usar, haciendo que las mezclas sean a prueba de error y empíricamente.

También otro de los limitantes fue no poder realizar los ensayos de la investigación en el laboratorio UPN Cajamarca ya que por motivos laborales del autor se realizó en el laboratorio de UPN de la ciudad de La Libertad – Trujillo. Lo que conllevó a no ensayar el total de la población de muestras puesto que al momento de realizar el transporte de las unidades desde el lugar de fabricación (provincia de Virú) hasta el laboratorio (UPN La Libertad – Trujillo) por el tramo y el movimiento del transporte causó en algunos ladrillos el rompimiento y algunas fisuras dejando de ser aptas para el ensayo y reduciendo así la cantidad de las muestras.

## CONCLUSIONES

Se determinó la resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos tipo lego, variando tres diferentes proporciones en sus materiales, cemento en 10%, 15% y 20%; tierra en 85%, 80% y 75%; y yeso en 5% respectivamente. De donde se obtuvo una resistencia de 12.75 Kg/cm<sup>2</sup> para 10% de cemento, 85% de tierra y 5% de yeso; 15.48 Kg/cm<sup>2</sup> para 15% de cemento, 80% de tierra y 5% de yeso; y finalmente 18.69 Kg/cm<sup>2</sup> para 20% de cemento, 75% de tierra y 5% de yeso.

De la resistencia a compresión de los ladrillos ecológicos se determina que la mínima resistencia obtenida es de 12.75 Kg/cm<sup>2</sup> y la máxima de 18.69 Kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que la resistencia mínima obtenida está por encima de lo especificado en la Norma Técnica Peruana E-080 de Adobe, donde la resistencia mínima aceptable es de 12 Kg/cm<sup>2</sup>. Por consiguiente, los resultados obtenidos no logran superar lo establecido en la N.T.P E-070 de Albañilería, ya que la resistencia máxima obtenida es inferior a 20 Kg/cm<sup>2</sup>, resistencia de un bloque NP según la norma E-070, con lo cual se concluye que nuestra hipótesis planteada es negativa al no tener una resistencia mayor a 20 Kg/cm<sup>2</sup> en los ladrillos ensayados.

Se determino las propiedades del tipo de suelo con el cual se fabricó a las muestras de ladrillo tipo lego, realizando los correspondientes ensayos de suelos como el contenido de humedad, el análisis granulométrico en seco y lavado, y los límites de plasticidad con los cuales finalmente se determinó el tipo de suelo a trabajar. De donde se obtuvo un contenido de humedad de 9.62 %, con una granulometría bien gradada, y con un índice de plasticidad de 27%, cuyos resultados sirvieron para clasificar el suelo mediante el método de SUCS, obteniendo un tipo de suelo "SW" de arenas bien graduadas con 90.07%, grava con 9.27%, y 0.67 % de finos.

Mediante el ensayo de Proctor modificado se determinó el óptimo contenido de humedad para el diseño de la mezcla en la fabricación de las unidades de ladrillo ecológico tipo lego, obteniendo de esta manera la óptima cantidad de agua, para las tres diferentes familias de materiales de tierra, cemento y yeso, obteniendo un 13.40% para 10% de cemento, 85% de tierra y 5% de yeso; 13.20% para 15% de cemento, 80% de tierra y 5% de yeso; y finalmente 13.00% para 20% de cemento, 75% de tierra y 5% de yeso.

## CAPÍTULO V: REFERENCIAS

- Abril, V. H. (2008). *Técnicas e instrumentos de la investigación* .
- Acuña Vera, M. S. (2022). Resistencia a compresión y flexión de un ladrillo suelo-cemento usando un suelo tipo sc y otro cl. Cajamarca, Peru. doi:<https://orcid.org/0000-0001-8814-6079>
- Cabo Laguna, M. (2011). Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. Navarra.
- Carhuanambo Villanueva, J. T. (2016). "Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, cajamarca 2016". Cajamarca , Perú.
- Carrasco Diaz, E. L., & Tinoco Orihuela, D. C. (2018). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Yauli - Junín. Huancayo - Perú.
- Castillo, C., Olivares Orozco, S., & González García, M. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- Chimbo Andy, V. G. (2017). Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cangahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la construcción (nec 2015). . Ecuador , Ambato.
- Daga Izquierdo, C. R. (2022). "Resistencia a compresión axial de ladrillos de arcilla incorporando ceniza de bagazo de caña de azúcar, cajamarca 2019". Cajamarca , Perú.
- Delgado Salazar, W., & Bravo Paredes, J. J. (2017). Análisis de las propiedades de un prototipo de unidad de albañilería fabricada a partir de suelo-cemento y fibras de polipropileno en la ciudad de Cusco. Cuzco.
- E-070, N. (2006). *Norma E.070 "Albañilería" (2006), del Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- Escalante Aguirre, C. A., & Gonzales Contreras, D. I. (2020). Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco. Cusco, Perú.
- Gil, D. M. (2021). Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos utilizando residuos de construcción y adición de *synadenium grantii*", cajamarca 2021. Cajamarca , Perú.
- Gómez, J. A., Villasís, M. Á., & Miranda, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio .
- Guerra Torralbo, J. C. (2018). *Mecánica de suelos conceptos básicos y aplicaciones* .
- Hernández Sampieri, R., Collado, F. C., & Pilar Baptista, L. M. (1997). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: McGraw Hill. .
- INEI. (2017). Instituto Nacional de Estadística e Informática.

*Ingenierizando* (2022). ¿Qué es la compactación?

<https://www.ingenierizando.com/geotecnia/compactacion/#:~:text=La%20compactaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso%20mediante%20el%20cual,la%20compactaci%C3%B3n%20del%20suelo%20mejora%20sus%20propiedades%20mec%C3%A1nicas.>

López Lagos, J. C., & Ruales Guerrero, C. A. (Agosto de 2020). Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables. Colombia .

López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo.

Medina Cercado, S. (2022). "Resistencia a compresión y flexión de bloques de adobe compactado con adición de vaina de bambú, cajamarca, 2022". Cajamarca , Perú.

Medina, M. I. (2010). Enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto .

Meza López, J. M. (2018). Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo. Huancayo.

Mori Gil, D. M. (2021). Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos utilizando residuos de construcción y adición de *synadenium grantii*", cajamarca 2021. Cajamarca , Perú.

Norma técnica peruana, (2016). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Pedraza Gordo, J. F. (2019). El uso del ladrillo ecológico como plan de mejoramiento a implementar en la empresa P&P INGENIERIA Y PROYECTOS LTDA. Bogotá .

Pereira Pérez, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación. *Educare*.

*Organización de la naciones unidas para la alimentación y la agricultura*, (2023). Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/#:~:text=En%20la%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Suelos%20se%20refiere%20a,otros%20elementos%20como%20el%20aire%20y%20el%20agua.>

Quiroz Casanova, C. A. (2020). "Resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado, con 2%, 4% y 6% de cal hidratada, distrito de Baños del Inca, Cajamarca 2018.". Cajamarca , Perú.

Ríos Vargas, L. N. (2019). "Influencia de la ceniza y cemento, en adobes ecológicos prensados; sobre la compresión y durabilidad, trujillo 2019". Trujillo, Perú.

Rocha Aquino, J. H., Zapata, A. N., Herrera Rosas, M. L., & Murillo, B. W. (2020). Evaluación de la resistencia a la compresión de ladrillos de suelo - cemento. Bolivia .

Rojas Vargas, J., & Toche Vidal, R. A. (Septiembre de 2014). Comportamiento Sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados. Lima.



Tasilla Juárez, R. (2021). Variación de la resistencia a la compresión axial, absorción, variación dimensional y alabeo de los ladrillos artesanal al adicionar residuos de granito al 5%, 10% y 15%, cajamarca 2021. Cajamarca , Perú .

Valdez Mendoza, K. A. (2018). "Resistencia a la compresión axial del adobe compactado con la incorporación de porcentajes de caucho triturado de neumáticos.". Lima , Perú.

## CAPÍTULO VI: ANEXOS

### ANEXO N° 1. EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS

#### Figura 18

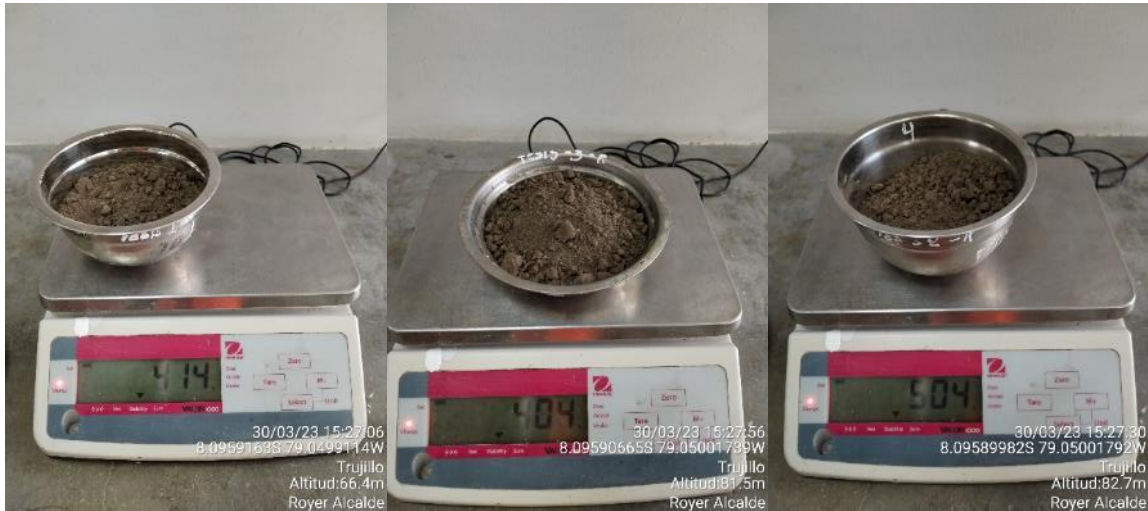
*Extracción del suelo*



**Nota:** Se observa al suelo al cual se le realizo los ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, y límites de plasticidad para ser clasificado y saber con qué tipo de suelo estamos trabajando la elaboración de los ladrillos de tierra tipo lego.

**Figura 19**

*Ensayo de contenido de humedad.*



*Nota:* Se observa el proceso que conlleva realizar el ensayo de contenido de humedad, pesando 3 muestras con diferentes pesos, mismas que se dejan en el horno a una temperatura de 110 °C durante 24 horas.

**Figura 20**

*Ensayo de contenido de humedad.*



*Nota:* Se observa el retiro de las muestras transcurridas las 24 horas.

**Figura 21**

*Ensayo del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco*



*Nota:* Se observa el juego de tamices y la cantidad de 1000 gramos de muestra que será pasada por el juego de tamices.

**Figura 22**

*Ensayo del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco*



*Nota:* Se a la muestra en el juego de tamices.

**Figura 23**

*Ensayo del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco*



*Nota:* Se observa los pesos de la muestra retenida en cada tamiz

**Figura 24**

*Ensayo del Análisis granulométrico mediante el método de lavado.*



*Nota:* Se observa la muestra seca y la muestra después de ser lavada lista para dejar secar en el horno durante 24 horas a temperatura de 110 °C.

**Figura 25**

*Ensayo del Análisis granulométrico mediante el método de lavado.*



*Nota:* De la muestra extraída del horno se pesa y se pasa por el juego de tamices pesando la muestra retenida en cada tamiz.

**Figura 26**

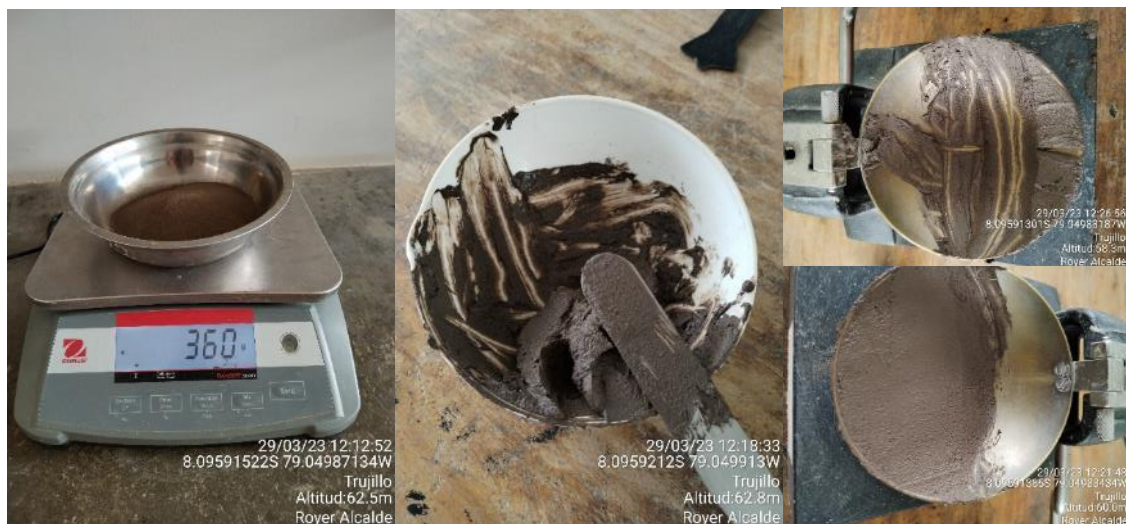
*Ensayo de Limite líquido.*



*Nota:* Se observa a la copa de Casagrande con la muestra seca tamizada en el tamiz número 40.

**Figura 27**

*Ensayo de Limite líquido.*



*Nota:* Se observa el mezclado del suelo con agua mediante una espátula en la capsula de porcelana obteniendo una pasta uniforme la cual es puesta en la copa Casagrande en donde mediante la manivela se gira a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura.

**Figura 28**

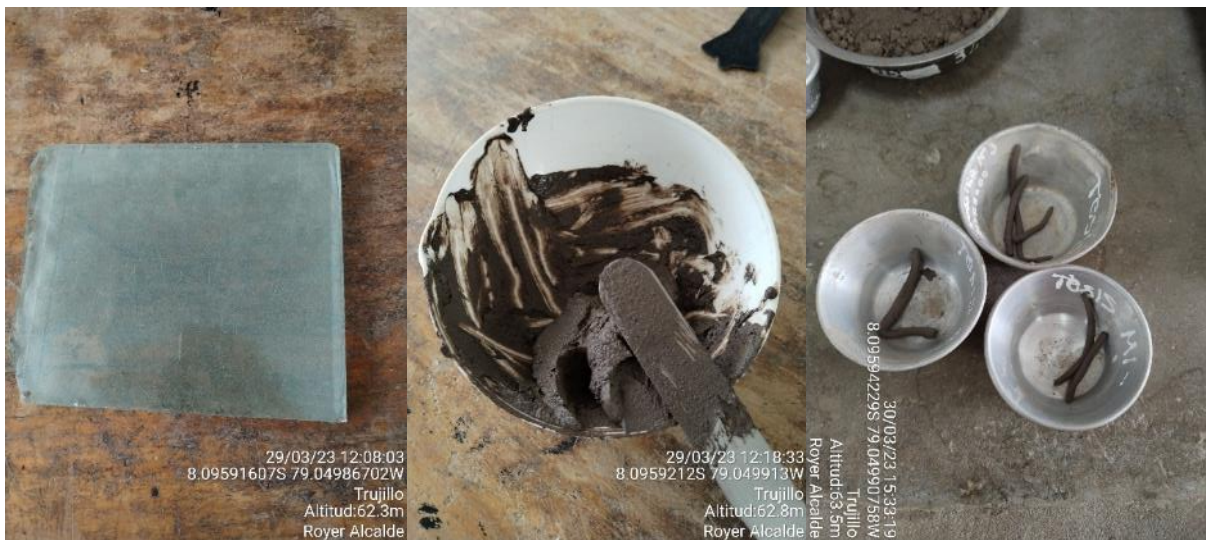
*Ensayo de Limite líquido.*



*Nota:* Se observa que la porción de suelo retirada de la copa de Casagrande que es puesta en taras para ser llevada al horno y determinar su contenido de humedad.

**Figura 29**

*Ensayo de Limite Plástico.*



*Nota:* Se observa la luna de vidrio sobre la cual con la mezcla sobrante del ensayo de limite liquido se enrolla la muestra con la mano obteniendo cilindros de 3 mm de diámetro los cuales fueron llevados al horno para determinar su contenido de humedad.



**Figura 30**

*Ensayo de Compactación Proctor Modificado*



*Nota:* Se observa la elaboración del ensayo de Proctor modificado.

**Figura 31**

*Ensayo de Compactación Proctor Modificado*



*Nota:* Se observa el proceso de la elaboración del ensayo empezando con pesar los materiales tierra cemento y yeso más cierta cantidad de agua para luego ensamblar el molde y Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 golpes.

**Figura 32**

*Ensayo de Compactación Proctor Modificado*



*Nota:* Luego se observa que se retira el collar de extensión, se pesa y se extrae una muestra de suelo compactado para determinar su contenido de humedad.

**Figura 33**

*Ensayo de Compactación Proctor Modificado*



*Nota:* La muestra es llevada al horno durante 24 horas para determinar su máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad.

**Figura 34**

*Elaboración del ladrillo de tierra comprimido tipo lego*



*Nota:* De la imagen se observa el molino triturador con su malla tamizadora para preparar el suelo.

**Figura 35**

*Elaboración del ladrillo de tierra comprimido tipo lego*



*Nota:* De la imagen se observa la fabricación del ladrillo comprimido tipo lego.

**Figura 36**

*Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial*



*Nota:* Se observa la supervisión de la asesora de tesis en el ensayo de resistencia a compresión.

**Figura 37**

*Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial*



*Nota:* De la imagen se observa la realización del ensayo de Resistencia a la compresión.

### ANEXO Ni 3. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

#### Contenido de humedad.

Tabla 18

Resultados del ensayo de contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T1	T2	T3
B	Peso del Recipiente	gr	64	90	40
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	450	540	440
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	414	504	404
E	Peso material húmedo (Wwh)= C - B	gr	386	450	400
F	Peso material Seco (Ws)= D - B	gr	350	414	364
W%	Porcentaje de humedad (E -F / F) * 100	%	10.29	8.70	9.89
G	Promedio W (%)	%	9.62 %		

Nota: El promedio obtenido del porcentaje de humedad es de 9.62%.

#### Análisis granulométrico mediante tamizado en seco.

Tabla 19

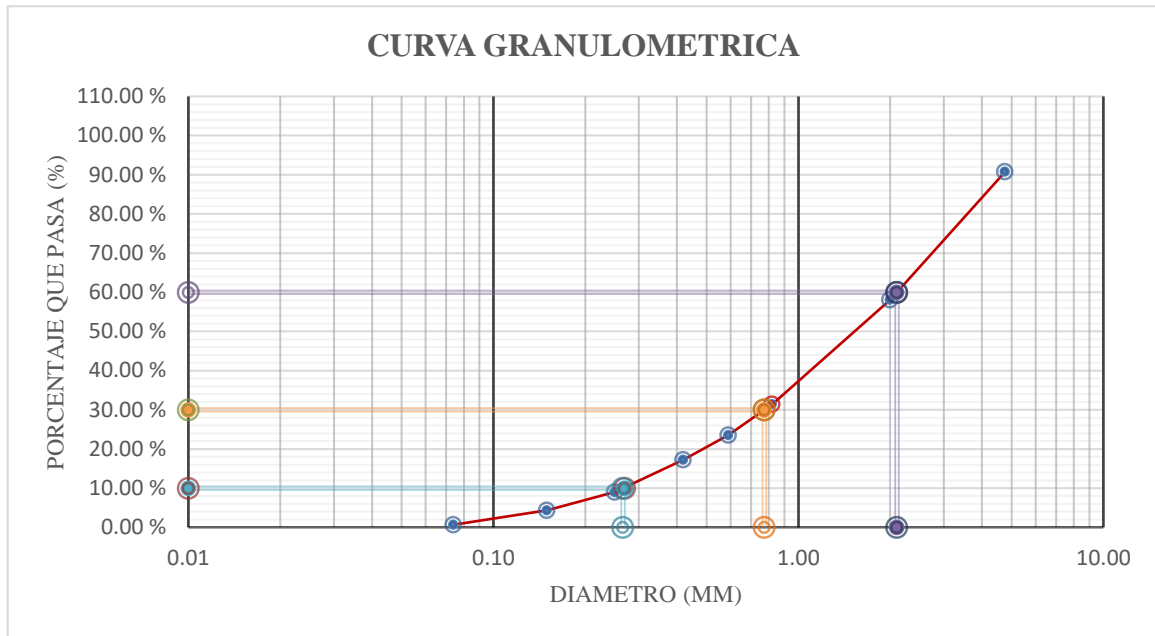
Resultados del Análisis granulométrico mediante tamizado en seco

GRANULOMETRIA POR TAMIZADO EN SECO						
Peso de la muestra seca (ws)		1000	Gr			
Peso de la muestra seca tamizada		994	Gr			
Pérdida de muestra		6.00	Gr			
Compensación de p.r.p.		0.67	Gr			
Nº	MALLA Abertura (mm)	Retenido (P.R.P.)	(P.R.P.) Compensado	%RP	%RA	% Que pasa
Nº4	4.76	92.00	92.67	9.27	9.27	90.73 %
Nº10	2.00	326.00	326.67	32.67	41.93	58.07 %
Nº20	0.82	266.00	266.67	26.67	68.60	31.40 %
Nº 30	0.59	78.00	78.67	7.87	76.47	23.53 %
Nº40	0.42	62.00	62.67	6.27	82.73	17.27 %
Nº60	0.25	82.00	82.67	8.27	91.00	9.00 %
Nº100	0.15	46.00	46.67	4.67	95.67	4.33 %
Nº200	0.07	36.00	36.67	3.67	99.33	0.67 %
Cazoleta	0.00	6.00	6.67	0.67	100.00	0.00 %
<b>TOTAL</b>		<b>994.00</b>	<b>1000.00</b>	<b>100%</b>		

Nota: Se muestra el cálculo del porcentaje que pasa en cada tamiz, con el cual se graficará la curva granulométrica.

**Figura 38**

*Curva granulométrica del análisis granulométrico en seco*



*Nota:* Se muestra la gráfica de la curva granulométrica de donde se obtiene el factor D10, D30 y D60, detallado en la tabla 4.

**Tabla 20**

*Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura.*

D10	<b>0.27</b>
D30	<b>0.77</b>
D60	<b>2.11</b>
<b>Cu</b>	<b>7.91</b>
<b>Cc</b>	<b>1.07</b>

*Nota:* Se muestra un Cu=7.91 y un Cc= 1.07 con un suelo bien gradado.

### Resultados del análisis granulométrico por el método de lavado

**Tabla 21**

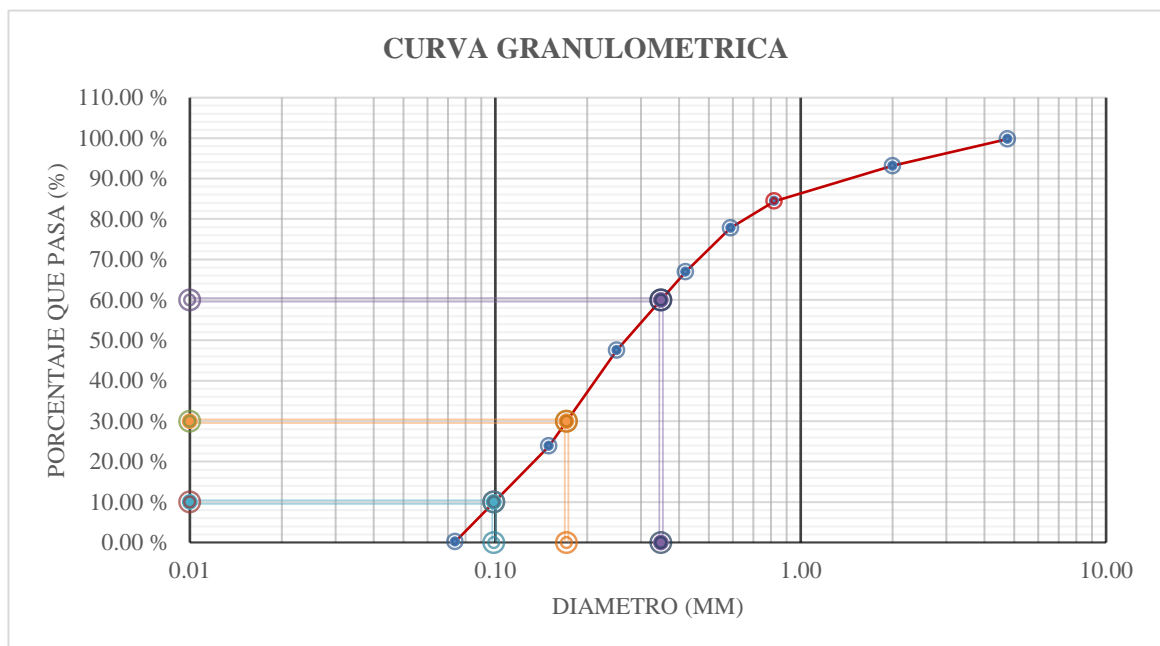
*Resultados del Análisis granulométrico mediante el método de lavado.*

GRANULOMETRIA POR EL METODO DE LAVADO		
Peso de la muestra seca (ws)	94.00	gr
Peso de la muestra seca tamizada	92.00	gr
Perdida de muestra	2.00	gr

Compensación de p.r.p.				0.22	gr	
N°	MALLA Abertura (mm)	(P.R.P.) gr	(P.R.P.) Compensado	%RP	%RA	% Que pasa
N°4	4.76	0.00	0.22	0.24	0.24	99.76 %
N°10	2.00	6.00	6.22	6.62	6.86	93.14 %
N°20	0.82	8.00	8.22	8.75	15.60	84.40 %
N°30	0.59	6.00	6.22	6.62	22.22	77.78 %
N°40	0.42	10.00	10.22	10.87	33.10	66.90 %
N°60	0.25	18.00	18.22	19.39	52.48	47.52 %
N°100	0.15	22.00	22.22	23.64	76.12	23.88 %
N°200	0.07	22.00	22.22	23.64	99.77	0.23 %
<b>Perdida</b>	Lavado	446.00	0.22	0.23	<b>100.00</b>	0.00 %
<b>TOTAL</b>		<b>92.00</b>	<b>94.00</b>	<b>100%</b>		

*Nota:* Se muestra el cálculo del porcentaje que pasa en cada tamiz, con el cual se graficará la curva granulométrica.

**Figura 39**



*Gráfico de la curva granulométrica*

*Nota:* Se muestra la gráfica de la curva granulométrica de donde se obtiene el factor D10, D30 y D60.

**Tabla 22**

*Cálculo del Coeficiente de uniformidad y el Coeficiente de curvatura*

D10	<b>0.10</b>
D30	0.17
D60	0.35
<b>Cu</b>	<b>3.52</b>
<b>Cc</b>	<b>0.85</b>

*Nota:* Se muestra un Cu=3.52 y un Cc= 0.85 suelo mal gradado.

## Límites de plasticidad

### Limite líquido.

**Tabla 23**

*Resultados del ensayo de Limite Liquido.*

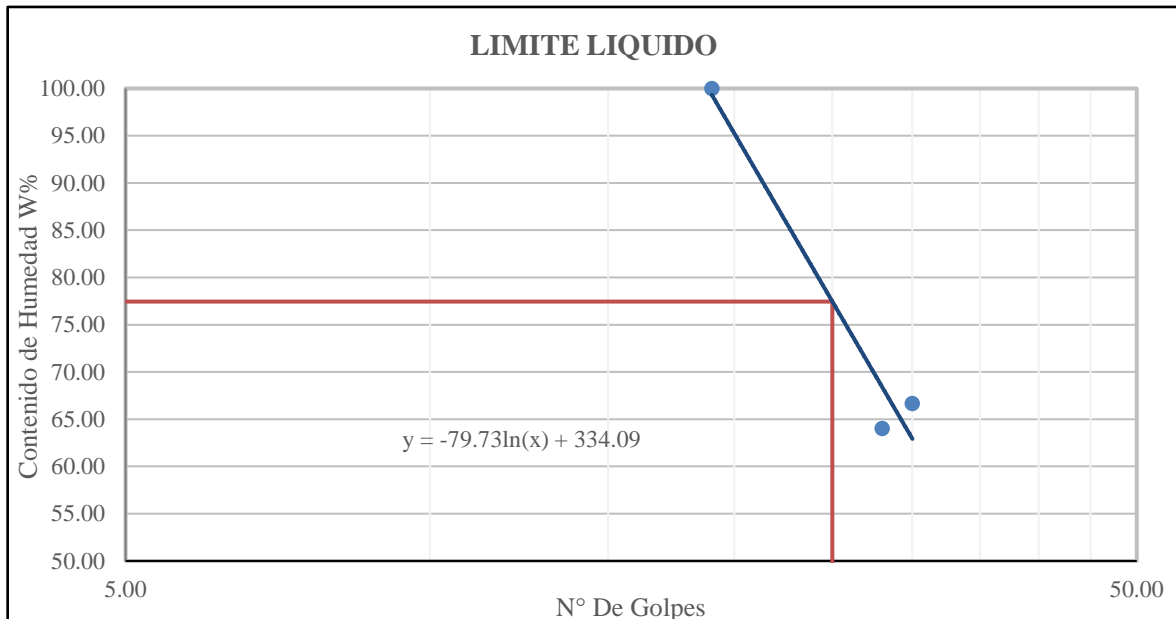
<b>DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)</b>					
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>A</b>	Identificación de recipiente	Nº	T-1	T-2	T-3
<b>B</b>	Suelo húmedo + recipiente	gr	60.00	60.00	56.00
<b>C</b>	Suelo seco + recipiente	gr	40.00	36.00	40.00
<b>D</b>	Peso de recipiente	gr	10.00	12.00	15.00
<b>E</b>	Peso del agua	gr	20.00	24.00	16.00
<b>F</b>	Peso suelo seco	gr	30.00	24.00	25.00
<b>G</b>	Numero de golpes	Nº	<b>30.00</b>	<b>19.00</b>	<b>28.00</b>
<b>H</b>	Contenido de humedad	%	<b>66.67</b>	<b>100.00</b>	<b>64.00</b>
<b>LIMITE LIQUIDO</b>				<b>77.45 %</b>	

*Nota:* El límite líquido obtenido es de 77.45%.



**Figura 40**

*Gráfico del ensayo de limite liquido*



*Nota:* Se muestra la gráfica del contenido de humedad (W%) versus el número de golpes del cual se obtener la ecuación de la gráfica para determinar el porcentaje de limite líquido.

**Limite Plástico.**

**Tabla 24**

*Resultados del ensayo de Limite Platico.*

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de recipiente	N°	T-1	T-2	T-3
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	40.00	40.00	40.00
C	Suelo seco + recipiente	gr	32.00	32.00	28.00
D	Peso de recipiente	gr	14.00	12.00	10.00
E	Peso del agua	gr	8.00	8.00	12.00
F	Peso suelo seco	gr	18.00	20.00	18.00
G	Contenido de humedad	%	44.44	40.00	66.67
<b>LIMITE PLASTICO (LP) PROMEDIO</b>			<b>50.37 %</b>		

*Nota:* Se muestra el promedio del contenido de humedad mismo el cual viene hacer el límite plástico con 50.37%.

### Compactación Proctor Modificado

Se realizó 3 ensayos de próctor modificado uno para cada grupo dosificación en porcentajes variando la cantidad de agua aproximadamente en un ¼ % entre ellos.

**Tabla 25**

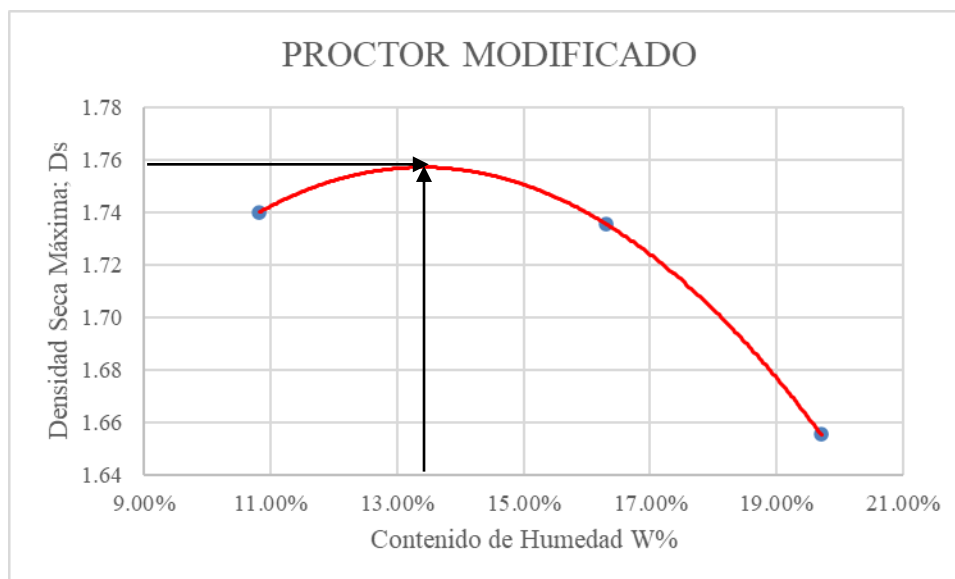
*Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 10% de cemento*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 10%								
ID	DESCRIPCION	UND	1		2		3	
A	Peso Molde	gr	4115.00	4115.00	4115.00	4115.00	4115.00	4115.00
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5985.00	6020.00	6020.00	5935.00	5935.00	5935.00
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1870.00	1905.00	1905.00	1820.00	1820.00	1820.00
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69
E	Densidad húmeda; Dh=Ws/Vmh	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.98</b>	<b>2.02</b>	<b>2.02</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>
F	<b>Recipiente</b>	N°	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
G	Peso Recipiente	gr	28	26	28	18	12	12
H	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	125	135	120	145	125	125
I	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	110	116	108	126	116	112
J	Peso del Agua	gr	15	19	12	19	9	13
K	Peso Muestra seca	gr	82	90	80	108	104	100
L	Contenido de Humedad W%	%	18	21	15	17.59	8.65	13.00
M	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	<b>19.70%</b>	<b>16.30%</b>	<b>16.30%</b>	<b>10.83%</b>	<b>10.83%</b>	<b>10.83%</b>
N	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.66</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>

*Nota:* De la tabla se muestra los resultados de la densidad seca máxima y el promedio de contenido de humedad.

**Figura 41**

*Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima*



*Nota:* Del gráfico se obtiene que el óptimo contenido de humedad es de 13.40% con una densidad máxima de 1.76 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 26**

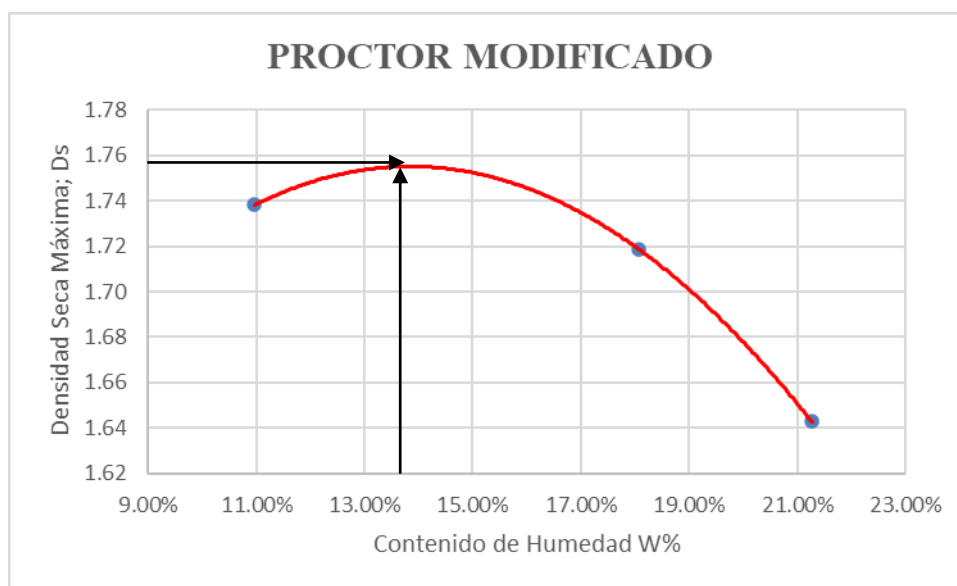
*Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 15% de cemento*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 15%								
ID	DESCRIPCION	UND	1		2		3	
A	Peso Molde	gr	4115.00	4115.00	4115.00	4115.00	4115.00	4115.00
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5995.00	6030.00	6030.00	6030.00	5935.00	5935.00
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1880.00	1915.00	1915.00	1915.00	1820.00	1820.00
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69
E	Densidad húmeda; $D_h = W_s/V_{mh}$	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.99</b>	<b>2.03</b>	<b>2.03</b>	<b>2.03</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>
F	Recipiente	Nº	a		b		a	
G	Peso Recipiente	gr	25	16	18	12	12	14
H	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	110	125	110	145	125	125
I	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	95	106	95	126	116	112
J	Peso del Agua	gr	15	19	15	19	9.00	13
K	Peso Muestra seca	gr	70	90	77	114	104	98
L	Contenido de Humedad W%	%	21	21	19	17	9	13
M	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	<b>21.27%</b>		<b>18.07%</b>		<b>10.96%</b>	
N	Densidad Seca Máxima; $D_s$	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.64</b>		<b>1.72</b>		<b>1.74</b>	

*Nota:* De la tabla se muestra los resultados de la densidad seca máxima y el promedio de contenido de humedad.

**Figura 42**

*Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima*



*Nota:* Del grafico se obtiene que el óptimo contenido de humedad es de 13.20% con una densidad máxima de 1.7 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 27**

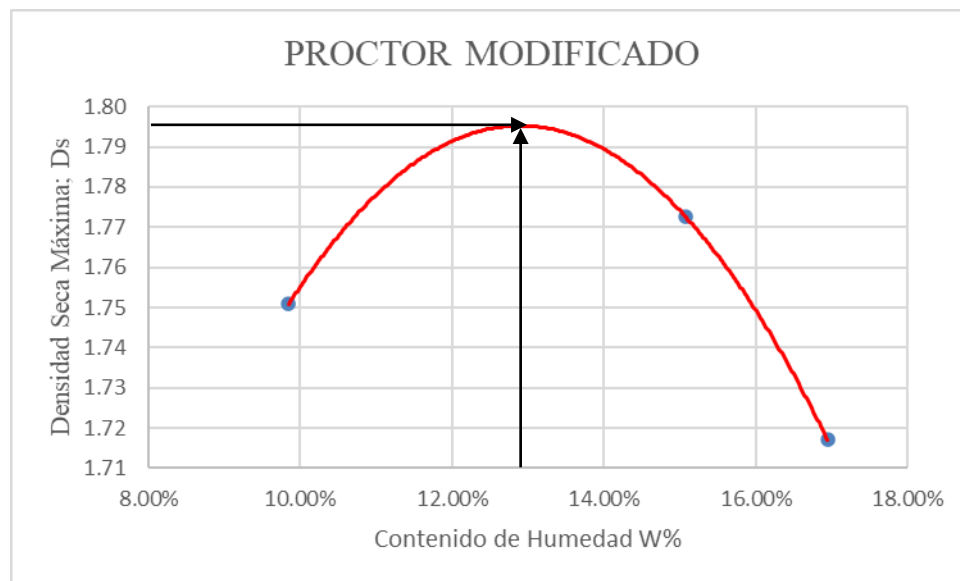
*Resultados del ensayo de compactación Proctor Modificado con 20 % de cemento*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 20%								
ID	DESCRIPCION	UND	1		2		3	
A	Peso Molde	gr	4115.00	4115.00	4115.00			
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6010.00	6040.00	5930.00			
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1895.00	1925.00	1815.00			
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	943.69	943.69	943.69			
E	Densidad húmeda; $D_h = W_s/V_{mh}$	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.01</b>	<b>2.04</b>	<b>1.92</b>			
F	<b>Recipiente</b>	N°	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
G	Peso Recipiente	gr	10	12	10	14	12	12
H	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	90	105	105	110	90	110
I	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	78	92	94	96	84	100
J	Peso del Agua	gr	12	13	11	14	6	10
K	Peso Muestra seca	gr	68	80	84	82	72	88
L	Contenido de Humedad W%	%	18	16	13	17	8	11
M	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	<b>16.95%</b>	<b>15.08%</b>	<b>9.85%</b>			
N	Densidad Seca Máxima; $D_s$	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.72</b>	<b>1.77</b>	<b>1.75</b>			

*Nota:* De la tabla se muestra los resultados de la densidad seca máxima y el promedio de contenido de humedad.

**Figura 43**

*Gráfico de contenido de humedad vs densidad seca máxima*



*Nota:* Del grafico se obtiene que el óptimo contenido de humedad es de 13.00 % con una densidad máxima de 1.798 gr/cm<sup>3</sup>.

## Ensayo de Resistencia a la compresión uniaxial

De los ensayos a compresión uniaxial realizado a los especímenes de ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento, y yeso se obtiene los siguientes resultados detallados a continuación:

**Tabla 28**

*Ensayo de resistencia a compresión con adición de 10 % de cemento.*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (10%)</b>						
Espécimen	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máx (kg)	Ab ( <b>cm<sup>2</sup></b> )	fb ( <b>kg/cm<sup>2</sup></b> )
1	30	15	10	6029	450	13.40
2	30	15	10	6143	450	13.65
3	30	15	10	5587	450	12.42
4	30	15	10	6868	450	15.26
5	30	15	10	7021	450	15.60
6	30	15	10	6061	450	13.47
fb promedio ( <b>kg/cm<sup>2</sup></b> )						13.97
Desviación estándar						1.22
Coeficiente de variación						8.73
<b>fb (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>12.75</b>

*Nota:* De la tabla se muestra la resistencia a compresión de 12.75 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 29**

*Ensayo de resistencia a compresión con adición de 15 % de cemento.*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA 15%</b>						
ESPÉCIMEN	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máx (Tn)	Ab ( <b>cm<sup>2</sup></b> )	fb ( <b>kg/cm<sup>2</sup></b> )
1	30	15	10	7366	450	16.37
2	30	15	10	7021	450	15.60
3	30	15	10	7710	450	17.13
4	30	15	10	6873	450	15.27
5	30	15	10	7025	450	15.61
6	30	15	10	7837	450	17.42
fb promedio ( <b>kg/cm<sup>2</sup></b> )						16.23
Desviación estándar						0.75
Coeficiente de variación						4.63
<b>fb (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>15.48</b>

*Nota:* De la tabla se muestra la resistencia a compresión de 15.48 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 30**

*Ensayo de resistencia a compresión con adición de 20 % de cemento.*


<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 20%</b>						
ESPÉCIMEN	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máx (Tn)	Ab ( <b>cm<sup>2</sup></b> )	fb ( <b>kg/cm<sup>2</sup></b> )
1	30	15	10	8695	450	19.32
2	30	15	10	8979	450	19.95
3	30	15	10	10715	450	23.81
4	30	15	10	8982	450	19.96
5	30	15	10	8642	450	19.20
6	30	15	10	9087	450	20.19
fb promedio ( <b>kg/cm<sup>2</sup></b> )						20.41
Desviación estándar						1.71
Coeficiente de variación						8.39
<b>fb (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>18.69</b>

*Nota:* De la tabla se muestra la resistencia a compresión de 18.69 kg/cm<sup>2</sup>.

### ANEXO N° 3. PROTOCOLOS DE LABORATORIO

**Figura 44**

*Protocolo de laboratorio del ensayo de contenido de humedad*

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
		ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD								CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC: .....
		NORMA: MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127								
		PROYECTO: Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos Tipo Lego variando los porcentajes de Tierra, Cemento y yeso								
CANTERA:		MUESTRA:		TIPO DE MATERIAL:						
UBICACIÓN:		COLOR DE MATERIAL:								
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:								
FECHA DE ENSAYO:	30/03/23	REVISADO POR:								

Temperatura de Secado

110 °C

Método

Horno 110 ± 5 °C


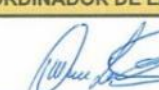

CONTENIDO DE HUMEDAD												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Identificación del recipiente o Tara	-	T-1	T-2	T-3							
B	Peso del Recipiente	gr	64	90	40							
C	Recipiente + Material Natural	gr	450	540	440							
D	Recipiente + Material Seco	gr	414	504	404							
E	Peso del material húmedo (W <sub>mh</sub> ) = C - B	gr	386	450	400							
F	Peso del material Seco (W <sub>s</sub> ) = D - B	gr	350	414	364							
W%	Porcentaje de humedad (E - F / F) * 100	%	10.29	8.70	9.89							
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	9.621									

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$$

Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Royce Alcázar Muñoz	NOMBRE: Wesley Antonio Camarero	NOMBRE: Ingeniera Civil FELIX ALEJANDRA VELÁSQUEZ HUAYTA
FECHA: 30/03/2023	FECHA: 30/03/2023	FECHA: Reg. CIP N° 222077

**Nota:** Se observa la presentación de los datos del ensayo realizado en laboratorio.

**Figura 45**

*Protocolo de laboratorio del ensayo de granulometría por tamizado en seco.*

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>	MTC E 107 / ASTM D421			AGTS-LS-UPNC: .....	
<b>PROYECTO:</b>	"Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento y yeso"				
<b>CALICATA:</b>	<b>ESTRATO:</b>	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	<b>RESPONSABLE:</b>				
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	30/03/23	<b>REVISADO POR:</b>			

<b>Peso muestra seca, W<sub>s</sub></b>	1000	gr
---	------	----

GRANULOMETRIA POR TAMIZADO EN SECO					
mall	Abertura (mm)	P.R.P. (gr)	% RP	% RA	% que pasa
Nº4	4,76	92	9.27	9.27	90.73
Nº10	2	326	32.67	41.93	58.07
Nº20	0,84	266	26.67	68.60	31.40
Nº30	0,59	78	7.87	76.47	23.53
Nº40	0,42	62	6.27	82.73	17.27
Nº60	0,25	82	8.27	91.00	9.00
Nº100	0,15	46	4.67	95.67	4.33
Nº200	0,074	36	3.67	99.33	0.67
Cazoleta	0	6	0.67	100.00	0.00
Total			100%		

**Curva granulométrica**

Cu= 7.91    Cc= 1.07

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>DOCENTE</b>
<b>NOMBRE:</b> Ivay Alcaldía Muñoz	<b>NOMBRE:</b> Wesley Fernando Camacho	<b>NOMBRE:</b> FELIX ALEXANDRA VELÁSQUEZ HUARTE
<b>FECHA:</b> 30/03/2023	<b>FECHA:</b> 30/03/2023	<b>FECHA:</b> Reg CTP N° 222077

*Nota:* Se observa la presentación de los datos del ensayo realizado en laboratorio.



**Figura 46**

*Protocolo de laboratorio del ensayo de granulometría por tamizado en lavado.*

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>	ASTM D421			AGTL-LS-UPNC: .....	
<b>PROYECTO:</b>	"Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento y yeso"				
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:			
UBICACIÓN:	COLOR DE MATERIAL:				
FECHA DE MUESTREO:	RESPONSABLE:				
FECHA DE ENSAYO:	30/03/23	REVISADO POR:			

Peso de muestra seca; W <sub>s</sub>	174 - 80 gr	= 94 gr
--------------------------------------	-------------	---------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4,76	0.00	0.224	0.24	99.761
Nº10	2	6.00	6.22	6.86	93.14
Nº20	0,84	8.00	8.25	15.60	84.40
Nº30	0,59	6.00	6.62	22.22	77.78
Nº40	0,42	10.00	10.87	33.60	66.40
Nº60	0,25	18.00	19.39	52.48	47.52
Nº100	0,15	22.00	23.64	76.12	23.88
Nº200	0,074	22.00	23.64	99.77	0.23
Perdida	Lavado	446 gr	0.23	100.00	0.00
Total					

**Curva granulométrica**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Roger Alcalde Muñoz	NOMBRE: Wesley Acosta de Concesse	NOMBRE: FELIX ALEJANDRA VELÁSQUEZ HUAYTA Ingeniera Civil Reg. CIP N° 222077
FECHA: 30/03/2023	FECHA: 30/03/2023	FECHA:

*Nota:* Se observa la presentación de los datos del ensayo realizado en laboratorio.

Figura 47

Protocolo de laboratorio del ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
ENSAYO:		LÍMITES DE PLASTICIDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA:		NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318			LP-LS-UPNC: .....		
PROYECTO:		"Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento y yeso"					
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:					
UBICACIÓN:		COLOR DE MATERIAL:					
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:					
FECHA DE ENSAYO:		29-03-23		REVISADO POR:			

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) = 77.45%							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	T-1	T-2	T-3		
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	50	50	56		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	40	36	40		
D	Peso de Recipiente	gr	10	12	15		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	20	24	16		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	30	24	25		
G	Número de Golpes	N	30	19	28		
H	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	66.67	100	64		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) = 50.37%							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	T-1	T-2	T-3		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	40	40	40		
C	Suelo Seco + Tara	gr	32	32	28		
D	Peso de Tara	gr	14	12	10		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	8	8	12		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	18	20	18		
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	44.44	40.00	66.67		
H	Promedio Límite Plástico	%		50.37%			

Contenido de humedad W%

$y = -79.73 \ln(x) + 334.09$

N° de golpes

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Royer Alcalde Muñoz	NOMBRE: Wallyson de Camasca	NOMBRE: Ingeniera Civil
FECHA: 29-03-2023	FECHA: 29/03/2023	FECHA: Reg CIP N° 222077

Nota: De la figura se observa que a más porcentaje de cemento mayor resistencia obtenida.

**Figura 48**

*Protocolo del ensayo de Proctor Modificado con 20% de Cemento*

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PRÓTOCOLO										
		ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:				
		NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141			CPM-LS-UPNC: .....				
		PROYECTO:	Resistencia a la Compresión Variando los Porcentajes de Tierra, Cemento y yeso de ladrillos ecológicos							
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:						
UBICACIÓN:				COLOR DE MATERIAL:						
FECHA DE MUESTREO:				RESPONSABLE:						
FECHA DE ENSAYO:		05-04-23		REVISADO POR:						

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 20%									
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4
A	Peso Molde	gr	4115		4115		4115		
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6010		6040		5930		
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1895		1925		1815		
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	943.69		943.69		943.69		
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.01		2.02		1.92		
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a
H	Peso Recipiente	gr	10	12	10	14	12	12	
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	90	105	105	110	90	110	
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	78	92	94	96	84	100	
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	12	13	11	14	6	10	
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	68	80	84	82	72	88	
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	17.65	16.25	13.10	17.01	8.3	11.36	
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	16.951		15.081		4.851		
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.72		1.77		1.75		

**CURVA DE COMPACTACIÓN**

Densidad máxima = 1.798 gr/cm<sup>3</sup>      Humedad óptima = 13.00%

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Royer Alcalde Muñoz	NOMBRE:	NOMBRE: Ingeniera Civil FELIX ALEJANDRA VELÁSQUEZ HUAYTA
FECHA: 05-04-2023	FECHA:	FECHA: Reg CIP N° 222077

*Nota:* Se observa la presentación de los datos del ensayo realizado en laboratorio.

Figura 49

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado con 15% de Cemento


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC: .....			
PROYECTO:		Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento y yeso							
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:					
UBICACIÓN:				COLOR DE MATERIAL:					
FECHA DE MUESTREO:				RESPONSABLE:					
FECHA DE ENSAYO:	05-04-2023			REVISADO POR:					




  

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 15%										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4				
A	Peso Molde	gr	4115	4115	4115					
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6005	6010	5940					
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1880	1915	1820					
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	443.19	443.19	443.19					
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.99	2.03	1.93					
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	25	16	18	12	12	14		
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	105	125	120	110	125	110		
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	95	106	95	126	116	112		
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	15	19	15	19	9	13		
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	70	90	77	114	104	98		
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	21.48	21.11	19.48	16.67	8.65	13.27		
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	21.27	18.07	10.96					
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.64	1.72	1.74					

**CURVA DE COMPACTACIÓN**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Royer Alcalde Muñoz	NOMBRE:	NOMBRE: FELIX ALEJANDRA VELASQUEZ HUAYTA Ingeniera Civil Reg CIP N° 222077
FECHA: 05-04-2023	FECHA:	FECHA:

Nota: Se observa la presentación de los datos del ensayo realizado en laboratorio.

**Figura 50**

*Protocolo del ensayo de Proctor Modificado con 10% de Cemento*

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
	NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141					CPM-LS-UPNC: .....			
	PROYECTO:	"Resistencia a la compresión uniaxial de ladrillos ecológicos tipo lego variando los porcentajes de tierra, cemento y yeso"								
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:								
UBICACIÓN:			COLOR DE MATERIAL:							
FECHA DE MUESTREO:			RESPONSABLE:							
FECHA DE ENSAYO:	05-04-2023		REVISADO POR:							

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 10%										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4115		4115		4115			
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5985		6020		5935			
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1870		1905		1820			
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	943.69		943.69		943.69			
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.98		2.02		1.93			
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	28	26	28	18	12	12		
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	125	135	120	145	125	125		
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	110	116	108	126	116	112		
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	15	19	12	19	9	13		
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	82	90	80	108	104	100		
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	18.29	21.11	15.00	17.59	8.65	13		
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	19.701		13.301		10.831			
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.66		1.74		1.74			

**CURVA DE COMPACTACIÓN**

<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Roger Alcalde Huaco	NOMBRE: FELIX ALEJANDRA VELASQUEZ HUAYTA	NOMBRE: Ingeniera Civil Reg. CIP N° 222077
FECHA: 05-04-2023	FECHA:	FECHA:

*Nota:* Se observa la presentación de los datos del ensayo realizado en laboratorio.





