

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA  
ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES  
ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
PRESENTADO POR: WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ  
ASESOR: JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO**

**Chota, Perú**

**2021**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 20:00 horas, del día 27 de enero de 2022, en video conferencia del aplicativo Meet Google, los miembros del Jurado de Tesis titulada:

**“EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019”**,

integrado por:

1. Mg. Ing. Jane Elizabeth Álvarez Llanos Presidente
2. Mg. Fís. Elmer Walmer Bustamante Vásquez Secretario
3. Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez Vocal

Sustentado por Bach. Wilyn Frankin Delgado Vásquez, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado, por el público asistente, y las respuestas contestadas por el Tesista, luego de la deliberación del Jurado Evaluador, se acordó Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: **CATORCE (14)**.

Asimismo, se acordó elevar la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el TÍTULO de INGENIERO CIVIL.

Firmado en: Chota, 27 de enero del 2022

.....  
Ing. Civil Jane Alvarez Llanos  
REG. C.I.P. 78807  
Mg. Ing. Jane Elizabeth Álvarez Llanos  
Presidente

.....  
Mg. Fís. Elmer Walmer Bustamante Vásquez  
Secretario

.....  
Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez  
Vocal



## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Delgado Vásquez Wilyn Frankin

Código del alumno: **2015051012**

Correo electrónico: delgadowilyn77@gmail.com

Teléfono: 988067950

DNI: 72132496

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Magister

Licenciado

Segunda especialidad

Título

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMABAMARCA, 2019.

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERIA

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERIA CIVIL

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Mg. Ing. JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO

Correo electrónico: jlsilvat@unach.edu.pe

Teléfono: 979006832

D.N. I: 46412746

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA:

DNI. 72132496

Fecha, 05 de agosto del 2022.

**TÍTULO DE LA TESIS:**

**EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE  
ARCILLA DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE  
PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA,  
2019.**

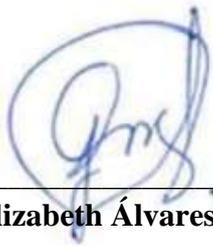
**POR:**

**WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ**

**PRESENTADA A LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

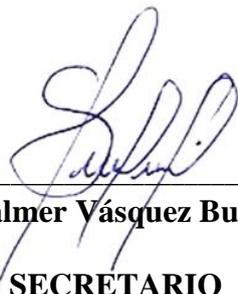
**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR:**



---

**Jane Elizabeth Álvares Llanos**

**PRESIDENTE**



---

**Elmer Walmer Vásquez Bustamante**

**SECRETARIO**



---

**Edwar Cieza Sánchez**

**VOCAL**

## **AGRADECIMIENTO**

Al todopoderoso por haberme acompañado en cada paso dado y por haberme dado fuerza y valor para salir adelante.

A cada uno de los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, personas con gran inteligencia que me guiaron a lo largo de mi etapa universitaria y me colaboraron para llegar hoy a cumplir con este trabajo.

A mis padres y hermanos quienes constantemente me secundaron y motivaron para lograr llevar a cabo mis metas trazadas, un reconocimiento especial a mi papá Eduardo y mi mamá Esther por la ayuda constante y desinteresada en cada elección captada.

A los señores artesanos Tomás y Elmer por brindarme su confianza, apoyo y sus materiales para la preparación de las muestras durante el tiempo de desarrollo del presente proyecto.

Muchas gracias

## **DEDICATORIA**

La presente investigación va dedicada al todopoderoso quien siempre me acompaña, por darme la fortaleza para cumplir con este objetivo y guiarme por el camino del bien y en cada una de mis decisiones tomadas, a mis padres por ofrecerme su amor y ayuda a cada instante, por inculcarme el estudio y la superación personal, por su respaldo en los momentos más complicados, a mis hermanos por su compañía y lenguaje confortador, a mi familia en general que a cada instante estuvieron a mi lado apoyándome y que de una u otra manera contribuyeron para el logro de mis objetivos.

Wilyn Frankin Delgado Vásquez

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>24</b>
<b>1.3. Justificación e importancia.....</b>	<b>24</b>
<b>1.4. Objetivos .....</b>	<b>25</b>
1.4.1. <i>Objetivo general.....</i>	25
1.4.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	26
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>27</b>
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales.....</i>	27
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales .....</i>	29
2.1.3. <i>Antecedentes regionales .....</i>	31
<b>2.2. Marco teórico .....</b>	<b>34</b>
2.2.1. <i>El ladrillo .....</i>	34
2.2.1.1. <i>Definición .....</i>	34
2.2.1.2. <i>Características de los Ladrillos .....</i>	34
2.2.1.3. <i>Propiedades de los Ladrillos .....</i>	35
2.2.1.4. <i>Clasificación de los Ladrillos .....</i>	37
2.2.1.5. <i>Normatividad .....</i>	37
2.2.1.6. <i>Materia Prima .....</i>	48
2.2.1.7. <i>Proceso de Producción de Ladrillos de Arcilla .....</i>	56

2.2.1.8.	<i>Cambios físico – químicos en la fabricación de ladrillos</i>	62
2.2.2.	<i>Aserrín de pino</i>	64
2.2.2.1.	<i>El Pino</i>	64
2.2.2.2.	<i>Aserrín</i>	66
2.3.	<b>Definición de conceptos</b>	<b>69</b>
<b><i>CAPITULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES ... 71</i></b>		
3.1.	<b>Hipótesis</b>	<b>71</b>
3.1.1.	<i>General</i>	71
3.1.2.	<i>Específicas</i>	71
3.2.	<b>Variables</b>	<b>71</b>
3.2.1.	<i>Variable independiente</i>	71
3.2.2.	<i>Variable dependiente</i>	72
3.3.	<b>Operacionalización de variables</b>	<b>72</b>
<b><i>CAPITULO IV. MARCO METODOLÓGICO ..... 74</i></b>		
4.1.	<b>Ubicación geográfica del estudio</b>	<b>74</b>
4.2.	<b>Unidad de análisis, población y muestra</b>	<b>75</b>
4.2.1.	<i>Población</i>	75
4.2.2.	<i>Muestra</i>	75
4.2.3.	<i>Unidad de análisis</i>	76
4.2.4.	<i>Unidad de observación</i>	76
4.3.	<b>Tipo y descripción del diseño de investigación</b>	<b>77</b>
4.3.1.	<i>Tipo de investigación</i>	77
4.3.2.	<i>Diseño de investigación</i>	77
4.3.3.	<i>Métodos de investigación</i>	79

4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	79
4.5.	Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	80
4.6.	Matriz de consistencia metodológica .....	80
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>82</b>
5.1.	Presentación de resultados .....	82
5.1.1.	<i>Propiedades físicas y mecánicas de los agregados para ladrillos .....</i>	<i>82</i>
5.1.1.1.	<i>Ensayos realizados a la arena .....</i>	<i>82</i>
5.1.1.2.	<i>Ensayos realizados a la arcilla .....</i>	<i>83</i>
5.1.1.3.	<i>Ensayos realizados al aserrín de pino .....</i>	<i>85</i>
5.1.2.	<i>Proceso de elaboración de los ladrillos .....</i>	<i>85</i>
5.1.2.1.	<i>Extracción de la materia prima .....</i>	<i>85</i>
5.1.2.2.	<i>Preparación de la mezcla o barro .....</i>	<i>85</i>
5.1.2.3.	<i>Moldeado .....</i>	<i>86</i>
5.1.2.4.	<i>Proceso de secado .....</i>	<i>86</i>
5.1.2.5.	<i>Cocción u horneado .....</i>	<i>86</i>
5.1.3.	<i>Ensayos clasificatorios para ladrillos de arcilla .....</i>	<i>87</i>
5.1.3.1.	<i>Alabeo .....</i>	<i>87</i>
5.1.3.2.	<i>Variación Dimensional .....</i>	<i>90</i>
5.1.3.3.	<i>Resistencia a la Compresión .....</i>	<i>92</i>
5.1.4.	<i>Ensayos no clasificatorios para ladrillos de arcilla.....</i>	<i>95</i>
5.1.4.1.	<i>Absorción .....</i>	<i>95</i>
5.1.4.2.	<i>Peso Específico .....</i>	<i>97</i>
5.1.5.	<i>Ensayos en prismas de albañilería.....</i>	<i>100</i>
5.1.5.1.	<i>Resistencia a compresión axial en pilas .....</i>	<i>100</i>
5.1.5.2.	<i>Resistencia a compresión diagonal en muretes .....</i>	<i>104</i>
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados .....	108

5.2.1.	<i>Propiedades físicas y mecánicas de los agregados para ladrillos de arcilla</i>	108
5.2.1.1.	<i>Arena fina</i>	108
5.2.1.2.	<i>Arcilla</i>	110
5.2.1.3.	<i>Aserrín de pino</i>	112
5.2.2.	<i>Ensayos clasificatorios para los ladrillos de arcilla</i>	114
5.2.2.1.	<i>Alabeo</i>	114
5.2.2.2.	<i>Variación Dimensional</i>	116
5.2.2.3.	<i>Resistencia a Compresión</i>	118
5.2.3.	<i>Ensayos no clasificatorios para los ladrillos de arcilla</i>	119
5.2.3.1.	<i>Absorción</i>	119
5.2.3.2.	<i>Peso Específico</i>	120
5.2.4.	<i>Ensayos en Prismas de Albañilería</i>	121
5.2.4.1.	<i>Resistencia a Compresión Axial en Pilas</i>	121
5.2.4.2.	<i>Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes</i>	124
5.2.5.	<i>Costo de producción de los ladrillos con y sin porcentaje de aserrín de pino</i>	126
5.3.	<b>Contrastación de hipótesis</b>	<b>128</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>130</b>
	<b>RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS</b>	<b>131</b>
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>132</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>135</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los ladrillos .....	<b>37</b>
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de los ladrillos según las siguientes características .....	<b>38</b>
<b>Tabla 3.</b> Procedimientos para resolver $f'm$ y $V'm$ .....	<b>40</b>
<b>Tabla 4.</b> Factores de corrección de la resistencia a compresión axial en pilas .....	<b>41</b>
<b>Tabla 5.</b> Incremento de resistencia a compresión axial y al corte por edad en pilas y muretes .....	<b>42</b>
<b>Tabla 6.</b> Restricciones en el uso de los ladrillos .....	<b>47</b>
<b>Tabla 7.</b> Composición química de la arcilla .....	<b>49</b>
<b>Tabla 8.</b> Características de los desechos de madera corriente .....	<b>67</b>
<b>Tabla 9.</b> Características del aserrín de pino .....	<b>67</b>
<b>Tabla 10.</b> Matriz de operacionalización de variables en estudio .....	<b>73</b>
<b>Tabla 11.</b> Ubicación geográfica de la localidad en estudio .....	<b>74</b>
<b>Tabla 12.</b> Número de muestras para cada ensayo .....	<b>75</b>
<b>Tabla 13.</b> Características del ladrillo del Frutillo Bajo, Bambamarca .....	<b>76</b>
<b>Tabla 14.</b> Unidad de observación .....	<b>77</b>
<b>Tabla 15.</b> Tipo de investigación según los principales criterios .....	<b>77</b>
<b>Tabla 16.</b> Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	<b>79</b>
<b>Tabla 17.</b> Matriz de consistencia metodológica .....	<b>81</b>
<b>Tabla 18.</b> Análisis granulométrico de la arena .....	<b>82</b>
<b>Tabla 19.</b> Análisis del límite líquido de la arcilla .....	<b>83</b>
<b>Tabla 20.</b> Análisis del límite plástico de la arcilla .....	<b>83</b>
<b>Tabla 21.</b> Análisis granulométrico de la arcilla .....	<b>84</b>
<b>Tabla 22.</b> Análisis granulométrico del aserrín de pino .....	<b>85</b>
<b>Tabla 23.</b> Enjuiciamiento de datos para el alabeo del ladrillo convencional .....	<b>87</b>

<b>Tabla 24.</b> Enjuiciamiento de datos para el alabeo de los ladrillos con adición de 3% de aserrín de pino .....	<b>88</b>
<b>Tabla 25.</b> Enjuiciamiento de datos para el alabeo de los ladrillos con adición de 5% de aserrín de pino .....	<b>88</b>
<b>Tabla 26.</b> Enjuiciamiento de datos para el alabeo de los ladrillos con adición de 10% de aserrín de pino .....	<b>89</b>
<b>Tabla 27.</b> Enjuiciamiento de datos para el alabeo de los ladrillos con adición de 15% de aserrín de pino .....	<b>89</b>
<b>Tabla 28.</b> Enjuiciamiento de datos para la variación dimensional del ladrillo convencional .....	<b>90</b>
<b>Tabla 29.</b> Datos de variación dimensional del ladrillo con adición de 3% de aserrín de pino .....	<b>91</b>
<b>Tabla 30.</b> Datos de variación dimensional del ladrillo con adición de 5% de aserrín de pino .....	<b>91</b>
<b>Tabla 31.</b> Datos de variación dimensional del ladrillo con adición de 10% de aserrín de pino .....	<b>91</b>
<b>Tabla 32.</b> Datos de variación dimensional del ladrillo con adición de 15% de aserrín de pino .....	<b>92</b>
<b>Tabla 33.</b> Enjuiciamiento de datos de resistencia a la compresión del ladrillo convencional .....	<b>93</b>
<b>Tabla 34.</b> Enjuiciamiento de datos de resistencia a compresión del ladrillo con adición de 3% de aserrín de pino .....	<b>93</b>
<b>Tabla 35.</b> Enjuiciamiento de datos de resistencia a la compresión del ladrillo con adición de 5% de aserrín de pino .....	<b>94</b>

<b>Tabla 36.</b> Enjuiciamiento de datos de resistencia a la compresión del ladrillo con adición de 10% de aserrín de pino .....	<b>94</b>
<b>Tabla 37.</b> Enjuiciamiento de datos de resistencia a la compresión del ladrillo con adición de 15% de aserrín de pino .....	<b>95</b>
<b>Tabla 38.</b> Enjuiciamiento de datos de absorción del ladrillo convencional .....	<b>96</b>
<b>Tabla 39.</b> Enjuiciamiento de datos de absorción del ladrillo con adición de 3% de aserrín de pino .....	<b>96</b>
<b>Tabla 40.</b> Enjuiciamiento de datos de absorción del ladrillo con adición de 5% de aserrín de pino .....	<b>96</b>
<b>Tabla 41.</b> Enjuiciamiento de datos de absorción del ladrillo con adición de 10% de aserrín de pino .....	<b>97</b>
<b>Tabla 42.</b> Enjuiciamiento de datos de absorción del ladrillo con adición de 15% de aserrín de pino .....	<b>97</b>
<b>Tabla 43.</b> Análisis de datos del peso específico del ladrillo convencional .....	<b>98</b>
<b>Tabla 44.</b> Análisis de datos del peso específico del ladrillo con adición de 3% de aserrín de pino .....	<b>98</b>
<b>Tabla 45.</b> Análisis de datos del peso específico del ladrillo con adición de 5% de aserrín de pino .....	<b>99</b>
<b>Tabla 46.</b> Análisis de datos del peso específico del ladrillo con adición de 10% de aserrín de pino .....	<b>99</b>
<b>Tabla 47.</b> Análisis de datos del peso específico del ladrillo con adición de 15% de aserrín de pino .....	<b>100</b>
<b>Tabla 48.</b> Factor de corrección a la edad de 14 y 21 días para pilas y muretes .....	<b>101</b>
<b>Tabla 49.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas del ladrillo convencional .....	<b>101</b>

<b>Tabla 50.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 3% de aserrín de pino .....	<b>102</b>
<b>Tabla 51.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 5% de aserrín de pino .....	<b>102</b>
<b>Tabla 52.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 10% de aserrín de pino .....	<b>103</b>
<b>Tabla 53.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 15% de aserrín de pino .....	<b>103</b>
<b>Tabla 54.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes del ladrillo convencional .....	<b>105</b>
<b>Tabla 55.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes del ladrillo con adición de 3% de aserrín de pino .....	<b>105</b>
<b>Tabla 56.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes del ladrillo con adición de 5% de aserrín de pino .....	<b>106</b>
<b>Tabla 57.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes del ladrillo con adición de 10% de aserrín de pino .....	<b>106</b>
<b>Tabla 58.</b> Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes del ladrillo con adición de 15% de aserrín de pino .....	<b>107</b>
<b>Tabla 59.</b> Resultados del análisis granulométrico de la arena .....	<b>108</b>
<b>Tabla 60.</b> Resultados de los límites de consistencia de la arcilla .....	<b>110</b>
<b>Tabla 61.</b> Resultados del análisis granulométrico de la arcilla .....	<b>111</b>
<b>Tabla 62.</b> Resultados del análisis granulométrico del aserrín de pino .....	<b>112</b>
<b>Tabla 63.</b> Resumen de datos de la arena, arcilla y aserrín de pino .....	<b>113</b>
<b>Tabla 64.</b> Comparación de la concavidad y convexidad máxima entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino .....	<b>114</b>

<b>Tabla 65.</b> Comparación de los valores promedios de la variación dimensional entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino .....	<b>116</b>
<b>Tabla 66.</b> Comparación de los valores promedios de la resistencia a compresión entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino .....	<b>118</b>
<b>Tabla 67.</b> Comparación de los valores promedios del porcentaje de absorción entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino .....	<b>119</b>
<b>Tabla 68.</b> Comparación de los valores promedios del peso específico entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino .....	<b>120</b>
<b>Tabla 69.</b> Comparación de los valores promedios de la resistencia a compresión axial en pilas entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino .....	<b>121</b>
<b>Tabla 70.</b> Resistencias características de la albañilería en pilas .....	<b>122</b>
<b>Tabla 71.</b> Comparación de los valores promedios de la resistencia a compresión diagonal en muretes entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino .....	<b>124</b>
<b>Tabla 72.</b> Resistencias características de la albañilería en muretes .....	<b>125</b>
<b>Tabla 73.</b> Comparación en los costos de producción .....	<b>127</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Pilas de albañilería .....	<b>42</b>
<b>Figura 2.</b> Muretes de albañilería .....	<b>43</b>
<b>Figura 3.</b> Colocación del murete para el ensayo de corte .....	<b>44</b>
<b>Figura 4.</b> Cantera para la extracción de la materia prima (arcilla) .....	<b>57</b>
<b>Figura 5.</b> Preparación de la mezcla (barro) .....	<b>58</b>
<b>Figura 6.</b> Moldeo de las unidades de albañilería .....	<b>59</b>
<b>Figura 7.</b> Secado de las unidades de albañilería .....	<b>60</b>
<b>Figura 8.</b> Horno del señor Tomas Cruzado Manosalva .....	<b>61</b>
<b>Figura 9.</b> Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla .....	<b>62</b>
<b>Figura 10.</b> Imagen de planta pino en Cajamarca .....	<b>66</b>
<b>Figura 11.</b> Ladrillo de arcilla del Frutillo Bajo, Bambamarca .....	<b>76</b>
<b>Figura 12.</b> Determinación de la concavidad o convexidad de los ladrillos .....	<b>87</b>
<b>Figura 13.</b> Determinación de las medidas del ladrillo .....	<b>90</b>
<b>Figura 14.</b> Colocación de las muestras debajo de la compresora para ensayo de resistencia .....	<b>92</b>
<b>Figura 15.</b> Saturación en agua de las unidades de albañilería .....	<b>95</b>
<b>Figura 16.</b> Peso del ladrillo sumergido en agua .....	<b>97</b>
<b>Figura 17.</b> Colocación de las pilas debajo de la compresora para aplicar la carga ....	<b>101</b>
<b>Figura 18.</b> Resistencia a compresión diagonal .....	<b>104</b>
<b>Figura 19.</b> Curva granulométrica de la arena .....	<b>108</b>
<b>Figura 20.</b> Límite líquido y límite plástico .....	<b>110</b>
<b>Figura 21.</b> Curva granulométrica de la arcilla .....	<b>111</b>
<b>Figura 22.</b> Curva granulométrica del aserrín de pino .....	<b>113</b>
<b>Figura 23.</b> Comparación entre concavidad y convexidad en superficie .....	<b>115</b>

<b>Figura 24.</b> Comparación de concavidad y convexidad en borde del ladrillo .....	<b>115</b>
<b>Figura 25.</b> Comparación de la variación dimensional entre el largo, ancho y alto del ladrillo .....	<b>117</b>
<b>Figura 26.</b> Comparación de las resistencias de los ladrillos con y sin porcentajes de aserrín de pino .....	<b>118</b>
<b>Figura 27.</b> Comparación de la absorción del ladrillo con y sin porcentajes de aserrín de pino .....	<b>119</b>
<b>Figura 28.</b> Comparación del peso específico de masa del ladrillo con y sin porcentajes de aserrín de pino .....	<b>121</b>
<b>Figura 29.</b> Comparación de la resistencia a compresión axial de los ladrillos con y sin porcentajes de aserrín de pino .....	<b>122</b>
<b>Figura 30.</b> Fallas comunes generadas en las pilas .....	<b>123</b>
<b>Figura 31.</b> Comparación de la resistencia a compresión diagonal de los ladrillos con y sin porcentajes de aserrín de pino .....	<b>124</b>
<b>Figura 32.</b> Fallas comunes generadas en los muretes .....	<b>125</b>
<b>Figura 33.</b> Comparación de la variación del costo de producción entre el ladrillo convencional y los con adición de porcentajes de aserrín de pino .....	<b>127</b>
<b>Figura 34.</b> Tierra arcillosa para ladrillo de la cantera del señor Tomas .....	<b>137</b>
<b>Figura 35.</b> Arena de grano fino de la cantera del señor Tomas .....	<b>137</b>
<b>Figura 36.</b> Aserrín de pino extraído de los aserraderos .....	<b>138</b>
<b>Figura 37.</b> Extracción de la arena para los ensayos en el laboratorio .....	<b>138</b>
<b>Figura 38.</b> Extracción de la arcilla para los ensayos en el laboratorio .....	<b>139</b>
<b>Figura 39.</b> Tamizado de la arena para obtener el tamaño máximo deseado .....	<b>139</b>
<b>Figura 40.</b> Realizando el tamizado para la arcilla para obtener el tamaño máximo deseado .....	<b>140</b>

<b>Figura 41.</b> Enrazando la arcilla con la espátula en la taza de bronce del equipo de Casagrande .....	<b>140</b>
<b>Figura 42.</b> Generando los golpes en el equipo de Casagrande para determinar de cuantos golpes se cierra la ranura que se generó con el acanalador .....	<b>141</b>
<b>Figura 43.</b> Realizando los rollos a la arcilla con ayuda de la palma de la mano .....	<b>141</b>
<b>Figura 44.</b> Tamizado del aserrín de pino para obtener el tamaño máximo deseado ...	<b>142</b>
<b>Figura 45.</b> Preparación del barro con la adición de aserrín de pino en la cantera del señor Tomas Cruzado .....	<b>142</b>
<b>Figura 46.</b> Molde para elaborar los ladrillos .....	<b>143</b>
<b>Figura 47.</b> Colocación del papel periódico en la base del molde y colocación y compactación del barro dentro del molde .....	<b>143</b>
<b>Figura 48.</b> Moldeo de las unidades de albañilería .....	<b>144</b>
<b>Figura 49.</b> Apilamiento en hileras .....	<b>144</b>
<b>Figura 50.</b> Horno cargado de ladrillos para la cocción .....	<b>145</b>
<b>Figura 51.</b> Boquillas del horno donde se nota que ya no existe carbón, momento de enfriamiento de las unidades .....	<b>145</b>
<b>Figura 52.</b> Descarga de los ladrillos desde el horno .....	<b>146</b>
<b>Figura 53.</b> Determinación de la concavidad o convexidad del borde del ladrillo .....	<b>146</b>
<b>Figura 54.</b> Toma de las medidas del ladrillo largo, ancho y alto .....	<b>147</b>
<b>Figura 55.</b> Peso de las muestras con y sin porcentajes de aserrín de pino sumergidas en el agua .....	<b>147</b>
<b>Figura 56.</b> Secado de las unidades de albañilería en el horno .....	<b>148</b>
<b>Figura 57.</b> Pesos de las unidades después de ser extraídas del horno .....	<b>148</b>
<b>Figura 58.</b> Determinación del peso de los ladrillos .....	<b>149</b>
<b>Figura 59.</b> Generación de la carga para las unidades en la maquina compresora .....	<b>149</b>

<b>Figura 60.</b> Selección de las muestras con los porcentajes de aserrín para asentar las pilas y muretes .....	<b>150</b>
<b>Figura 61.</b> Preparación del mortero con arena fina y cemento portland Tipo I .....	<b>150</b>
<b>Figura 62.</b> Asentado de las pilas con y sin porcentajes de aserrín de pino y verificando que estén bien plomadas .....	<b>151</b>
<b>Figura 63.</b> Colocación de las pilas en la maquina compresora y generándola su respectiva carga .....	<b>151</b>
<b>Figura 64.</b> Murete de ladrillos de 7 hiladas de 2.5 unidades con junta horizontal y vertical de 1.5 cm .....	<b>152</b>
<b>Figura 65.</b> Realización del ensayo de resistencia diagonal, donde podemos notar la falla que se produce comúnmente .....	<b>152</b>

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

<b>Fórmula 1.</b> Para calcular la variación dimensional .....	<b>38</b>
<b>Fórmula 2.</b> Para calcular la resistencia a la compresión en unidades .....	<b>39</b>
<b>Fórmula 3.</b> Para calcular la resistencia a la compresión axial en pilas .....	<b>41</b>
<b>Fórmula 4.</b> Para calcular la resistencia a compresión diagonal en muretes .....	<b>43</b>
<b>Fórmula 5.</b> Para calcular el área bruta de la muestra .....	<b>43</b>
<b>Fórmula 6.</b> Para calcular la succión de las unidades .....	<b>45</b>
<b>Fórmula 7.</b> Para calcular la absorción en porcentaje de las unidades .....	<b>46</b>
<b>Fórmula 8.</b> Para determinar el módulo de fineza del agregado .....	<b>68</b>
<b>Fórmula 9.</b> Para calcular el Coeficiente de Uniformidad de Allen Hazen .....	<b>109</b>
<b>Fórmula 10.</b> Para calcular el Coeficiente de Curvatura de Allen Hazen .....	<b>109</b>

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo evaluar el ladrillo artesanal de arcilla adicionando aserrín de pino con fines estructurales en la ciudad de Bambamarca. Para esto se evaluó las propiedades físicas y se clasificó a la arena y arcilla. El procedimiento en la elaboración se realizó de forma experimental adicionando porcentajes de 0%, 3%, 5%, 10% y 15% de aserrín de pino. Se evaluó las propiedades de acuerdo a la norma E.070, para los ensayos de alabeo, variación dimensional, absorción y resistencia en pilas si cumplió con todos los porcentajes adicionados, lo que no ocurrió con el ensayo de resistencia a la compresión, que únicamente cumplió con 0%, 3%, 5% y 10%, clasificándose como ladrillo de tipo I, y resistencia en muretes cumplió solo con los porcentajes de 0%, 3% y 5%, con los resultados obtenidos concluimos que al adicionar porcentajes de aserrín de pino disminuye la resistencia de los ladrillos, porque no supera la resistencia de la muestra patrón.

**Palabras clave:** Ladrillo artesanal, arcilla, aserrín de pino, variación dimensional, alabeo, resistencia a compresión, resistencia en pilas y resistencia en muretes.

## ABSTRACT

This project aims to evaluate artisan clay brick by adding pine sawdust for structural purposes in the city of Bambamarca. For this, the physical properties were evaluated and the sand and clay were classified. The procedure in the elaboration was carried out in an experimental way adding percentages of 0%, 3%, 5%, 10% and 15% of pine sawdust. The properties were evaluated according to the E.070 standard, for the warping, dimensional variation, absorption and resistance tests in piles if it complied with all the added percentages, which did not happen with the compressive resistance test, which only it complied with 0%, 3%, 5% and 10%, being classified as type I brick, and resistance in low walls it only complied with the percentages of 0%, 3% and 5%, with the results obtained we conclude that by adding percentages of sawdust of pine decreases the resistance of the bricks, because it does not exceed the resistance of the standard sample.

**Key words:** Artisan brick, clay, pine sawdust, dimensional variation, warping, compressive strength, resistance in piles and resistance in low walls.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### **1.1. Planteamiento del problema**

El ladrillo para sus construcciones en todo el mundo lo eligieron porque es un material de construcción, históricamente es considerado como adobe proveniente de la palabra egipcia “ladrillo de barro crudo”, conformado y elaborado por arcilla; como primeras edificaciones para vivienda están las de Mesopotamia en el siglo IX A.C. indica que sus casas estaban hechas de tapial (mezcla de arcilla, tierra y componentes aglutinantes) con particularidades prehistóricas (Blanco, 2018).

Para hacer sus estructuras el ser humano utilizó la arcilla por ser el material más accesible. Para edificar su vivienda inicialmente apilaba roca natural, seguidamente las unía con mortero de barro y le colocaba techo de madera rolliza, protegida con una capa gruesa de paja. Donde no había roca, el ser humano encontró que podía suplir la roca con tierra húmeda, darle forma a mano y secarlas al sol. De esta forma había inventado el adobe y luego hizo el molde. Con el pasar del tiempo encontró un material nuevo y más duradero, el ladrillo; debido a que este se fabricaba de arcilla y agua posteriormente se llevaba al horno para su cocción.

El progreso del sector construcción en los últimos años ha impulsado de manera considerable el incremento de la industria del ladrillo, logrando una producción bastante variada y averiguación de materiales que aporten superiores propiedades mecánicas a las unidades de albañilería. Averiguaciones llevadas a cabo han concluido que para lograr ladrillos más resistentes se necesita añadir distintas materias orgánicas; aserrín, estiércol, cáscara de arroz, cascarilla de algodón, o carbonilla, se encuentran entre los frecuentemente utilizados, llamándolos “liga”, porque son la parte ligante de la mezcla.

Las riquezas naturales han construido constantemente las primordiales fuentes de economía para el desarrollo de un territorio. En la actualidad hemos alcanzado un valioso avance tecnológico, trayendo como resultado una apresurada explotación de dichos recursos. Entre las riquezas de la naturaleza tenemos los desechos forestales compuestos por residuos de maderería, de plantaciones y de ebanisterías. Como residuo forestal más importante tenemos al aserrín, pero su acumulación puede tener efectos negativos en el medio ambiente (Quintero & Serret, 2016, pág. 2).

Actualmente el empleo de los productos derivados de los bosques posee un bajo nivel de aprovechamiento. Las virutas, despuntes, aserrín, y demás, son depositados en inmensas montañas o son calcinadas en calderas, no generando más beneficio adicional o conseguir una eficiencia energética más grande (Martínez & García , 2014, pág. 3).

La polución del medio ambiente que ocasionan los desechos de plásticos y forestales resultan más notables hoy en día, éstos últimos todavía más alarmantes, debido a que son no degradables, por lo que tienen una larga duración al aire libre ocasionando perjuicios al entorno y a la sanidad pública. Los componentes dúctiles, usados en cada una de las superficies de consumo, son, probablemente, los que con más holgura se convierten en artículos fabricados direccionados a cortos períodos de uso (ejemplo: embalaje). Como resultado, a diario es más grande la proporción de desperdicios de estas materias, generando inconvenientes al ambiente y un desperdicio incongruente de bienes. Estas causas son fundamento apto para recobrar y reutilizar, de algún modo, los residuos de plástico (Martínez & García , 2014, pág. 3).

Actualmente existe un enorme conjunto de empresas cuya dificultad no es crear sustancias tóxicas o enormemente dañinas, pero la magnitud de sus desperdicios, sobre todo sólidos, es bastante enorme. En la categorización de residuos sólidos, poseemos los residuos peligrosos, residuos no peligrosos y residuos municipales. Se estima que, de las

524,685 toneladas de residuos sólidos producidos a diario en nuestro estado, 464,500 son residuos industriales, de los cuales 14,500 son residuos peligrosos y los restantes 450,000, son residuos no peligrosos; o sea, los residuos no peligrosos abarcan alrededor del 85% de los desechos que se crean a diario, así como el 97% de los desechos industriales totales. La dificultad que muestra este último tipo de desecho es el campo que emplean sin ofrecer ningún beneficio (Monroy, 1999, pág. 6).

El aserrín creado en la industria maderera en casi todas las naciones se considera como un desecho del sector forestal, quien es habilitado al medio, transformándose en un riguroso origen de polución que perjudica a las aguas subterráneas y a los establecimientos poblacionales localizados en el ámbito donde se asierra (Concepción, 2016, pág. 1).

En Perú la mayoría de las construcciones están hechas en albañilería confinada porque son más económicas y por utilizar menos espacio en las paredes en relación a las construcciones rústicas de adobe o tapial, en cada una de las regiones peruanas, las paredes de albañilería reforzada son fabricadas con unidades hechas en nuestra zona siendo desarrolladas tradicionalmente y de manera artesanal. Pese al abundante uso, no existe en la actualidad ninguna referencia específica en cuanto a las propiedades estructurales de estos ladrillos de construcción y el funcionamiento de la estructura con este sistema.

Gran proporción de ladrillo que se produce en Perú está compuesta de arcilla, su uso mayormente es en la edificación de casas, proyectos públicos y particulares, llevan un procedimiento manual. A pesar de que su producción se da en gran cantidad, sus acciones se exponen con herramientas mínimas, de los cuales la mayor parte de fabricantes no llevan un control de calidad en su elaboración porque no conocen el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) (Blanco, 2018, págs. 16 - 17).

Las ladrilleras artesanales únicamente se ocupan en elaborar las unidades sin tener en cuenta sus características físicas y mecánicas, viendo que es un factor fundamental la necesidad que hay para elaborar el ladrillo artesanal, en nuestro país se redactó el RNE (norma E 070) a fin de asegurar la excelencia de las unidades y normalizar la calidad de materia usada en la elaboración de ladrillos artesanales.

Las fábricas de ladrillo artesanal que se localizan en el caserío el Frutillo Bajo, pese a que poseen varios años en la fabricación de estas unidades no logran innovar para mejorar su producción. Este producto artesanal no es un producto exclusivo de mayor valor, sino que es un producto de bajo valor. Por su manera de producir no lograron mejorar sus productos lo cual aparece en la baja calidad del producto con costos que no acceden a la mejora de su grado de producción empresarial.

En las comunidades cercanas a la ciudad de Bambamarca se encuentra grandes cantidades de aserrín el cual es obtenido del aserradero de la madera especialmente el pino, este material ya no es utilizado y se encuentra desperdiciado en el lugar donde se asierra la madera, por este motivo es que tenemos el interés de utilizar este material para estabilizar la arcilla en la elaboración de ladrillos artesanales.

Para la problemática descrita en los textos anteriores sobre las deficiencias de sus características de los ladrillos elaborados artesanalmente, existe la necesidad de buscar novedosas materias orgánicas para añadir a la arcilla y así mejorar las condiciones de los ladrillos cocidos y viendo que es de mucha importancia cumplir con el RNE, pues como es de entendimiento que la mayor parte de las casas en la ciudad de Bambamarca y provincias aledañas están construidas con éstos ladrillos artesanales, por el bajo costo de producción y por la cercanía a la obra; aun cuando estos no sean los más apropiados.

No solo es en Bambamarca donde se muestra irregularidades, igualmente se encuentra edificaciones en todo el país: las irregularidades de las ladrilleras artesanales de nuestra provincia en su mayoría necesitan de conocimientos responsables en cuanto al proceso de producción, comercialización y administración. Para el proceso del ladrillo, en casi todas las ladrilleras participan madres e hijos, lo que nos hace comprender la carencia de excelencia en la producción de unidades que se elaboran de forma artesanal (Blanco, 2018, pág. 18).

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son los resultados de la evaluación del ladrillo artesanal de arcilla adicionando aserrín de pino con fines estructurales, Bambamarca, 2019?

## **1.3. Justificación e importancia**

Este proyecto de tesis se realizó porque no existe ninguna investigación en cuanto al estudio físico y mecánico de la albañilería convencional fabricado en el Frutillo Bajo de la ciudad de Bambamarca, específicamente en la ladrillera del señor Tomas Cruzado Manosalva, lugar donde se vio por conveniente evaluar las unidades.

### **Justificación técnica.**

Los resultados de cada muestra evaluada nos sirvieron para determinar su desempeño estructural en unidades, así como en prismas de albañilería y las restricciones que puedan tener, lo que nos servirá como sustento para esta investigación, del mismo modo para posteriores indagaciones. Para de esta manera extender las referencias en el entorno referente a la calidad de los ladrillos fabricados en el Frutillo Bajo – Bambamarca con los que se hacen construcciones de albañilería confinada en las Provincias de Hualgayoc y Chota.

### **Justificación científica.**

Esta investigación es importante porque contribuirá a originar conocimientos recientes en el campo de la construcción, con esto induciendo a los estudiantes, profesionales a una nueva búsqueda de conocimiento en unidades de albañilería y sus componentes como son las arcillas y otras materias orgánicas que se adicionen.

Los resultados de este análisis se van a poder utilizar como alusión en otras averiguaciones y además va a servir para que profesionales, maestros y organizaciones dedicadas al campo de la construcción tengan a su disposición la investigación realizada.

### **Justificación económica.**

Al evaluar el ladrillo convencional agregando aserrín de pino no demandó de un costo elevado, puesto que el aserrín de pino que usamos lo encontramos desperdiciado en el lugar que se asierra la madera, por otra parte, la arcilla es extraída de la cantera del señor Tomas que nos facilitó para la evaluación.

Además, este proyecto de investigación fue factible llevar a cabo porque el autor tuvo los medios necesarios para su ejecución, las pruebas relacionados con los agregados se realizó en un laboratorio particular de Chota, de la misma manera para los ensayos del ladrillo, ya no teniendo que estar viajando a otra ciudad, lo que nos favoreció en los gastos.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Evaluar los ladrillos artesanales de arcilla adicionando cantidades de 0%, 3%, 5%, 10% y 15% de aserrín de pino con fines estructurales en la ciudad de Bambamarca.

#### ***1.4.2. Objetivos específicos***

Determinar las propiedades físicas y clasificar a la arcilla y arena con el fin de conocer si son aptos para la elaboración de ladrillos artesanales.

Determinar el porcentaje experimental óptimo de aserrín de pino para la elaboración de ladrillo artesanal que cumpla con la norma E.070.

Analizar las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos artesanales de arcilla adicionando aserrín de pino con el propósito de conocer su resistencia estructural en unidades y en prismas de albañilería, según la norma E.070.

Comparar los ladrillos de arcilla adicionando aserrín de pino respecto a los ladrillos tradicionales producidos en el Frutillo a fin de conocer su costo de producción.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

González y Ponce en su revista “Uso de vidrio de desecho en la fabricación de ladrillos de arcilla” dicen que para su investigación se elaboraron y evaluaron unidades de arcilla utilizando vidrio reciclado en su estructura, alterando porcentajes de 0 a 15 % en peso, usaron sustancias del Municipio de México, Durango, Vicente Guerrero, las que fueron combinadas, uniformizadas y amasadas con agua, las unidades producidas se cocieron en hornos clásicos. Los ladrillos fueron analizados por los métodos de microscopía óptica y difracción de rayos X; además, se evaluó el índice de contracción lineal y calcularon su absorción de agua y resistencia mecánica. Según los resultados logrados, la incorporación de vidrio de 5 a 10 % incrementó la porosidad del ladrillo en relación a la combinación con 0 % de vidrio, lo cual causó menor resistencia mecánica y elevada absorción de agua. Por otro lado, la mezcla con 15 % de vidrio mostró una conformación más fuerte, una mejor resistencia a la compresión y una absorción de agua más baja en relación a las mezclas con 5 y 10 % de vidrio. Los ladrillos con 15 % de vidrio presentan empleo virtual como materiales constructivos, así lo indica la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2005 (González & Ponce, 2012, pág. 1).

Toda nación cuenta con su norma de albañilería, y es el caso de esta referencia, que cita a la norma mexicana, y ya que el estudio planteado hará uso de la normatividad peruana que servirá como un referente de contraste de dos normas latinoamericanas.

Monroy en su tesis “Integración de aserrín en la fabricación de bloques de concreto” indica que, una vez analizados los resultados de los ensayos, se contempló que la correspondencia aserrín - cemento más óptima fue la de 0 25 porque las unidades hechas con esta correspondencia presentaron una resistencia a la compresión de 45 kg/cm<sup>2</sup>. Cada una de las unidades satisficieron los límites mínimos de absorción de agua, además notó que la alteración en las relaciones de los agregados contribuye de manera significativa en las propiedades de los bloques, en especial en la resistencia, es decir que la distribución granulométrica es una variante fundamental en la fabricación de los bloques. Una vez examinadas los valores del ensayo nivel comercial notó que las desviaciones estándar eran más bajas a las de la muestra patrón, con exclusión del ensayo de absorción de agua, concluyendo que con uso de equipos industriales se controla mejor las variantes de elaboración del bloque mezclado, su compactación y tiempo de vibración. Además, es evidente el decrecimiento en cuanto a la resistencia del bloque con unión de aserrín, causado por la integración irregular del cemento encima del espacio no isotrópico de la madera y de la desigualdad de polaridades entre los demás materiales y la madera. Notó que los bloques que tienen aserrín son más livianos en un 20% y 10% comparado con los bloques con y sin aditivo, respectivamente. Además, vio que el aserrín disminuye la conductividad térmica, ya que los bloques con aserrín son menores en un 25% que las otras dos muestras (Monroy, 1999, pág. 10).

Este proyecto fue de gran ayuda para desarrollar mi tesis ya que tiene la misma variable dependiente que el presente proyecto, por lo que al finalizar el proyecto posiblemente para algunas propiedades se tenga resultados parecidos, especialmente en el peso, porque las resistencias en bloques y ladrillos no son iguales.

Martínez et ál en su artículo científico “Utilización de bagazo de la industria cervecera para la producción de ladrillos para construcción”, tuvieron como objetivo analizar los ladrillos elaborados a base de bagazo, subproducto de la industria cervecera, los ladrillos fueron fabricados adicionando porcentajes de 0; 2,5; 5; 7,5 y 10% de bagazo; llegando a concluir que al incorporar porcentajes ascendentes de bagazo a la arcilla, la porosidad abierta será mayor y la densidad aparente será menor, mejora las propiedades de aislamiento térmico, asimismo concluyen que con la adición del residuo, la resistencia a la compresión de los ladrillos cocidos disminuye, aunque los resultados son mayores a los que se exige en la norma UNE. La proporción de bagazo que recomiendan para elaborar unidades de mejores características es del 2,5% en peso cocidos a 950 °C por un tiempo de 1 hora (Martínez et ál, 2012, pág. 13).

Esta investigación resulta de gran interés para el desarrollo del presente proyecto, porque utiliza residuos ligantes como adición a la arcilla para la producción de ladrillos artesanales, es lo que se pretende evaluar en mi proyecto con la adición en porcentajes de aserrín de pino para determinar si aumenta su resistencia estructural.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Ramírez en su tesis “Las propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz – 2016” indica que una vez evaluados y procesados los datos en el laboratorio obtuvo resultados permitidos y confiables, así de este modo llegó a sobrepasar la resistencia del ladrillo tipo I acercándose al ladrillo tipo II, en sus dimensiones existe una mínima variación, con respecto a la variación de sus dimensiones de la muestra patrón la dispersión es la siguiente: largo 0.21%, ancho 0.35% y alto 2.32%, referente al alabeo los especímenes no mostraron distorsión alguna para la concavidad y convexidad y en cuanto a la resistencia a compresión obtuvo como promedio 80.38

kg/cm<sup>2</sup> con una dispersión de resultados de 8.82% de la muestra patrón en relación a la muestra experimentada que posee una resistencia a compresión promedio de 69.67 kg/cm<sup>2</sup> con una dispersión de resultados de 6.11% entre ambos teniendo una desigualdad de 10.71 kg/cm<sup>2</sup> (Ramirez, 2018, pág. 4).

Esta tesis es de gran importancia para desarrollar mi proyecto porque hace uso del mismo material de adición (aserrín) con la diferencia de que se mezclara con arcilla y cemento, asimismo es una referencia desarrollada con la finalidad de estimar el ladrillo para ser utilizados en muros portantes, en el caso nuestro se plantea evaluar los ladrillos solo de arcilla con fines estructurales.

Rojas en su tesis “Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017” obtuvo las siguientes conclusiones: para las propiedades mecánicas con porcentajes de 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico obtuvo las siguientes resistencias: 98.93 Kg/cm<sup>2</sup>, 113.40 Kg/cm<sup>2</sup> y 135.70 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Así también dentro de las propiedades físicas para la prueba de variación dimensional obtuvo los siguientes resultados: con el 5% un largo de 0.73%, un ancho de 1.08%, y una altura de 2.39%, con el 10% un largo de 0.77%, un ancho de 1.43% y una altura de 1.90% y con el 15% una largo de 0.70%, un ancho de 1.44%, y una altura de 1.93%. Del mismo modo para el ensayo de absorción obtuvo los siguientes porcentajes con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: 12.19%, 11.24% y 9.59% respectivamente. Por último, para el ensayo de alabeo obtuvo los siguientes resultados con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: cóncavo de 0.60 mm y convexo de 0.65 mm, cóncavo de 0.55 mm y convexo de 0.50 mm, cóncavo de 0.45 mm y convexo de 0.60 mm respectivamente (Rojas, 2017).

Esta tesis contribuirá para el desarrollo de mi investigación ya que se evaluó de manera comparativa a las propiedades del ladrillo convencional con el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico, para nuestro caso se evaluará de manera similar, solo que adicionando aserrín de pino.

Olave en su tesis “Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente” tuvo como objetivo determinar cómo influye este residuo en las propiedades de resistencia y en la variación de las medidas de la albañilería de arcilla cocida elaboradas manualmente, el barro fue preparado con adición de porcentajes de 0%, 3%, 5% y 7% de aserrín, llegando a concluir que la resistencia tenía una tendencia a la baja conforme se incrementaba los porcentajes adicionados de aserrín. La proporción de aserrín que nos recomienda es de 3% porque esta se alcanza una resistencia a la compresión de 61.41 daN/cm<sup>2</sup> más próximo a la muestra patrón (0% de aserrín, 61.54 daN/cm<sup>2</sup>) y no perjudica a las medidas finales de las unidades (Olave, 2017, pág. 44).

Este antecedente resulta de gran interés, pues ella incita a que en el proyecto de tesis que se quiere ejecutar con aserrín de pino como adición para la producción de ladrillos artesanales, para alcanzar las propiedades físicas y mecánicas de acuerdo a la norma y se pueda utilizar en construcciones de albañilería confinada.

### ***2.1.3. Antecedentes regionales***

Ruiz en su tesis “Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015” menciona que en su estudio elaboró unidades artesanales de arcilla con ausencia y presencia de diversas cantidades de vidrio. Evaluó el alabeo, apariencias visuales, variación dimensional, resistencia a la compresión, porcentaje de absorción y succión. Determinó que las unidades de arcilla sin adición de vidrio triturado tienen una resistencia a compresión de

91.64 Kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, adicionando 10% de vidrio triturado logró la resistencia mayor, la cual fue de 97.74 Kg/cm<sup>2</sup>; con esto pudo concluir que el vidrio triturado si aumenta la resistencia a compresión de las unidades (Ruiz, 2015, pág. 10).

Esta tesis es de interés porque se evaluó casi las mismas propiedades que las que se plantean determinar en este proyecto para llegar a clasificar al ladrillo de acuerdo a sus fines estructurales, y poder encontrar nuevos materiales alternativos para la fabricación de ladrillo.

Limay y Vásquez en su tesis “Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (*Stipa ichu*)” indican que referente a la resistencia a compresión lograron los siguientes resultados: con la muestra patrón 21.55 kg/cm<sup>2</sup>, con adición de 5% de ichu 33.13 kg/cm<sup>2</sup>, con adición de 10% de ichu 33.60 kg/cm<sup>2</sup>, con adición de 15% de ichu 51.73 kg/cm<sup>2</sup> y con adición de 20% de ichu 35.89 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo lo siguiente: que cuando se adiciona ichu en la fabricación de las unidades de arcilla aumenta la resistencia a compresión de los ladrillos evaluados, superando a la muestra patrón, obteniendo con adición de 15% de ichu en volumen la resistencia más alta, el cual fue de un 140.05% y para los demás porcentajes como se indica: con adición de 5% de ichu se aumentó un 53.74%, con adición de 10% de ichu se aumentó un 55.92% y con adición de 20% de ichu se aumentó un 66.54%, tomando como aprobada la hipótesis propuesta (Limay & Vásquez, 2019, pág. 11).

Cada materia prima que se adiciona al ladrillo artesanal de arcilla hace variar de una y otra manera a sus propiedades, por eso es que esta tesis nos servirá para comparar con los resultados que obtendremos en nuestro proyecto al adicionar aserrín de pino.

Cruzado en su tesis “Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca”, tenía como finalidad evaluar las características físicas y mecánicas de las unidades elaboradas manualmente y clasificarlo de acuerdo a la norma E-070, se muestreo en nueve ladrilleras artesanales, tomó como muestra 60 unidades de cada fábrica para ensayar en unidades y en prismas, obteniendo los siguientes resultados; para la variación dimensional algunas fábricas clasifican como tipo IV y otras como tipo V, de acuerdo al alabeo lograron clasificar como tipo V (alabeo máximo 2 mm), obteniendo como alabeo más bajo: cóncavo = 0.50 mm y convexo = 0.25 mm, según la resistencia a la compresión, algunas fábricas clasificaron como tipo I y otras como tipo II (tipo I  $f'_{b} = 50 \text{ kg/cm}^2$  y tipo II  $f'_{b} = 70 \text{ kg/cm}^2$ ), obteniéndose como mayor resistencia  $f'_{b} = 86.65 \text{ kg/cm}^2$ , para la absorción si están por debajo del 22% que indica la norma, obteniéndose como absorción mínima 13.27%, según la resistencia a compresión en pilas, algunas fábricas cumplen con la norma y otras no ( $f'_{m} = 35 \text{ kg/cm}^2$ ), obteniéndose como mayor resistencia en pilas  $f'_{m} = 46.64 \text{ kg/cm}^2$ , según la resistencia a corte en muretes, los ladrillos de las fabricas evaluadas no cumplen con lo sugerido en la norma E-070 ( $v'_{m} = 5.1 \text{ kg/cm}^2$ ), la resistencia más cercana fue de  $v'_{m} = 4.98 \text{ kg/cm}^2$  (Cruzado, 2017, págs. 83, 84).

Esta investigación es de gran importancia, pues contribuirá para el desarrollo de mi investigación, puesto que al ladrillo se evalúa sus propiedades físicas y mecánicas, hasta encontrar su solidez en prismas de albañilería, aunque en este antecedente no utilizan ningún desecho como ligante, pero nos es de utilidad para comparar con nuestra muestra patrón.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. El ladrillo**

#### **2.2.1.1. Definición**

Son denominados ladrillos a aquellas unidades que tanto su medida como su peso nos facilita para su manipulación con una sola mano. Son denominados bloques a aquellas unidades que tanto por su medida como por su peso se necesita de ambas manos para ser manipulados (RNE E.070, 2006, pág. 301).

Estos ladrillos se caracterizan por su tamaño (especialmente ancho) y peso para que puedan ser manipulados con una sola mano durante el montaje. Un ladrillo convencional es una pieza pequeña, generalmente de no más de 10 a 12 cm de ancho y no más de 4 kilogramos de peso (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 67).

Son unidades de albañilería elaboradas de materia arcillosa, pizarra arcillosa, u otras materias terrosas naturales parecidas, moldeadas, prensadas o extruidas y tratadas térmicamente (quemadas) a altas temperaturas (RNE E.070, 2006, pág. 301).

#### **2.2.1.2. Características de los Ladrillos**

Según Arkiplus los ladrillos deben tener las siguientes características:

Los ladrillos deben ser homogéneos en coloración, forma y tamaño. El tamaño común debe conservarse.

Deben ser resistentes y consistentes.

Deben permanecer sin fisuras y otras imperfecciones, como burbujas, rocas, etc., con bordes cuadrados afilados.

Cuando el ladrillo se sumerge al agua a lo largo de 24 horas (15% a 20% del peso seco), su absorción de agua no debe exceder 1/5 de su propio peso.

La resistencia a la compresión debe encontrarse entre 2000 a 5000 psi (15 a 35 MPa).

El ladrillo debe tener volumen estable cuando se encuentre mojado.

En términos generales, el peso de cada ladrillo debe ser de 6 libras.

El ladrillo debe tener baja conductividad térmica, porque los edificios construidos con ellos son mejores para ser frescos en verano y cálidos en invierno.

Deben ser a prueba de sonido.

Deben ser incombustibles y no combustibles.

No deben tener manchas de arcilla.

El grosor de los ladrillos suele ser de 4 a 27 cm, según su finalidad. Se pueden presentar en forma de bloques sólidos y macizos, inflables o con perforaciones para cambiar su resistencia, peso y características de uso.

### **2.2.1.3. *Propiedades de los Ladrillos***

Los ladrillos deben cumplir con diversas propiedades, estas están relacionadas con el resultado final de la mampostería.

Están divididas en dos clases superiores:

#### **A. *Propiedades físicas relacionadas a la estética del material***

**Color:** Esto dependerá especialmente de que esté compuesto las materias primas y además de la magnitud de la combustión. De cada uno de los óxidos generalmente descubiertos en la arcilla, el hierro presenta un impacto más grande referente al color.

**Textura:** Esta referido al resultado que muestra el ladrillo en su forma o superficie debido al método de fabricación.

#### **B. *Propiedades ingenieriles***

Según Gallegos y Casabonne (2005) tenemos:

*a. Relacionadas con la resistencia estructural:*

Resistencia a la compresión: Es una propiedad mecánica que experimenta la unidad y le permite aguantar carga por aplastamiento.

Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, principalmente, la variabilidad de la altura del ladrillo.

Alabeos, evaluados según su concavidad o convexidad en la superficie inferior.

Succión o velocidad inicial de absorción en la superficie inferior.

*b. Relacionadas con la durabilidad*

**Absorción:** Es la propiedad física que está relacionada con la técnica para conservar agua en condición líquida.

**Resistencia a la congelación:** Es la competencia que tienen las unidades para sostener el frío manteniendo sus características ni padecer roturas.

**Resistencia al fuego:** Es la propiedad física que padecen las unidades basada en resistir el calor sin padecer fracturas.

**Aislamiento térmico:** Es la propiedad física de las unidades que tienen baja conductividad térmica, porque no consiente el traspaso de calor.

#### 2.2.1.4. *Clasificación de los Ladrillos*

**Tabla 1**

*Clasificación de los ladrillos*

<b>TIPO</b>	<b>PROPIEDADES</b>
<b>I</b>	Tienen durabilidad y resistencia muy baja. Es adecuado para la estructura de mampostería bajo los requisitos mínimos.
<b>II</b>	Tienen durabilidad y resistencia baja. Adecuado para estructuras de mampostería en situaciones de uso medio.
<b>III</b>	Tienen durabilidad y resistencia promedio. Adecuado para estructuras de mampostería de empleo frecuente.
<b>IV</b>	Tienen elevada durabilidad y resistencia. Es adecuado para estructuras de mampostería en situaciones de uso severo.
<b>V</b>	Tienen durabilidad y resistencia muy elevada. Es adecuado para estructuras de mampostería en situaciones especialmente severas.

FUENTE: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

#### 2.2.1.5. *Normatividad*

En el RNE norma E.070 está establecido las disposiciones y las condiciones mínimas para la investigación, la delineación, los instrumentos, la fabricación, la gestión de calidad y la vigilancia de las construcciones de mampostería establecidas sobre todo para muros confinados y muros armados.

##### **A. *Características generales***

Es denominado ladrillo a aquellas unidades que por su medida y su peso nos facilitan para su manipulación con una sola mano.

Estos ladrillos pueden ser producidos artesanalmente o industrialmente y pueden ser de tipo sólidos, huecos, alveolares o tubulares.

## B. Clasificación para fines estructurales

**Tabla 2**

*Clasificación de los ladrillos según las siguientes características*

<b>CLASES DE LOS LADRILLOS PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
<b>CLASE</b>	<b>VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN</b> (máxima en porcentaje)			<b>ALABEO</b> (Máximo en mm)	<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN <math>f_b</math></b> mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	<b>Hasta 100 mm</b>	<b>Hasta 150 mm</b>	<b>Más de 150 mm</b>		
LADRILLO I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
LADRILLO II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
LADRILLO III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
LADRILLO IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
LADRILLO V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
BLOQUE P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
BLOQUE P (2)	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

FUENTE: RNE E.070 2006

(1) Bloques empleados para la fabricación de muros portantes.

(2) Bloques empleados para la fabricación de muros no portantes.

### a. Pruebas en Unidades

**Variación Dimensional.** Para determinar su variación de dimensiones, se llevará a cabo según el método señalado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

Como formula para determinar la variacion dimensional de los ladrillos tenemos la siguiente expresión:

$$V = \frac{DE-MP}{DE} * 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 1}$$

Dónde:

V = Variación de dimensión (%).

DE = Medida detallada (cm).

MP = Medida promedio en cada dimensión (cm).

**Alabeo.** Para determinar el alabeo, se realizará según el método señalado en la Norma NTP 399.613.

**Resistencia a la Compresión.** Para la determinación se realizará todos los estudios de laboratorio que corresponden, según como se establece en las Normas NTP 399.613 y 339.604.

La resistencia característica a compresión de los ladrillos ( $f'b$ ) será la diferencia entre valor promedio del espécimen y una desviación típica.

La resistencia a la compresión ( $f'b$ ) está determinada por la siguiente ecuación:

$$f'b = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots \text{Fórmula 2}$$

Donde:

Pu: Carga aplicada

A: Superficie del ladrillo

Según el RNE (2006) las unidades artesanales se agrupan en cuatro tipos:

**Tipo 21:** Se utiliza donde se requiere una alta resistencia a la compresión y resistencia a la introducción de humedad y al frío severo.

**Tipo 17:** Es adecuado para fines generales que requieren una resistencia a la compresión medida, resistencia al frío y a la introducción de la humedad.

**Tipo 14:** Es apropiado para fines generales que requieren una resistencia a la compresión medida.

**Tipo 10:** Es apropiado para fines generales que requieren una resistencia a la compresión medida.

**b. Resistencia de Prismas de Albañilería**

Para realizar estas pruebas se utilizará muestras denominadas pilas y muretes, construidas con unidades de mampostería. Estos especímenes tienen las mismas características y propiedades, con las que son construidas los muros confinados que soportan carga.

A través de los ensayos vamos a conseguir datos que nos permitan obtener las resistencias a compresión axial  $f'm$  (pilas) y a corte  $V'm$  (muretes), esto se realizará de manera experimental (valiéndose de tablas o apuntes importantes de resistencia de la albañilería) o a través de ensayos en prismas, según el valor de la construcción y a la zona sísmica donde se ubique.

**Tabla 3**

*Procedimientos para resolver  $f'm$  y  $V'm$*

<b>MÉTODOS PARA DETERMINAR <math>f'm</math> Y <math>V'm</math></b>									
<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA</b>	<b>EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS</b>			<b>EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS</b>			<b>EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS</b>		
	<b>Zona Sísmica</b>			<b>Zona Sísmica</b>			<b>Zona Sísmica</b>		
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>(<math>f'm</math>)</b>	A	A	A	B	B	A	B	B	B
<b>(<math>V'm</math>)</b>	A	A	A	B	A	A	B	B	A

FUENTE: RNE E.070 2006

A: Conseguida de forma experimental percibiendo la cualidad de la unidad y de la mezcla.

B: Obtenidas de las pruebas a compresión axial en pilas y de corte diagonal en muretes por medio de pruebas de laboratorio conforme a lo expresado en las NTP 399.605 y 399.621.

### ***Ensayo de resistencia a compresión axial en pilas***

La resistencia axial en pilas  $f'm$  se define como el peso axial máximo entre la superficie de la parte diagonal. Es una propiedad fundamental de los ladrillos, resultados elevados muestran una excelente cualidad para fines estructurales y de exposición; sin embargo, resultados menores, muestran baja resistencia y baja duración. La resistencia a la compresión  $f'm$  está determinado por la fórmula siguiente.

$$f'm = C * \frac{P_{m\acute{a}x}}{\text{Área Bruta}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 3}$$

Donde:

$f'm$ : Resistencia a compresión axial.

$P_{m\acute{a}x}$ : Peso máximo de fractura.

Área bruta: Área bruta de la parte diagonal.

Donde C es un coeficiente de corrección por esbeltez.

**Tabla 4**

*Factores de corrección de la resistencia a compresión axial en pilas*

<b>FACTORES DE CORRECCIÓN DE <math>f'm</math> POR ESBELTEZ</b>						
<b>Esbeltez</b>	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
<b>Factor</b>	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

FUENTE: RNE E.070 2006

Las muestras estarán acopiadas a una temperatura mayor de 10°C por un período de 28 días. Las muestras se ensayarán a un período superior a los 14 días y a menor período que la nominal de 28 días; en esta situación, la resistencia característica se alcanzará sumándola los coeficientes que se presentan a continuación.

**Tabla 5**

*Incremento de resistencia a compresión axial y al corte por edad en pilas y muretes.*

<b>INCREMENTO DE <math>f'm</math> y <math>V'm</math> POR EDAD</b>			
	<b>Edad</b>	<b>14 días</b>	<b>21 días</b>
<b>Muretes</b>	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
<b>Pilas</b>	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1.10	1.00

FUENTE: RNE E.070 2006

Las pilas son especímenes de mampostería compuestas por no menos de dos hiladas de ladrillos, se encuentran adheridas entre sí con una junta horizontal de mortero. Son fabricadas con el fin de que al ser sometidos al ensayo de compresión axial por medio de artefactos mecánicos, se obtengan datos que nos posibilite establecer la resistencia a compresión axial ( $f'm$ ) y el módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_m$ ) (Alarcón , 2017, págs. 84 - 85).

**Figura 1**

*Pilas de albañilería*



FUENTE: Alarcón, 2017

## *Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes*

### *Esfuerzo Cortante*

$$V'm = \frac{0.707*P}{Ab} \dots\dots\dots \text{Fórmula 4}$$

Donde:

V'm: Esfuerzo cortante sobre el área bruta, en Mpa

P: Carga aplicada, en N.

Ab: Área bruta de la muestra, en mm<sup>2</sup>.

### *Área Bruta*

$$Ab = \frac{L+H}{2} * t \dots\dots\dots \text{Fórmula 5}$$

Donde:

L: Largo del murete, en mm

H: Altura del murete, en mm

t: Espesor total del murete, en mm.

Este experimento se basa en formar un muro graduado con las unidades a estudiar, por medio de ensayos mecánicos serán sometidos a ciertas cargas diagonales para lograr calcular de manera más exacta la resistencia al corte diagonal V'm.

### **Figura 2**

*Muretes con ladrillos de arcilla*



FUENTE: Alarcón, 2017

### ***Posibles formas de falla***

Luego de someterlos a los ensayos podremos notar las diversas maneras que el murete tiende a fallar, existen muchas agentes que influyen en la manera que falla un murete: calidad del mortero para la junta de la albañilería, capacidad de los artesanos, condición de los ladrillos convencionales, etc. (Alarcón , 2017, pág. 93).

Las fallas más comunes son:

Falla por tracción diagonal.

Falla escalonada en murete.

Deslizamiento (cizalle).

Trituración local.

### **Figura 3**

*Colocación del murete para el ensayo de corte*



FUENTE: Laboratorios UNI LEM Ramírez, 2018

### ***Características del mortero de asentamiento para pilas y muretes***

La mezcla estará conformada por la unión de fragmentos de cemento y agregado fino, a éstos se agregará cantidades de agua que otorgue trabajabilidad a la mezcla, adherente y sin disgregación de los compuestos. En la fabricación de las muestras se

utilizó una mezcla de 1:5 con junta de 1.5 centímetros de espesor. Se verificó que las muestras estén bien plomadas por sus 4 lados.

Los componentes aglomerantes de la mezcla pueden ser:

Cemento Portland tipo I y II.

La arena será de origen natural, exenta de sustancias orgánicas y sales.

El agua será potable y exenta de materias venenosas.

### ***C. Clasificación para fines no estructurales***

**a. Succión.** Se considera una propiedad importante para los ladrillos de arcilla cocida, ya que una succión exagerada no permitirá una unión adecuada entre mortero y ladrillo. Debido a que el ladrillo absorbe agua, le facilita al mortero se deforme y endurezca, lo cual no le permite alcanzar una conexión completa con la superficie principal del ladrillo. El resultado que se va a tener será un muro con baja e imperfecta adhesión de sus unidades, permitiendo conexiones poco resistentes y muros impregnables al agua.

El RNE con la norma E.070, sugiere que la succión al momento de asentado se encuentre contemplado entre 10 y 20 gr/min en un espacio de 200 cm<sup>2</sup>; de acuerdo con esta sugerencia es esencial en el transcurso de la construcción, que los ladrillos de arcilla sean humedecidos a lo largo de 30 minutos, entre 10 y 15 horas antes del asentado.

$$Succión \left( \frac{gr}{200cm^2} * min \right) = \frac{200*(Pm-Ps)}{A} \dots\dots\dots \text{Fórmula 6}$$

Donde:

A = Área de contacto.

Ps = Peso seco de la muestra

Pm = Peso de la muestra húmeda, después de la succión.

**b. Eflorescencia.** Determinada por la Norma 331.017, como la propiedad que posibilita establecer el tamaño del afloramiento y solidificación de las sales solubles que alcanza las unidades después de ser regadas; representándose frecuentemente en el aspecto de las paredes de mampostería; a pesar de eso la delitescencia no se considera una condición para clasificar a éstas unidades, sin embargo se aconseja llevarlo a cabo cuando se emplee en acabados de las unidades vistas o cuando el ladrillo este sometido a humedad profunda y persistente.

**c. Absorción.** Esta prueba se lleva a cabo con la finalidad de estimar la duración de las unidades. Si el ladrillo posee elevado porcentaje de absorción significa que éste será más poroso, pero tendrá menor resistencia al intemperismo.

La absorción máxima que se precisa en la Norma E.070 con respecto a las unidades de arcilla es de 22%.

Para que se lleve a cabo este ensayo, las muestras deben encontrarse secas. El porcentaje de absorción de cada muestra será obtenido como la correspondencia existente entre el peso del ladrillo saturado con agua a lo largo de 24 horas y su peso inicial multiplicado por 100.

$$Absorción = \frac{(W_s - W_d) * 100}{W_d} \dots\dots\dots \text{Fórmula 7}$$

Dónde:

Wd = Peso seco del espécimen.

Ws = Peso de la muestra saturada durante 24 horas.

Por último, determinamos el promedio de la absorción de todas las muestras ensayadas aproximándolo a 0,001 %.

#### **D. Limitaciones en su aplicación**

La utilización de los ladrillos va estar condicionado a lo que se indica en la Tabla 6. Las zonas sísmicas están señaladas en la norma E.030 del RNE; para las construcciones con unidades artesanales sólidas se deberá establecer requisitos mínimos que logre ser salvado con la ayuda de un informe y memoria de cálculo respaldada por un especialista.

**Tabla 6**

*Restricciones en el uso de los ladrillos*

<b>LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>			
<b>TIPO</b>	<b>ZONA SÍSMICA 2 Y 3</b>		<b>ZONA SÍSMICA 1</b>
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta dos pisos

FUENTE: RNE E.070, 2006

#### **E. Aceptación de la unidad**

Si el espécimen mostrase una variación de resultados superior al 20%, para ladrillos elaborados industrialmente, o 40 % para ladrillos elaboradas artesanalmente, se probará nuevo espécimen y de mantener dicha variación, esa parte será rechazada.

La absorción de las unidades a base de arcilla no debe estar por sobre el 22%.

Las partes laterales que corresponden al espacio de asentado tendrán como espesor mínimo 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.

En la superficie o dentro de la unidad de arcilla no habrá objetos extraños, como minerales, conchuelas o nódulos calcáreos.

El ladrillo de arcilla deberá encontrarse bien cocido, deberá tener una coloración homogénea y no debe presentar vitrificación. Al golpearlo con un martillo, u objeto semejante, ejercerá un ruido metálico.

Las unidades de arcilla no presentarán aberturas, fisuras, hendiduras, rasgaduras u otras deficiencias parecidas que releguen su resistencia o dureza.

#### **2.2.1.6. *Materia Prima***

##### **A. *La arcilla***

El material usado en la fabricación de ladrillos, es la arcilla, hallada en la tierra lo cual facilita su accesible y económica extracción (Chávez, 2017, pág. 20).

La arcilla contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados puesto que es un compuesto mineral terroso o pétreo. La arcilla es plástica una vez que se encuentra bien triturada y humedecida, es dura cuando se encuentra seca y es vidriosa después que se calcina a temperatura del orden de 1 000 °C (NTP 331.017, 1978).

De acuerdo con el postulado geológico se describe que el origen de la arcilla se produce por desintegración de las rocas madres o rocas básicas, como el granito o feldespato, éstos son descompuestos con el paso del tiempo por agentes atmosféricos, generándose los distintos tipos de arcilla conforme al nivel de descomposición hasta conseguir magnitudes inferiores a dos micras (0.002 mm) (Chávez, 2017, pág. 20).

##### **B. *Composición de la arcilla***

En condición normal, la arcilla está constituida de uno o, generalmente, diversas materias arcillosas. Esencialmente se conforma por silicatos de aluminio y materiales hidratados por la desintegración de las rocas con aluminio y silicatos (Del Río, 1975).

**Tabla 7***Composición química de la arcilla*

Componente	Corteza Terrestre (%)	Arcilla Roja Común (%)
SiO <sub>2</sub>	59.14	57.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.34	19.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.88	6.70
MgO	3.49	3.08
CaO	5.08	4.26
Na <sub>2</sub> O	3.84	2.38
K <sub>2</sub> O	3.13	2.03
H <sub>2</sub> O	1.15	3.45
TiO <sub>2</sub>	1.05	0.91

FUENTE: Rhodes, 1990

Según Del Busto (1991) la estructura y origen de las arcillas, deciden su empleo e importancia de éstas. De esta forma es que varios de sus elementos poseen predominio por encima de otras características.

El óxido férrico, así como el feldespato, reduce la temperatura de licuación, se porta como disolvente y además es un potente componente para dar color. Una pequeña cantidad de óxido férrico otorga un color intenso a la arcilla calcinada pero una enorme porción lo transforma en un material rojo o blanco si cuenta con 5% menos.

**C. Características físicas de la arcilla**

La estructura granulométrica es una variable muy importante, porque de ella dependerá el nivel de empacado de los gránulos y, por consiguiente, las características físicas y mecánicas de los componentes producidos con arcilla, como por ejemplo permeabilidad, resistencia a la flexión, porcentaje de absorción, etc. Las características físicas de la arcilla igualmente cambian, esto debido a que la dimensión de los granos de

arcilla varía bastante obedeciendo el tipo de arcilla al que se encuentre señalado (Rhodes, 1990).

Según la norma SUCS, el diámetro característico del grano para las arenas es de 4.75 mm a 0.075 mm y por debajo de 0.075 mm de diámetro para las arcillas (Barranzuela, 2014, pág. 16).

Existe gran cantidad de arcillas que tienen una alta cantidad de gránulos cuyo diámetro está por debajo de un micrón (0.001 mm). Estas partículas son de forma, plana alargada y delgada. La arcilla presenta una superficie aparente por unidad de volumen bastante enorme, por consecuencia de la mezcla de tamaño de sus fragmentos y su forma.

La dimensión extremadamente reducida de los fragmentos de arcilla es generada por descomposición de las rocas por la fricción entre los fragmentos de la roca. Sin embargo, en conjugación con los gránulos pequeños de varias arcillas se hallan combinados partículas con dimensiones más grandes. Estos gránulos de dimensiones más grandes pueden ser feldespato inalterado, cuarzo o cualquier otro mineral sumado a la arcilla por resultado del traslado o mientras se da la sedimentación (Barranzuela, 2014, pág. 16).

#### ***D. Propiedades de las arcillas***

De acuerdo con la ONU (1970) las propiedades de las arcillas están establecidas de acuerdo a su historia geológica, en especial por la forma como fue compuesto el yacimiento.

Para una comprensión correcta del desempeño de las arcillas empleadas en la estructuración de la mezcla para ladrillos, seguidamente, se precisan algunas propiedades principales de la arcilla.

##### ***a. Plasticidad***

Ésta es su propiedad fundamental que hacen a las arcillas ser el material apropiado para la elaboración de ladrillos y que hace alusión a la destreza que poseen las arcillas, en

unión de determinada porción de agua, de conservar casi cualquier forma que se le dé (Mamani, 2015, pág. 15).

Es una propiedad importante de la arcilla, para que la arcilla presente plasticidad, esta no debe encontrarse seca. Se considera plástica a la arcilla cuando muestra posibilidades de alteración y ser formada sin presencia absoluta de fisuras, si las arcillas no contienen agua no poseen plasticidad (Guerra, 2017, pág. 20).

La razón de que los fragmentos de arcilla se ligen unas con otras fue fundamento de varios estudios, empero no fue enteramente definido todavía. La plasticidad de la arcilla es debido a que la materia, por su estructura (alargada, delgada y plana) y hallarse mojado, modela una cinta en torno al grano que genera tal impacto.

#### ***b. Contracción***

Es la propiedad de la arcilla que al perder humedad genera una reducción de las medidas con respecto a las que fueron moldeadas. Al instante de hacer el fundido, la arcilla está mojada y con un elevado volumen de agua, y una vez que se hace la fase de secado el mortero pierde el agua que tenía dentro generando una disminución en la medida de la unidad conformada (Mamani, 2015, pág. 32).

Se producen dos clases de contracciones:

Contracción por aire, se realiza luego de que la unidad se ha dado forma, pero antes de su cocción.

Contracción por fuego, se realiza a lo largo de la fase de combustión.

#### ***c. Refractariedad***

Cada una de las arcillas poseen esta propiedad, sin embargo, varias muestran una refractariedad mayor. La variabilidad del nivel de refractariedad entre una arcilla y otra es debido a que contiene químicos de sílice y alúmina. Esta propiedad será mayor cuando la arcilla presenta una cantidad elevada de estos componentes (Mamani, 2015, pág. 33).

#### ***d. Porosidad***

Esta es la propiedad que depende demasiado de la magnitud de partículas que dispongan las arcillas. Mientras de mayor tamaño sea el grano de la arcilla, la porosidad será mayor. Al instante del moldeo y compactación del barro que va a ser usada en la elaboración del ladrillo, las arcillas con partículas pequeñas permanecen más pegadas entre si (Barranzuela, 2014, pág. 9).

#### ***e. Color***

Los múltiples matices están sujetas a su composición química, pero en esta situación no lo establece la composición de alúmina y sílice, sin embargo los responsables de dar color lo establecen las mezclas de procedencia pétreo así como orgánico, primordialmente: óxido férrico, óxido cobaltoso, óxido cuproso, pentóxido de vanadio, cobalto y el óxido mangánico (Mamani, 2015, pág. 33).

La arcilla la encontramos con diferentes coloraciones, siendo más puras las arcillas blancas, empero, generalmente, son casi grises, en ocasiones negras o azules, y muchas veces, rojas, pardas o amarillas (Del Rio, 1975).

### ***E. Clasificación de las arcillas***

Muchos autores clasifican a las arcillas teniendo presente algunos aspectos, basándose en su procedencia, su estructura o su habilidad para atraer agua.

#### ***a. Según su origen***

##### ***Arcillas primarias o residuales***

Estas arcillas se han conformado en la zona del sustrato rocoso y no fueron trasladadas por acción del viento, el agua, o el glaciar. Al no existir desplazamiento, casi no existe posibilidad de que las uniones de otro origen cambien su estructura, por lo cual se inclinan a ser parcialmente limpias y libres de componentes no arcillosos (Guerra, 2017, pág. 19).

Pese a que las arcillas residuales siempre procuran encontrarse exentas de manchas, no hay yacimientos de arcilla donde podamos descubrir arcillas 100% libres de impurezas. Esto es debido a que inclusive las arcillas primarias abarcan varias manchas, a causa de la agrupación de diversas arcillas con otros minerales.

Las arcillas residuales tienen las siguientes características:

Elevado nivel de refractariedad, debido a que se fusionan a temperaturas inferiores a los 1750° C.

Escasa pureza, porque poseen elevadas cantidades de alúmina y sílice, y escasa composición de óxido férrico y otras mezclas en su estructura química.

Color blanco alcanzado luego de la quema, producto de su escasa composición de impurezas.

Poco plásticas al momento de ser conformadas, porque no conservan su forma obtenida luego del moldeo.

#### ***Arcillas secundarias o sedimentarias***

Los acopios sedimentarios se generan del traslado de la arcilla por efecto del viento, hielo o del agua. Las arcillas originarias de dichos acopios son las más abundantes en el mundo.

Estas arcillas no se hallan en el propio sitio de descomposición de la roca base, y fueron trasladadas a un nuevo sitio. Los medios más frecuentes en el cual son trasladadas los fragmentos de esta clase de arcillas son el agua, el viento y los glaciares, pero el agua es el medio más común. Las arcillas trasladadas por la acción del agua padecen 2 fases a lo largo de su acarreo. Primeramente, son menguadas de magnitud debido al deterioro por rozamiento entre los fragmentos, y luego, al arribar a aguas calmadas llevan un curso de clasificación. En este periodo de clasificación, los fragmentos de mayor tamaño se liberan

por concentración de los fragmentos más pequeños, las cuales permanecen suspendidas en el agua (Barranzuela, 2014, pág. 19).

Estas arcillas son menos puras que las arcillas residuales, debido a que las arcillas sedimentarias son una mezcla de arcillas procedentes de la erosión de diversos emplazamientos. Por esto es frecuente hallar fracciones de cuarzo, mica, hierro y otras turbiedades, en la composición química de estas arcillas.

Las arcillas sedimentarias se caracterizan por:

Elevado nivel de plasticidad, ya que cuentan con partículas más pequeñas.

Obtienen diversos colores luego de la fase de combustión, pueden ser blancas o marrón oscuro, es debido a que tienen una elevada composición de manchas.

Su punto de fusión frecuentemente se localiza entre 1150° C y 1500° C.

#### ***b. Según su composición***

Gallegos y Casabonne (2005), según su estructura lo clasifican en:

**Calcáreas:** Tienen un aproximado de 15% de carbonato cálcico. Conceden al ladrillo una coloración amarillenta.

**No calcáreas:** Conformadas por silicato de aluminio, poseen de 2 a 10% de óxido férrico y feldespato.

#### ***c. Según su capacidad de absorción de agua***

Del Busto (1991), Kohl & Bastián (1975) clasifican a las arcillas de acuerdo a su posibilidad para asimilar agua. De esta forma, poseemos 2 tipos:

**Grasas:** Son arcillas con elevada plasticidad, inclusive en reducida humedad.

Muestran en su composición excesiva aglomeración de materias arcillosas y una pequeña aglomeración en arenas silíceas. Asimismo, tienen inmensa aglomeración de elementos en estado coloidal, tienden a atraer abundante agua, al secarse padecen de

retracciones excesivo significativas. Esta clase de arcillas se dan forma con comodidad, pero su enorme cohesión dificulta el desmolde apropiado del producto fabricado.

**Magras:** Captan escasa humedad y no son tan plásticas. Cuando se evaporan no perciben cuantiosa contracción.

#### ***F. Arcillas para la fabricación de ladrillos***

Las materias usadas son generalmente arcillas rojas o amarillas de estructura irregular o parcialmente impura.

Las arcillas que se utilizan en el mortero tienen que ser plásticas al agregarle agua, de tal manera que se logren dar forma en el molde que acuñan y proporcionan la figura final a los ladrillos de arcilla.

Sus gránulos deberán mantener bastante cohesión para conservar el equilibrio del ladrillo luego del moldeado y ser aptos de juntarse fusionándose una vez que se caldean a altas temperaturas.

#### ***G. Impurezas frecuentes y su influencia sobre las unidades de arcillas***

No existen arcillas completamente puras, sino que constantemente están acompañadas por sustancias intrusas a ellas conformando las denominadas manchas. Estas manchas se hallan en su interior desde su nacimiento; también podrían encontrarse casualmente o haber sido añadidas muchísimo posteriormente (Del Río, 1975).

##### ***a. Impurezas de origen***

A menudo se originan de los restos que han abandonado las rocas una vez que, en su descomposición, confieren el génesis a la arcilla. La mica y el cuarzo son los que se hallan más a menudo y en mayor proporción. Por lo tanto, solo tienen que considerarse como impurezas esenciales la mica y el cuarzo. En ocasiones se va a poder hallar algo más, pero es tan poco y tan raras veces tenerlo o no en presente (Barranzuela, 2014, pág. 21).

### ***b. Impurezas accidentales***

Son encontradas en las arcillas que fueron trasladadas y acarreadas a sitios distantes de su creación gracias a desordenes geológicos; por consiguiente, no es admirable que en dichas arcillas se encuentren sustancias extrañas que hayan sido acarreadas en su movimiento (Barranzuela, 2014, pág. 21).

#### ***2.2.1.7. Proceso de Producción de Ladrillos de Arcilla***

Según Averardo (2009) los pasos a seguir son:

##### ***a. Extracción y meteorización de la arcilla***

Para la elaboración de las unidades artesanales se utilizan materias primas que son extraídas de perforaciones (cava) generalmente arcillas rojas, o suelo orgánico negro que se halla con mayor frecuencia en el espacio. Después que es excavada la arcilla se deja descansar a fin de que se genere la fase de descomposición (meteorización), que los agentes atmosféricos se ocupan en modificar, uniformizando la mezcla al diluir sales, descomponen manchas orgánicas, como raíces, etc., para después dar un correcto empleo a fin de dar forma y perfeccionar las unidades terminadas (Averardo, 2009, pág. 6).

La extracción se hace de manera manual a profundidades menores de dos metros, en dicho procedimiento se realizan tajos profundos en el panorama (Barranzuela, 2014).

Se necesita añadir diversas sustancias orgánicas para prevenir las fracturas o fisuras debido a las contracciones que se producen en la calcinación. Aserrín, carbonilla, estiércol, cascarilla de algodón, o cáscara de arroz, se encuentran entre los más utilizados y son llamados “liga”, por ser el componente ligante del barro (Averardo, 2009, pág. 6).

La materia prima se deberá someter a un procedimiento de molturación, uniformización y descanso en almacenamiento, a fin de alcanzar una apropiada resistencia y semejanza de las propiedades químicas y mecánicas. La exhibición a agentes

atmosféricos (lluvia, sol, aire, etc.) ayuda a la desintegración de sustancias orgánicas presentes y aprueba la depuración química del material (Barranzuela, 2014).

#### **Figura 4**

*Cantera para la extracción de la arcilla*



#### **b. Preparación**

Después empieza la fase de mezclado en pisaderos, que es una socavación redonda de entre 10 y 15 metros de diámetro y 40 o 50 cm de hondura. La elaboración comienza con la aleación de la arcilla con agua y agregándole la “liga”, este proceso se acostumbra realizar con corceles, que dan vuelta en el pisadero amasando los componentes, trabajo que puede tardar más de un día. En la actualidad el mezclado se hace con un disco metálico, que rota sobre una palanca sin fin sometido a un eje que está al centro del pisadero. Tener peculiar atención con el agua, que puede ser de cualquier sitio, pero lo importante es que esté libre de sales (Averardo, 2009, pág. 7).

## Figura 5

### *Preparación de la mezcla*



#### *c. Moldeo*

Esta etapa consiste en dar la forma al barro que los ladrillos deberán alcanzar luego de la cocción. La fase de moldeo se logra hacer manualmente o con empleo de artefactos mecánicos (Barranzuela, 2014, pág. 27).

El moldeo se realiza a mano colocando el barro con fuerza en un molde para dos ladrillos, este molde de madera, es un armazón parecido a una caja que no tiene fondo ni tapa. Las medidas son escasos más grandes que las de las unidades terminadas, teniendo presente la reducción del barro, que dependerá de sus elementos; posteriormente, con una regla se quita el exceso de mortero y luego se lleva a la zona de secado, en la que se deposita en un lugar acondicionado, se separa el molde y se limpia con agua en el mismo lugar de moldeo, para volver a utilizarlo. Se calcula que el rendimiento del trabajo manual está entre 900 a 1000 ladrillos por día y por hombre (Averardo, 2009, pág. 7).

## Figura 6

### *Moldeo de las unidades de albañilería*



#### *d. Secado*

Cuando las unidades se han venteadado, luego de ser expuestas uno o dos días, se termina esta fase de secado amontonando los ladrillos, de canto y de modo cruzado, a fin de garantizar que se sequen uniformemente. Estas columnas deberán ser protegidas con láminas, alfombras de ichu, etc., a fin de defender las unidades de los agentes atmosféricos, que lo transforman en los denominados “ladrillos llovidos”, de baja condición en su aspecto y resistencia. El período de secado puede ser de 3 o 4 días dependiendo del clima (Averardo, 2009, pág. 8).

Dentro de esta fase de secado se encuentra la etapa de pre-secado, el que se basa en dejar por un determinado período las unidades recién moldeadas en su propia zona donde se elaboró con la finalidad de que pierdan humedad y nos facilite su manejo (Barranzuela, 2014, pág. 28).

## **Figura 7**

*Secado de las unidades de albañilería*



### ***e. Armado del horno***

Los hornos de las ladrilleras del Frutillo Bajo de Bambamarca del señor Tomás Cruzado Manosalva se construyen apilando ladrillos a modo de pirámide de aproximadamente 3 x 4 m con una altura de alrededor de 3 a 3.5 m.

En el lugar más bajo del horno se fabrican las boquillas, compuestas por dos capas de ladrillos de borde, ya quemados, pero que no sirven, “bayos” que tengan división para que facilite el paso del calor y ciertos huecos verticales que permitan la circulación. Las unidades son colocadas de borde conformando hileras paralelas, cada hilera será perpendicular a las de la fila anterior, hasta alcanzar a la final, que es ubicada de forma horizontal, y trabajan como moderación del calor y gases de inflamación. Con el fin de perfeccionar la cocción se ubica una capa de carbonilla, cada dos planos (Averardo, 2009, pág. 10).

## Figura 8

*Horno del señor Tomas Cruzado Manosalva*



### *f. Horneado*

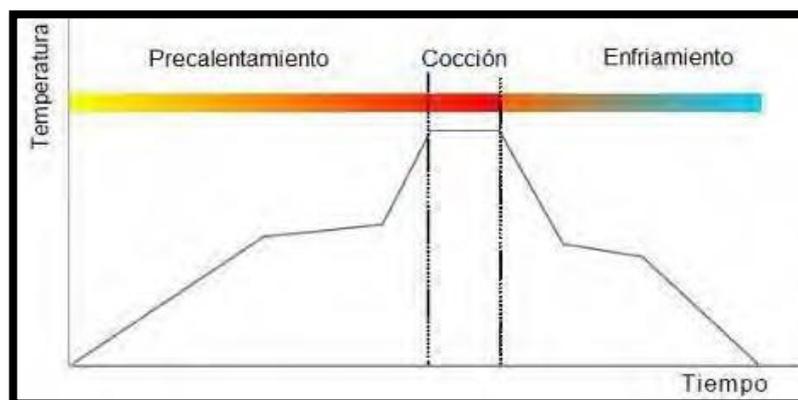
Las boquillas se mantienen encendidas durante el proceso de combustión del carbón (aproximadamente 80 horas), después se cubren para afirmar una lenta cocción, sostenida por las brasas, por un periodo de 70 horas (Averardo, 2009, pág. 11).

La fase de cocción se basa en colocar las unidades anticipadamente secadas en el horno a condiciones de alta temperatura durante un determinado tiempo, el propósito es para obtener sus características físicas y mecánicas, porque la arcilla sin quemar conserva propiedades bastante depreciables. A través de este procedimiento alcanzan sus propiedades físicas y mecánicas y su forma terminada (Barranzuela, 2014, pág. 29).

El proceso de quemado en el horno se divide en 3 etapas: precalentamiento, cocción y enfriamiento. En la etapa inicial, el agua sumergida en el barro se elimina gradualmente. El agua es eliminada por acción del aire en constante renovación y aumenta una y otra vez la temperatura, una vez que la totalidad de la pasta haya alcanzado los 100° C, se estima que la fase de precalentamiento ha culminado (Barranzuela, 2014, pág. 29).

**Figura 9**

*Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla*



FUENTE: Terán, 2013

**g. Enfriamiento**

Cuando el horno ya está frío se realiza la desmantelación y a la carga de las unidades a los camiones, incorporando de esta forma las unidades al lugar de construcción. La duración aproximada para este trabajo es de 3 días (Averardo, 2009, pág. 11).

**2.2.1.8. Cambios físico – químicos en la fabricación de ladrillos**

Cuando la arcilla se somete a temperaturas superiores a los 500° C, se generan alteraciones físicas y químicas en la masa, lo que supone la disminución de un número periódico de partículas de agua de solidificación (=k), dando como resultado que el objeto sea inflexible al agua y, generalmente, a materias ácidas, biológicas o no biológicas. Estas alteraciones son invariables, es decir, los objetos de arcilla no se pueden moler y volver a amasar en una nueva pasta cerámica, y después volver a quemarlos, porque la arcilla ya calcinada solo puede servir como el agregado necesario, aunque puede reemplazar a la masa, componente suplementario que en el tiempo prehispánico y en la artesanía colonial y moderna se lograba moliendo cuerpos de barro, sino añadiendo arena fina, o rompiéndola en diámetros diminutos, de forma uniforme, algunos minerales como calcopirita, cuarzo o pizarra, o conchas de moluscos triturados. También se usaban

algunas vegetales bien cortados, como el "tuturaco". Estas materias añadidas a la arcilla se amasan con agua para formar la pasta cerámica. Esta sustancia inerte es necesaria para controlar la plasticidad de la arcilla, evitando que se colapse cuando se levanta un objeto debido a su peso y alta humedad, a estas sustancias añadidas se les llama "antiplásticos" (también se les llama "desgrasante" o "chamote" por los artesanos) (Arcilla y Fuego, s.f.).

### ***Mecanismo físico de la producción del color***

Si bien el hierro es el único colorante común en las arcillas, no es de extrañar que los colores producidos sean diversos, ya que los colores están determinados fundamentalmente por la calidad y número de saltos de electrones, y éstos, dependiendo de los electrones que los puedan verificar, es decir, del estado de valencia, del número y calidad de los elementos de coordinación, etc. Este régimen no se expresa solo en compuestos reales, sino también en el caso de estados metaestables, soluciones sólidas y todas las interacciones (Materiales de construcción, 1966).

### ***Mecanismo químico de la producción del color***

La distribución de los átomos no es aleatoria, sino un resultado directo de las condiciones en las que tiene lugar la reacción. Son posibles tantos colores, producidos a partir de los mismos elementos, como es posible el "compuesto" final. (Por "compuesto" nos referimos a cualquier situación en la que dos átomos diferentes puedan interactuar entre sí, sin importar qué tipo de fuerza los mantenga unidos) (Materiales de construcción, 1966).

## **2.2.2. *Aserrín de pino***

### **2.2.2.1. *El Pino***

Habitualmente llamado pino, es una clase de plantas vasculares que pertenecen a la especie de las coníferas y a la familia de las pináceas. Desde una perspectiva forestal, es una de las clases más importantes, tanto por el número de especies como por el valor que tienen, tanto en los países originarios como también donde se introdujo.

Vidal (1962) nos menciona que esta especie es originaria de las zonas subtropicales de México, en la que crecen en conjuntos casi puros, entre 1800 y 2900 m.s.n.m. Se encuentra distribuida en los territorios de México, Veracruz, Puebla y Querétaro. Después del eucalipto, es una especie forestal plantada principalmente en la sierra.

El pino es considerado la variedad más utilizada en los programas de forestación porque se adaptan fácilmente a climas y suelos relativamente desfavorables, debido a su mayor volumen y porque proporcionan nuevas y escasas materias primas en los trópicos.

Por otra parte, ya se conoce y esta difundida su silvicultura básica, hay disponibilidad de plantas y se ha generalizado su aceptación dado el atractivo color y vetado de su madera.

Wolmald (1975) lo clasifica de la siguiente manera:

Familia: Pinaceae.

Género: Pinus.

Nombre científico: Pinus pátula Schiede et Cham.

Nombres generales: Pino, pino pátula, pátula, pino llorón (Colombia). En el espacio de su disposición originaria son llamados: pino pátula, pino chino, pino llorón mexicano, ocote macho, pino xalocote, pino colorado (Ospina et al. 2011).

Son árboles de hoja perenne, muchos arbustos grandes y pocos pequeños. Las ramas están dispuestas en forma de espiral, lo que hace que el árbol tenga forma de pirámide, especialmente en los árboles adultos, que son anchos y hundidos cuando son jóvenes. Las células grandes tienen hojas escamosas sin clorofila, mientras que las células de cogollos cortos son muy cortas, tienen una vaina escamosa membranosa y terminan por 2 a 5 hojas lineales o acículas, cada una con dos o más tubos de resina.

Los estróbilos masculinos se florecen en el asiento de los retoños de cada año. Los conos muestran membranas duraderas, las tectrices son incompletas e inclusivas y las especies espermatogénicas suelen tener una protuberancia u ombligo en el exterior (proceso óseo) y maduran cada dos o tres años. Los gérmenes son alados con la cabeza más o menos ligeramente. Muchas clases se siembran desde tiempos antiguos por sus semillas o con motivos decorativos o por reforestación, lo que obstaculiza la instauración de sus zonas iniciales.

Las hojas se dividen en 3 categorías:

Hojas primordiales, desoladas y dentadas, típicas de las plantas.

Hojas tipo brácteas en el asiento del tallo, triangular, aguzada y decadentes.

Las hojas viejas continuas en forma de aguja (2 ó 3 años), según la especie, aparecen en racimos de 2, 3, 5 o más hojas. Las variedades con 2 hojas tienen una sección transversal semicircular y las variedades con 3 o más hojas tienen una sección transversal triangular.

Cajamarca fue el primer departamento en recolectar muestras generales y biofísicas de 213 muestras forestales en los distritos de Cajamarca, San Pablo, San Juan, Chetilla, Namora y Magdalena. En estos lugares se ha registrado 6 especies de pinos, *Eucalyptus globulus* y *Cupressus macrocarpa* con una magnitud de madera mercantil de 301.347 m<sup>3</sup>/ha. La clase más numerosa es el *Pinus pátula*.

## Figura 10

*Imagen de planta pino de Cajamarca*



FUENTE: AGENCIA ANDINA, 2018

### 2.2.2.2. *Aserrín*

El aserrín de pino (*Pinus sp*) proveniente de la industria de la madera, es una materia con buenas aptitudes como sustrato. En México, el volumen de procesamiento anual supera los 8 millones de metros cúbicos de madera, de modo que el 70 % es usado en la industria maderera, teniendo como principales residuos al aserrín y la viruta, con una producción aproximada de 2.8 millones de metros cúbicos (Pineda, 2012, pág. 4).

Estos residuos son los despojos cuando se lleva a cabo en el corte de la madera, como el que se genera en un aserradero.

El serrín es el conglomerado de fragmentos o polvo que caen de la madera durante el aserrado; asimismo, tiene pequeños fragmentos de madera engendrados a lo largo del procesamiento y operación de la madera, mamparas multilaminadas y/o conglomerados. Conjuntamente al polvo, durante el transcurso de aserrado también se generan virutas, es decir, partículas de material residual en forma de láminas curvas o espirales (Quintero & Serret, 2016, pág. 3).

En los desechos manufactureros, el contenido de humedad obedece enormemente de la fase de extracción y del secado de la materia previamente a esa etapa. En el caso del serrín y otros desechos de madera, el valor de humedad reportado es superior al 10 %, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 8**

*Características de los desechos de madera corriente*

Residuos	Tamaño (mm)	Contenido de humedad (%)	Contenido de cenizas (%)
Lijaduras	<1	2-10	0,1-0,5
Virutas	1-12	10-20	0,1-1,0
Aserrín	1-10	25-40	0,5-2,0
Corteza desmenuzada	1-100	25-75	1,0-2,0
Residuos forestales		30-60	3,0-20

FUENTE: Quintero y Serret, 2016.

En un estudio de aserrín de pino, se evaluó el contenido de humedad, tamaño de fragmentos y el estudio fundamental, los resultados se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Características del aserrín de pino*

Característica	Valor	Característica	Valor
Contenido de humedad (%)	15,5	Análisis de tamaños	
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	167	Tamaño (mm)	(% peso)
Valor calórico bajo (MJ/kg)	17,86	>4,0	2,29
Análisis elemental (% peso total, lhca)		4,0-3,35	2,32
		3,35-1,98	6,60
C	50,65	1,98-1,60	9,62
H	6,03	1,60-1,25	17,87
N	0,14	1,25-0,84	23,13
O (por diferencia)	43,18	<0,84	18,24

FUENTE: Quintero y Serret 2016.

### ***Determinación granulométrica***

La granulometría se desarrollará con la finalidad de apreciar la disposición de los fragmentos según su tamaño, la preparación del material para tamizaje se lleva a cabo por el método de cuarteo.

Para realizar la granulometría de la biomasa se extrae un espécimen de compuesto desecado, se tiene que saber su masa, se utiliza un grupo de tamices ordenados sucesivamente de mallas con diámetro mayor a mallas con diámetro menor, los cuales se someten a una fase de vibración mecánica por un espacio determinado para obtener distintas porciones en peso de los materiales retenidos en los diferentes tamices.

El módulo de finura (MF) se determina como la suma de los porcentajes retenidos acumulados divididos por 100 en un rango de tamices establecidos, desde el tamiz # 100 hasta el tamaño mas grande.

Según la siguiente fórmula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Ret.Acum en mallas } (\#4,\#8,\#16,\#30,\#50,\#100)}{100} \dots\dots\dots \mathbf{F\acute{o}rmula 8}$$

### 2.3. Definición de conceptos

**Albañilería Confinada:** El entorno de la mampostería se refuerza con elementos de hormigón armado, que se vacían tras el levantamiento de la mampostería. Las bases de hormigón serán consideradas como la restricción horizontal para los muros del primer piso (Caraza, 2015, pág. 28).

La mampostería confinada es la que se encuentra protegida en la totalidad de su perímetro con piezas de hormigón armado; en otros términos, donde se comienza con la construcción del muro, posteriormente se refuerza con piezas restrictivas como pilares y vigas (Arbildo & Rojas, 2017, pág. 29).

**Arcilla:** El nombre de arcilla se refiere a fragmentos sólidos con diámetro menor a 0.005 mm que al mezclarse con agua poseen las características de plasticidad, ductilidad y maleabilidad. Las maneras que se le asignan una vez que se encuentra mojada se mantiene después de que el agua desaparece. Endurecen permanentemente después del horneado o calcinación (Osorio, 2005, pág. 27).

**Aserrín:** El aserrín es un grupo de fragmentos o polvo que caen de la madera durante el aserrado; además tiene pequeños fragmentos de madera generados a lo largo del procesamiento y operación de la madera, mamparas multilaminadas y/o conglomerados. conjuntamente al polvo, durante el transcurso de aserrado también se obtienen virutas, es decir, partículas de material residual en forma de láminas curvas o espirales (Quintero & Serret, 2016, pág. 3).

**Compresión:** Máximo esfuerzo que muestra un material a la compresión sin sufrir roturas (Ruíz , 2015, pág. 29).

**Durabilidad:** La durabilidad de los materiales y componentes es la capacidad de mantener determinadas características y funciones para la que fue escogida a lo largo de su duración de vida esperada (Virginia, 2014).

**Ladrillo:** Son denominados ladrillos a aquellas unidades que tanto por su medida como su peso nos facilita para su manipulación con una sola mano (RNE E.070, 2006).

**Ladrillo Artesanal:** Es un ladrillo elaborado principalmente a mano. El amasado o moldeado se realiza manualmente o con máquinas básicas y, en algunas ocasiones, el mortero de arcilla se extruye a baja presión. El proceso de moldeo requiere el uso de arena o agua para no permitir que en el molde se pegue la arcilla, de modo que el ladrillo tenga un acabado único. La característica de los ladrillos hechos a mano es la variación que tienen de unidad a unidad (NTP 331.017, 1978)

**Muestra:** Una muestra es una sección o cantidad de un producto que posibilita comprender la condición del mismo. La parte que se estima que es una ración característica extraída de un grupo también se denomina muestra (Bartolomé, 1994).

**Prismas:** Son muestras representativas producidas con los ladrillos de arcilla. Dentro de los cuales destacan las pilas y los muretes (Arbildo & Rojas, 2017, pág. 30).

**Pilas:** Las pilas se ensayan a fin de determinar la resistencia de la mampostería a compresión axial ( $f'm$ ) y su carga máxima (Arbildo & Rojas, 2017, pág. 30).

**Muretes:** Los muretes se ensayan a fin de determinar la resistencia al corte ( $v'm$ ) de la mampostería. Esta es una muestra que es probada para medir con mayor precisión la tensión diagonal de la mampostería. El tamaño mínimo es de 60 x 60 cm (Arbildo & Rojas, 2017, pág. 30).

**Resistencia:** Es la facultad de un sólido para resistir la presión y la fuerza atribuida sin romperse, desfigurarse, o deteriorarse (Zanchetta, 2014).

## CAPITULO III

### PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. *General*

Al evaluar el ladrillo artesanal de arcilla adicionando aserrín de pino con fines estructurales, obtendremos un ladrillo 5% de mayor resistente que el ladrillo tradicional producido en el Frutillo Bajo, Bambamarca.

##### 3.1.2. *Específicas*

Los resultados alcanzados de los agregados para ladrillos de arcilla si son aptos para la elaboración de ladrillos artesanales que cumplan con las condiciones mínimas señaladas en la norma.

Los resultados alcanzados de las muestras de los ladrillos de arcilla obedecen a las condiciones mínimas señaladas en la norma E.070.

#### 3.2. Variables

##### 3.2.1. *Variable independiente*

###### *Aserrín de pino*

Agrupación de fragmentos o partículas que se desliga de la madera una vez que ésta es aserrada, asimismo es un componente que tiene aptitud como sustrato.

###### *Arcilla.*

Roca sedimentaria en desintegración conformada por compuestos de silicatos de aluminio hidratado, originados por la desintegración de rocas que tienen feldespato. Material caracterizado por tener plasticidad al ser mezclada con agua.

El aserrín de pino y la arcilla son considerados variables independientes porque son los materiales que se van a utilizar para hacer variar las propiedades del ladrillo al adicionarlos en porcentajes.

### **3.2.2. Variable dependiente**

#### ***Ladrillos en base a arcilla y aserrín de pino***

Ladrillo artesanal cocido en hornos, con caras rústicas y no poseen perforaciones, en este caso será adicionando aserrín de pino.

Este material es un componente fundamental en la edificación de muros portantes y no portantes en las construcciones de mampostería. Su condición y aprobación dependerá de las pruebas que se lleve a cabo a sus propiedades físicas, tal y como se menciona en la norma E.070.

### **3.3. Operacionalización de variables**

#### **Tabla 10**

*Matriz de operacionalización de variables en estudio*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ÍNDICE
V. I. 1. ASERRÍN DE PINO	Propiedades Físicas	Granulometría	Curva granulométrica	%
V. I. 2. ARCILLA	Propiedades Físicas	Límites de consistencia	Diagrama de fluidez	%
		Granulometría	Curva granulométrica	%
V.D. LADRILLO DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO	Propiedades físico – mecánicas del ladrillo convencional y del ladrillo con adición de aserrín de pino	Alabeo	Ficha de alabeo	Kg/cm <sup>2</sup>
		Variación dimensional	Ficha de variación dimensional	mm
		Absorción	Ficha de absorción	%
		Peso específico	Ficha de peso específico	gr/cm <sup>3</sup>
		Resistencia a la compresión	Ficha de resistencia a la compresión	gr/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a compresión axial en pilas	Ficha de resistencia a compresión en pilas	Kg/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a compresión diagonal en muretes	Ficha de resistencia a corte en muretes	Kg/cm <sup>2</sup>
	Costos del ladrillo convencional y del ladrillo con adición de aserrín de pino	Materiales	Hojas de cálculo	S/.
		Herramientas y/o equipos	Hojas de cálculo	S/.
		Mano de obra	Hojas de cálculo	S/.

## CAPITULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1. Ubicación geográfica del estudio

Este proyecto fue llevado a cabo en El Frutillo del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc - Cajamarca. Geográficamente la ciudad de Bambamarca limita por el este con la provincia de Celendín; por el oeste con la provincia de San Miguel; por el norte con la provincia de Chota; y, por el sur con la provincia de Cajamarca y el distrito de Hualgayoc.

La evaluación de cada uno de los ensayos llevados a cabo a los componentes, tanto de arcilla, arena y el aserrín de adición y de cada una de las propiedades de los ladrillos se realizó en el laboratorio particular GSE Ingeniería y Construcción ubicado en la localidad de Chota.

#### *Datos geográficos de la ubicación de estudio:*

**Tabla 11**

*Ubicación geográfica de la localidad en estudio*

LOCALIZACIÓN	
DEPARTAMENTO	CAJAMARCA
PROVINCIA	HUALGAYOC
DISTRITO	BAMBAMARCA
LOCALIDAD	EL FRUTILLO
COORDENADAS WGS 84 – UTM 17S	E:772945.55 m; N: 9260443.68 m
ALTITUD	2647 m.s.n.m

## 4.2. Unidad de análisis, población y muestra

### 4.2.1. Población

La población la cual representa la parte importante del proyecto de investigación serán los ladrillos cocidos, con ausencia y presencia de porcentaje de aserrín de pino.

### 4.2.2. Muestra

La muestra está representada por los diferentes diseños de mezcla con y sin la incorporación de aserrín de pino en porcentajes de 0%, 3%, 5%, 10% y 15% con los cuales se fabricarán las unidades de albañilería para luego ensayarlas y evaluar sus propiedades para encontrar la proporción óptima de diseño.

La cantidad de las muestras para cada ensayo fueron tomadas de acuerdo a la norma E.070 del RNE, siendo un total de 455 ladrillos, 91 ladrillos convencionales y 364 ladrillos con adición de aserrín de pino.

**Tabla 12**

*Número de muestras para cada ensayo*

ENSAYO	LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA CON ADICIÓN DE ... DE ASERRÍN DE PINO					
	0%	3%	5%	10%	15%	TOTAL
<b>Resistencia a compresión</b>	5	5	5	5	5	25
<b>Variación dimensional</b>	5	5	5	5	5	25
<b>Alabeo</b>	5	5	5	5	5	25
<b>Resistencia axial (Pilas)</b>	12	12	12	12	12	60
<b>Resistencia al corte (Muretes)</b>	54	54	54	54	54	270
<b>Peso Específico</b>	5	5	5	5	5	25
<b>Absorción</b>	5	5	5	5	5	25
<b>TOTAL</b>	91	91	91	91	91	455

#### 4.2.3. *Unidad de análisis*

Se empleó unidades artesanales de arcilla de tipo macizo sin perforaciones, teniendo como características las que se muestran en la tabla 13, tomando la dimensión del molde de la ladrillera del señor Tomas Cruzado Manosalva.

**Tabla 13**

*Características del ladrillo del Frutillo Bajo, Bambamarca*

Tipo de unidad de albañilería	Ladrillo de arcilla
Dimensiones	Ancho: 13.2 cm
	Alto: 8.2 cm
	Largo: 23.2 cm
Características	Ladrillo resistente

**Figura 11**

*Ladrillo de arcilla del Frutillo Bajo, Bambamarca*



#### 4.2.4. *Unidad de observación*

Se tomó en cuenta el tamaño de las partículas de arcilla, la magnitud de fabricación diaria (ladrillo/día), rotura de la unidad (%) y costo c/u.

**Tabla 14***Unidad de observación*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa	Pruebas de investigación Producción diaria de ladrillo
Observación estructurada	Reporte diario de producción

**4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación****4.3.1. Tipo de investigación**

Este proyecto es de tipo experimental porque describe la causa que genera el evento en especial al manipular cada variable en análisis, así mismo de acuerdo al fin que persigue es de tipo aplicada, ya que los resultados a obtener durante la ejecución de la investigación serán empleados para solucionar la problemática asociada al campo del ladrillo, estableciendo un novedoso material para la construcción.

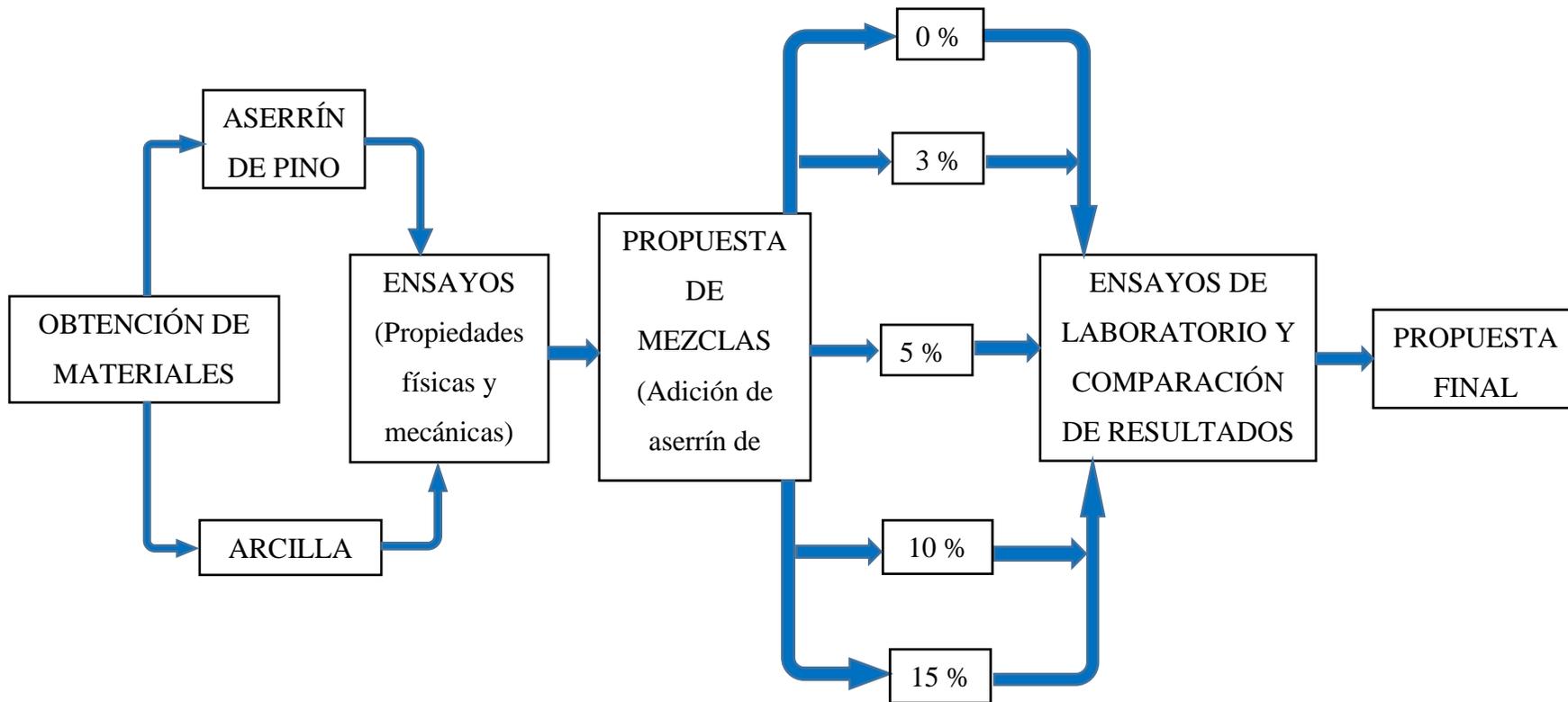
**Tabla 15***Tipo de investigación según los principales criterios*

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Control de diseño de la prueba	Experimental
Contexto donde sucede	Laboratorio, campo

**4.3.2. Diseño de investigación**

Esta tesis es de tipo experimental y comparativa; experimental porque se tiene que manipular la variable en análisis para alcanzar los resultados, y comparativa porque admite comprender el total de los sucesos y manifestaciones de la realidad instaurando sus similitudes y desigualdades de manera comparativa (Carrasco, 2006, pag. 271).

Esquematación del diseño de investigación.



### 4.3.3. Métodos de investigación

Se elaboraron ladrillos artesanales en la Ladrillera del señor Tomas Cruzado, ubicada en la localidad El Frutillo, Bambamarca, para la cual seguimos el procedimiento comúnmente utilizado en la ladrillera, es decir de forma experimental, lo único diferente fue adicionar porcentajes en peso de aserrín de pino para evaluar su resistencia mecánica sin alterar demasiado sus medidas convencionales, este procedimiento lo realizamos con la ayuda de los artesanos de la ladrillera.

Al inicio tomamos las dimensiones de las unidades (medidas internas del molde) y después de ser quemados, esto nos va a servir para establecer la variación de sus dimensiones, posteriormente estos ladrillos fueron comprobados si son cóncavos o convexos, además fueron sometidos al ensayo de compresión simple y diagonal, para determinar los resultados finales nos basamos en el promedio, este procedimiento estadístico nos fue útil para conseguir el promedio de resistencia a compresión al adicionar cada porcentaje de aserrín, de la misma manera se realizó para la variación dimensional, alabeo y prismas de albañilería.

### 4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 16**

*Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable*

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Cualitativa	Primaria	Observación	Guía de observación
		Experimentación	Fotografías
		Análisis documental	Protocolos de ensayos
		Registro de información	Cuaderno de campo

#### **4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información**

Análisis de laboratorio. Se llevó a cabo un estudio minucioso a todos los datos de los ensayos ejecutados en el laboratorio con la finalidad de conseguir los que sean más viables y confiables.

Microsoft Excel. Se utilizó para el enjuiciamiento estadístico de los datos conseguidos en el laboratorio.

Microsoft Word. Sirvió para redactar todo el procedimiento utilizado.

#### **4.6. Matriz de consistencia metodológica**

##### **Tabla 17**

*Matriz de consistencia metodológica*

<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>
¿Cuáles son los resultados de la evaluación del ladrillo artesanal de arcilla adicionando aserrín de pino con fines estructurales, Bambamarca, 2019?	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>INDEPENDIENTES</b>	
	Evaluar los ladrillos artesanales de arcilla adicionando cantidades de 0%, 3%, 5%, 10% y 15% de aserrín de pino con fines estructurales de la ciudad de Bambamarca.	Al evaluar el ladrillo artesanal de arcilla adicionando aserrín de pino con fines estructurales, obtendremos un ladrillo 5% de mayor resistencia que el ladrillo tradicional producido en el Frutillo Bajo, Bambamarca.	Aserrín de pino	Granulometría
			Arcilla	Granulometría Límites de consistencia
			<b>DEPENDIENTE</b>	
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	Ladrillo de arcilla adicionando aserrín de pino	Variación dimensional
	Determinar las propiedades físicas y clasificar a la arcilla y arena con el fin de conocer si son aptos para la elaboración de ladrillos artesanales.	Los resultados alcanzados de los agregados para ladrillos de arcilla si son aptos para la elaboración de ladrillos artesanales que cumplan con las condiciones mínimas señaladas en la norma.		Alabeo
	Determinar el porcentaje experimental óptimo del aserrín de pino para la elaboración de ladrillo artesanal que cumpla con la norma E.070.	Los resultados alcanzados de las muestras de los ladrillos de arcilla obedecen a las condiciones mínimas señaladas en la norma E.070.		Absorción
	Analizar las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos artesanales de arcilla adicionando aserrín de pino con el propósito de conocer su resistencia estructural en unidades y en prismas de albañilería, según la norma E.070.			Resistencia a la compresión
	Comparar los ladrillos de arcilla adicionando aserrín de pino respecto a los ladrillos tradicionales producidos en el Frutillo a fin de conocer su costo de producción.			Resistencia a compresión en pilas
				Resistencia a corte en muretes
		Peso específico		
		Materiales		
		Herramientas y/o equipos		
		Mano de obra		

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Presentación de resultados

De la recopilación de información y mediante la aplicación de los múltiples ensayos se muestran los resultados, cabe indicar que para caracterizar el tipo de muestra a utilizar y el método de moldeado y calcinación de las unidades se realizó de forma experimental en la Ladrillera del señor Tomas Cruzado Manosalva, en El Frutillo - distrito de Bambamarca - Hualgayoc. Se elaboraron de forma experimental ya que el título del proyecto habla de LADRILLOS ARTESANALES y este es el motivo que conllevó a utilizar métodos que comúnmente se realizan en una ladrillera artesanal.

##### 5.1.1. *Propiedades físicas y mecánicas de los agregados para ladrillos*

##### 5.1.1.1. *Ensayos realizados a la arena*

##### Análisis granulométrico (NTP 400.012)

**Tabla 18**

*Análisis granulométrico de la arena*

Tamiz	Diámetro	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/4"	19.00 mm				100.00
1/2"	12.50 mm				100.00
3/8"	9.50 mm				100.00
N° 4	4.75 mm	1.00	0.17	0.17	99.83
N° 8	2.36 mm	9.00	1.52	1.69	98.31
N° 16	1.18 mm	71.00	11.99	13.68	86.32
N° 30	0.60 mm	146.00	24.66	38.34	61.66
N° 50	0.30 mm	113.00	19.09	57.43	42.57
N° 100	0.15 mm	214.00	36.15	93.58	6.42
CASOLETA		38.00	6.42	100.00	0.00
TOTAL		592.00	100.00		

$$MF = \frac{0.17 + 1.69 + 13.68 + 38.34 + 57.43 + 93.58}{100}$$

$$MF = 2.05$$

### 5.1.1.2. Ensayos realizados a la arcilla

#### Límites de Consistencia (ASTM D 4318)

**Tabla 19**

*Análisis de límite líquido de la arcilla*

<b>LÍMITE LIQUIDO</b>				
N° CÁPSULA	1	2	3	
PESO CÁPSULA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	56.43	57.68	59.32	
PESO CÁPSULA + MUESTRA SECA (gr)	45.62	46.1	46.96	
PESO DE AGUA (gr)	10.81	11.58	12.36	
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	20.2	20	20.3	
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	25.42	26.1	26.66	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	42.53	44.37	46.36	44.42
NÚMERO DE GOLPES	34	24	16	24.67

**Tabla 20**

*Análisis de límite plástico de la arcilla*

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
N° CÁPSULA	1	2
PESO CÁPSULA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	20.44	21.12
PESO MUESTRA + MUESTRA SECA (gr)	19.60	20.10
PESO DE AGUA (gr)	0.84	1.02
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	16.52	16.36
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	3.08	3.74
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.27	27.27

## Análisis granulométrico (NTP 400.012)

**Tabla 21**

*Análisis granulométrico de la arcilla*

Tamiz	Diámetro	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	4.75 mm				100.00
N° 8	2.36 mm				
N° 10	2.00 mm	19.00	1.90	1.90	98.10
N° 16	1.18 mm				
N° 20	0.84 mm				
N° 30	0.60 mm				
N° 40	0.425 mm	267.00	26.70	28.60	71.40
N° 50	0.30 mm				
N° 80	0.117 mm				
N° 100	0.15 mm	227.00	22.70	51.30	48.70
N° 200	0.075 mm	120.00	12.00	63.30	36.70
CASOLETA		367.00	36.70	100.00	0.00
TOTAL		1000.00	100.00		

### 5.1.1.3. Ensayos realizados al aserrín de pino

#### Análisis granulométrico (NTP 400.012)

**Tabla 22**

*Análisis granulométrico del aserrín de pino*

Tamiz	Diámetro	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	4.75 mm				
N° 8	2.36 mm				100.00
N° 16	1.18 mm	2.00	1.54	1.54	98.46
N° 30	0.600 mm	21.00	16.15	17.69	82.31
N° 50	0.300 mm	28.00	21.54	39.23	60.77
N° 100	0.150 mm	41.00	31.54	70.77	29.23
CASOLETA		38.00	29.23	100.00	0.00
TOTAL		130.00	100.00		

### 5.1.2. Proceso de elaboración de los ladrillos

#### 5.1.2.1. Extracción de la materia prima

La arena y la arcilla fue obtenida del yacimiento que tiene el dueño don Tomás Cruzado Manosalva, ubicado en su propiedad en el caserío Frutillo Bajo, Bambamarca; en la carretera Bambamarca – Estadio Municipal “El Frutillo”. Ubicada entre las coordenadas UTM E: 772945.55, N: 9260443.68.

#### 5.1.2.2. Preparación de la mezcla o barro

La preparación del barro se realizó con la ayuda de los pies, de esta manera es como los artesanos del Frutillo realizan el mezclado, aunque es verdaderamente laborioso y agotador, las cantidades de cada componente se tomó de acuerdo a la experiencia que los artesanos ya saben, se elaboró una muestra de 100 ladrillos con cada porcentaje, por

lo que para esta cantidad de unidades se mezcló 3 carretillas de arcilla, una de arena y 20 litros de agua, agregándose los porcentajes correspondientes de aserrín.

#### **5.1.2.3. Moldeado**

Una vez que se tuvo preparado el barro, se habilitó un espacio plano en donde se pueda realizar el moldeo, en esta fase damos al barro la forma que deberán tener los ladrillos luego de su cocción.

El moldeo se realizó con la ayuda de un molde de dos unidades, que se colocó sobre un cilindro para llenar de barro, en la base del molde se colocó papel periódico para que, al momento de colocar en el piso, el ladrillo no se pegue a la hora de levantarlos.

#### **5.1.2.4. Proceso de secado**

Este proceso se llevó a cabo de manera natural, es decir a cielo abierto, este proceso está sujeta a las características de la región, normalmente dura de 3 a 4 días, tiempo que será suficiente para que las unidades no tengan dificultades al momento de ser horneados, puesto que si el ladrillo es quemado muy húmedo tiene la posibilidad de fracturarse.

Después de ser raspados los ladrillos se dejó secar apilando en amplias filas permitiendo un adecuado campo para que el aire pase automáticamente incrementando así, la rapidez en el secado.

#### **5.1.2.5. Cocción u horneado**

Esta etapa consistió en cargar al horno los ladrillos secos, ubicándolos de una forma que permitan un suministro homogéneo del calor. Para ello, primeramente, se cubrió todo el contorno del horno con ladrillos no útiles y barro para aumentar la acumulación de calor. Se prendió el horno de quema, para la combustión se utilizó leña las cuales fueron colocadas en las boquillas ubicadas en la parte baja del horno.

El horno del señor Tomas tiene una capacidad para alrededor de 32 millares.

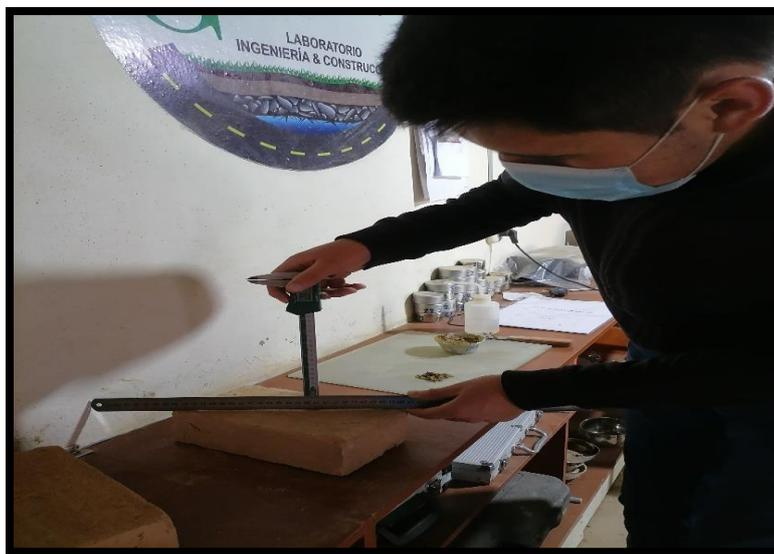
### 5.1.3. Ensayos clasificatorios para ladrillos de arcilla

#### 5.1.3.1. Alabeo

Este ensayo es para definir el espesor de la junta, acá determinamos la concavidad o convexidad del ladrillo, estos ladrillos pueden reportar grietas de tracción por flexión producto del peso de las cargas que se apoyan.

**Figura 12**

*Determinación de la concavidad o convexidad en la superficie del ladrillo*



**Tabla 23**

*Enjuiciamiento de datos de alabeo del ladrillo convencional*

MUESTRA	SUPERFICIE		BORDE	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	mm		mm	
1	1.1	0.1	0.9	0.8
2	1.0	0.9	0.8	0.8
3	1.0	1.1	1.0	0.9
4	1.1	1.0	1.0	0.9
5	1.0	1.0	0.9	0.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.0</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>

**Tabla 24***Enjuiciamiento de datos de alabeo de los ladrillos con adición de 3% de aserrín de pino*

MUESTRA	SUPERFICIE		BORDE	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	mm		mm	
1	1.3	1.1	1.0	0.9
2	1.0	1.1	0.9	0.9
3	1.0	1.1	0.9	1.0
4	1.1	1.0	0.9	0.9
5	1.0	1.1	0.1	0.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.1</b>	<b>1.1</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>

**Tabla 25***Enjuiciamiento de datos de alabeo de los ladrillos con adición de 5% de aserrín de pino*

MUESTRA	SUPERFICIE		BORDE	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	mm		mm	
1	1.1	1.2	1.0	0.9
2	1.1	1.0	1.0	1.1
3	1.1	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	0.9	1.0
5	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>

**Tabla 26***Enjuiciamiento de datos de alabeo de los ladrillos con adición de 10% de aserrín de pino*

MUESTRA	SUPERFICIE		BORDE	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	mm		mm	
1	1.1	1.1	1.0	1.1
2	1.0	1.1	1.0	1.0
3	1.2	1.2	1.0	1.1
4	1.0	1.0	1.1	1.0
5	1.0	1.3	0.9	0.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.1</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>

**Tabla 27***Enjuiciamiento de datos de alabeo de los ladrillos con adición de 15% de aserrín de pino*

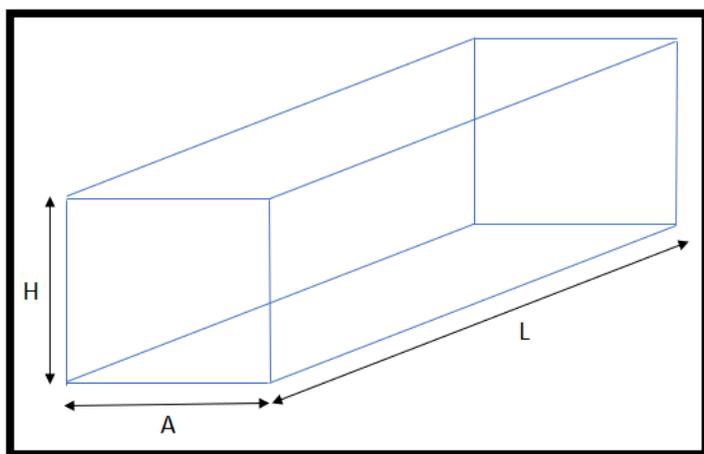
MUESTRA	SUPERFICIE		BORDE	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	mm		mm	
1	1.1	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.1	1.1	1.0	1.1
4	1.1	1.0	1.0	1.0
5	1.1	1.2	1.0	1.0
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.1</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>

### 5.1.3.2. Variación Dimensional

Se realiza con el propósito de definir la dispersión de las medidas de todas las muestras para conocer el grosor de cada junta para un muro confinado. Según Bartolomé (2011) señala que “si se incrementa 3 mm en el espesor de la junta horizontal (adicional al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en un 15 %; así mismo, disminuye la resistencia al corte”, por lo que es importante determinar estas variaciones.

**Figura 13**

*Determinación de las medidas del ladrillo*



**Tabla 28**

*Enjuiciamiento de datos de variación dimensional del ladrillo convencional*

N°	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ALTO (mm)		
	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)
1	222	0.05	0.00	129	0.05	0.05	74	0.00	0.00
2	222	0.10	0.05	130	0.00	0.00	73	0.05	0.00
3	222	0.00	0.05	130	0.05	0.05	74	0.10	0.05
4	223	0.10	0.00	129	0.05	0.00	74	0.05	0.05
5	222	0.05	0.00	129	0.10	0.00	73	0.05	0.00

**Tabla 29***Variación dimensional de los ladrillos con adición de 3% de aserrín de pino*

N°	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ALTO (mm)		
	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)
1	223	0.05	0.05	129	0.00	0.10	73	0.05	0.10
2	224	0.00	0.00	129	0.00	0.05	73	0.05	0.05
3	224	0.00	0.05	129	0.00	0.10	74	0.00	0.05
4	222	0.00	0.00	130	0.05	0.00	74	0.00	0.05
5	223	0.00	0.00	130	0.00	0.00	74	0.00	0.05

**Tabla 30***Variación dimensional de los ladrillos con adición de 5% de aserrín de pino*

N°	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ALTO (mm)		
	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)
1	222	0.00	0.05	129	0.10	0.00	73	0.00	0.10
2	223	0.05	0.00	129	0.05	0.05	73	0.05	0.00
3	222	0.00	0.05	130	0.00	0.00	73	0.10	0.00
4	222	0.00	0.05	130	0.00	0.05	74	0.00	0.10
5	223	0.00	0.00	130	0.00	0.00	74	0.05	0.05

**Tabla 31***Variación dimensional de los ladrillos con adición de 10% de aserrín de pino*

N°	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ALTO (mm)		
	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)
1	222	0.05	0.00	128	0.05	0.00	73	0.00	0.05
2	221	0.10	0.00	128	0.00	0.05	72	0.00	0.00
3	221	0.00	0.10	128	0.00	0.00	73	0.10	0.00
4	221	0.00	0.10	128	0.00	0.00	73	0.00	0.10
5	222	0.05	0.05	128	0.00	0.00	73	0.05	0.05

**Tabla 32**

*Variación dimensional de los ladrillos con adición de 15% de aserrín de pino*

N°	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ALTO (mm)		
	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)	Prom	Var (mm)	Var (%)
1	223.5	0.05	0.00	127.5	0.00	0.10	72	0.00	0.10
2	223	0.05	0.00	127.0	0.10	0.05	72	0.00	0.00
3	223	0.05	0.00	127.5	0.10	0.05	72	0.05	0.00
4	224	0.00	0.05	128.0	0.00	0.05	72	0.10	0.00
5	223	0.05	0.05	128.0	0.00	0.05	73	0.05	0.05

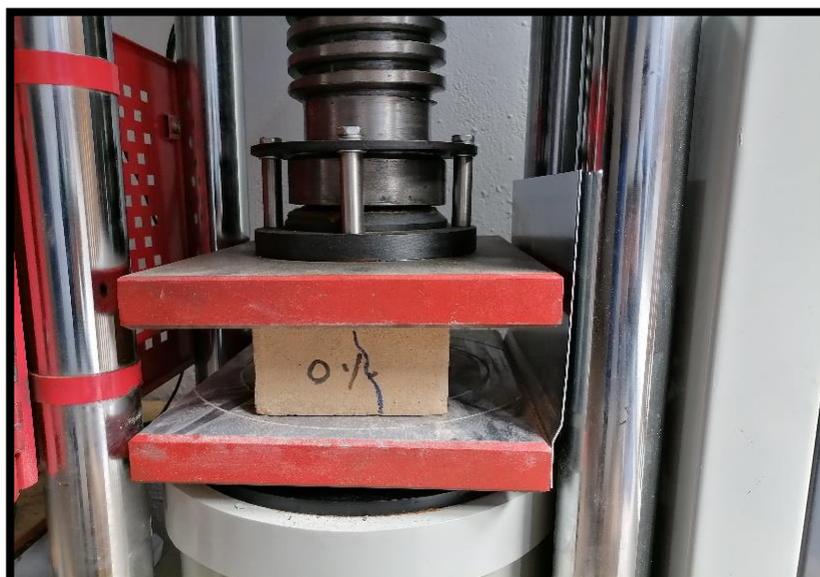
### **5.1.3.3. Resistencia a la Compresión**

Con esta prueba se determina la calidad y durabilidad de los ladrillos, por lo que es de importancia analizarlo para obtener una clasificación de acuerdo a la norma.

Como muestra se tomó 5 especímenes para cada porcentaje, estando de acuerdo a lo que indica la norma.

**Figura 14**

*Colocación de las muestras debajo de la compresora*



**Tabla 33***Enjuiciamiento de datos de resistencia a la compresión del ladrillo convencional*

MUESTRA	DIMENSIONES			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	COMPRESIÓN (kg-f/cm <sup>2</sup> )
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	220	120	72	50	2642	52.84
2	220	120	72	50	2634	52.68
3	220	120	72	50	2638	52.76
4	220	120	72	50	2645	52.90
5	220	120	72	50	2636	52.72
Promedio resistencia a la compresión (kg-f/cm <sup>2</sup> )						52.78

**Tabla 34***Enjuiciamiento de datos de resistencia a la compresión de ladrillos con adición de 3%  
de aserrín de pino*

MUESTRA	DIMENSIONES			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	COMPRESIÓN (kg-f/cm <sup>2</sup> )
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	220	120	72	50	2636	52.72
2	220	120	72	50	2632	52.64
3	220	120	72	50	2629	52.58
4	220	120	72	50	2632	52.64
5	220	120	72	50	2634	52.68
Promedio resistencia a la compresión (kg-f/cm <sup>2</sup> )						52.65

**Tabla 35**

*Enjuiciamiento de datos de resistencia a la compresión de ladrillos con adición de 5% de aserrín de pino*

MUESTRA	DIMENSIONES			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	COMPRESIÓN (kg-f/cm <sup>2</sup> )
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	220	120	72	50	2616	52.32
2	220	120	72	50	2618	52.36
3	220	120	72	50	2614	52.28
4	220	120	72	50	2610	52.20
5	220	120	72	50	2612	52.24
Promedio resistencia a la compresión (kg-f/cm <sup>2</sup> )						52.28

**Tabla 36**

*Enjuiciamiento de datos resistencia a la compresión para los ladrillos con adición de 10% de aserrín de pino*

MUESTRA	DIMENSIONES			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	COMPRESIÓN (kg-f/cm <sup>2</sup> )
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	220	120	72	50	2524	50.48
2	220	120	72	50	2521	50.42
3	220	120	72	50	2516	50.32
4	220	120	72	50	2520	50.40
5	220	120	72	50	2510	50.20
Promedio resistencia a la compresión (kg-f/cm <sup>2</sup> )						50.36

**Tabla 37**

*Enjuiciamiento de datos resistencia a la compresión para los ladrillos con adición de 15% de aserrín de pino*

MUESTRA	DIMENSIONES			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	COMPRESIÓN (kg-f/cm <sup>2</sup> )
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	220	120	72	50	2421	48.42
2	220	120	72	50	2429	48.58
3	220	120	72	50	2460	49.20
4	220	120	72	50	2419	48.38
5	220	120	72	50	2456	49.12
Promedio resistencia a la compresión (kg-f/cm <sup>2</sup> )						48.74

#### **5.1.4. Ensayos no clasificatorios para ladrillos de arcilla**

##### **5.1.4.1. Absorción**

La absorción se realizó con el fin de determinar el porcentaje de agua retenida en su interior, originado por la permeabilidad. Su efecto reside en la contribución de agua al barro generando variaciones a las características fundamentales como resistencia y trabajabilidad.

**Figura 15**

*Saturación en agua de las unidades de albañilería*



**Tabla 38***Enjuiciamiento de datos de absorción del ladrillo convencional*

<b>MUESTRA</b>	<b>Peso húmedo</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Peso agua</b>	<b>% Absorción</b>	<b>Promedio absorción (%)</b>
1	3741	3279	462	14.1	
2	3760	3289	471	14.3	
3	3752	3280	472	14.4	14.50
4	3751	3259	492	15.1	
3	3747	3270	477	14.6	

**Tabla 39***Enjuiciamiento de datos de absorción de los ladrillos con adición de 3% aserrín de pino*

<b>MUESTRA</b>	<b>Peso húmedo</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Peso agua</b>	<b>% Absorción</b>	<b>Promedio absorción (%)</b>
1	3710	3250	460	14.2	
2	3729	3258	471	14.5	
3	3725	3228	497	15.4	14.71
4	3730	3235	495	15.3	
3	3693	3232	461	14.3	

**Tabla 40***Enjuiciamiento de datos de absorción de los ladrillos con adición de 5% aserrín de pino*

<b>MUESTRA</b>	<b>Peso húmedo</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Peso agua</b>	<b>% Absorción</b>	<b>Promedio absorción (%)</b>
1	3665	3195	470	14.7	
2	3671	3189	482	15.1	
3	3670	3199	471	14.7	15.0
4	3665	3180	485	15.3	
3	3662	3179	483	15.2	

**Tabla 41**

*Enjuiciamiento de datos de absorción de los ladrillos con adición de 10% aserrín de pino*

MUESTRA	Peso húmedo	Peso seco	Peso agua	% Absorción	Promedio absorción (%)
1	3641	3160	481	15.2	
2	3621	3145	476	15.1	
3	3629	3150	479	15.2	15.19
4	3610	3136	574	15.1	
3	3607	3129	478	15.3	

**Tabla 42**

*Enjuiciamiento de datos de absorción de los ladrillos con adición de 15% aserrín de pino*

MUESTRA	Peso húmedo	Peso seco	Peso agua	% Absorción	Promedio absorción (%)
1	3610	3128	482	15.4	
2	3598	3115	483	15.5	
3	3585	3108	477	15.3	15.54
4	3554	3063	491	16.0	
3	3566	3090	476	15.4	

**5.1.4.2. *Peso Específico***

**Figura N° 16**

*Peso del ladrillo sumergido en agua*



**Tabla 43***Análisis de datos de peso específico del ladrillo convencional*

<b>DATOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Peso de la muestra SSS	3741	3760	3752	3751	3747	
Peso de la muestra SSS sumergida	1714	1760	1784	1799	1721	<b>PROMEDIO</b>
Peso de la muestra secada al horno	3279	3289	3280	3259	3270	
<b>RESULTADOS</b>						
Peso Específico de Masa	1.618	1.645	1.667	1.670	1.614	1.642
Peso Específico de Masa SSS	1.846	1.880	1.907	1.922	1.849	1.881
Peso Específico Aparente	2.095	2.151	2.193	2.232	2.111	2.156

**Tabla 44***Análisis de datos de peso específico de los ladrillos con adición de 3% aserrín de pino*

<b>DATOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Peso de la muestra SSS	3710	3729	3725	3730	3693	
Peso de la muestra SSS sumergida	1685	1720	1710	1722	1682	<b>PROMEDIO</b>
Peso de la muestra secada al horno	3250	3258	3228	3235	3232	
<b>RESULTADOS</b>						
Peso Específico de Masa	1.605	1.622	1.602	1.611	1.607	1.609
Peso Específico de Masa SSS	1.832	1.856	1.849	1.858	1.836	1.846
Peso Específico Aparente	2.077	2.118	2.126	2.138	2.085	2.109

**Tabla 45***Análisis de datos de peso específico de los ladrillos con adición de 5% aserrín de pino*

<b>DATOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Peso de la muestra SSS	3665	3671	3670	3665	3662	
Peso de la muestra SSS sumergida	1672	1674	1671	1648	1650	<b>PROMEDIO</b>
Peso de la muestra secada al horno	3195	3189	3199	3180	3179	
<b>RESULTADOS</b>						
Peso Específico de Masa	1.603	1.597	1.600	1.577	1.580	1.591
Peso Específico de Masa SSS	1.839	1.838	1.836	1.817	1.820	1.830
Peso Específico Aparente	2.098	2.105	2.094	2.076	2.079	2.090

**Tabla 46***Análisis de datos de peso específico de ladrillos con adición de 10% aserrín de pino*

<b>DATOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Peso de la muestra SSS	3641	3621	3629	3610	3607	
Peso de la muestra SSS sumergida	1625	1606	1652	1613	1608	<b>PROMEDIO</b>
Peso de la muestra secada al horno	3160	3145	3150	3136	3129	
<b>RESULTADOS</b>						
Peso Específico de Masa	1.567	1.561	1.593	1.570	1.565	1.571
Peso Específico de Masa SSS	1.806	1.797	1.836	1.808	1.804	1.810
Peso Específico Aparente	2.059	2.044	2.103	2.059	2.057	2.064

**Tabla 47***Análisis de datos de peso específico de ladrillos con adición de 15% aserrín de pino*

<b>DATOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Peso de la muestra SSS	3610	3598	3585	3554	3566	
Peso de la muestra SSS sumergida	1603	1607	1578	1590	1574	<b>PROMEDIO</b>
Peso de la muestra secada al horno	3228	3115	3108	3063	3090	
<b>RESULTADOS</b>						
Peso Específico de Masa	1.559	1.565	1.549	1.56	1.551	1.556
Peso Específico de Masa SSS	1.799	1.807	1.786	1.81	1.79	1.798
Peso Específico Aparente	2.051	2.066	2.031	2.079	2.038	2.053

**5.1.5. Ensayos en prismas de albañilería**

Para este tipo de pruebas trabajamos con especímenes a los cuales llamamos pilas y muretes. Estas muestras tienen las mismas características con las que se construye un muro de mampostería. De estos ensayos obtenemos las resistencias a compresión en pilas y a corte en muretes.

**5.1.5.1. Resistencia a compresión axial en pilas**

Estas muestras se construyeron con el fin de que, al evaluarlos a compresión axial por medio de máquinas, obtengamos datos que nos faculten establecer la resistencia a compresión axial ( $f'm$ ) y el módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_m$ ).

**Tabla 48**

*Factor de corrección a la edad de 14 y 21 días para pilas y muretes*

TABLA 8 INCREMENTO DE $f_m$ y $v_m$ POR EDAD			
	Edad	14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

FUENTE: NTP E 070.

**Figura 17**

*Colocación de las pilas debajo de la maquina compresora para aplicar la carga*



**Tabla 49**

*Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas del ladrillo convencional*

Pila	Dimensiones			Área (cm <sup>2</sup> )	Esbeltez	Factor de Corrección (C)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)			
1	22.2	13	32.8	288.6	1.48	0.8
2	22.3	12.8	33	285.4	1.48	0.8
3	22.1	13.2	32.5	274	1.47	0.8

Muestra	Carga (kg.f)	Resistencia Axial (f'm-kg.f/cm <sup>2</sup> )
1	8543	26.05
2	8211	25.31
3	8232	26.44

**Tabla 50**

*Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 3% aserrín de pino*

Pila	Dimensiones			Área (cm <sup>2</sup> )	Esbeltez	Factor de Corrección (C)
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	22.30	13.00	33.20	289.9	1.49	0.80
2	22.50	13.20	33.50	297.0	1.49	0.80
3	22.10	12.90	33.00	285.1	1.49	0.80

Muestra	Carga (kg.f)	Resistencia Axial (f'm-kg.f/cm <sup>2</sup> )
1	7962	24.17
2	7965	23.60
3	7821	24.14

**Tabla 51**

*Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 5% aserrín de pino*

Pila	Dimensiones			Área (cm <sup>2</sup> )	Esbeltez	Factor de Corrección (C)
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	22.20	13.00	33.50	288.6	1.51	1.10
2	22.50	13.20	33.20	297.0	1.48	1.10
3	22.00	12.80	33.30	281.6	1.51	1.10

Muestra	Carga (kg.f)	Resistencia Axial (f'm-kg.f/cm <sup>2</sup> )
1	7462	22.75
2	7765	23.01
3	7621	23.82

**Tabla 52**

*Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 10% aserrín de pino*

Pila	Dimensiones			Área (cm <sup>2</sup> )	Esbeltez	Factor de Corrección (C)
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	22.20	13.00	33.50	288.6	1.51	1.10
2	22.30	13.30	33.30	296.6	1.49	1.10
3	22.10	12.90	33.20	258.1	1.50	1.10

Muestra	Carga (kg.f)	Resistencia Axial (f'm-kg.f/cm <sup>2</sup> )
1	7262	22.14
2	7265	21.56
3	7221	22.29

**Tabla 53**

*Análisis de datos de resistencia a compresión axial en pilas de los ladrillos con adición de 15% aserrín de pino*

Pila	Dimensiones			Área (cm <sup>2</sup> )	Esbeltez	Factor de Corrección (C)
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)			
1	22.20	13.00	33.40	288.6	1.50	1.10
2	22.10	13.50	33.50	298.4	1.52	1.10
3	22.40	13.20	33.20	295.7	1.48	1.10

Muestra	Carga (kg.f)	Resistencia Axial (f'm-kg.f/cm2)
1	7062	21.53
2	7065	20.84
3	7021	20.90

### 5.1.5.2. Resistencia a compresión diagonal en muretes

La prueba radica en fabricar una pared graduada con las unidades a evaluar. Estas muestras se construyeron con el propósito de que a imponerlos a pruebas mecánicas de compresión diagonal por medio de máquinas podamos conseguir la resistencia a compresión diagonal  $V'm$  (corte).

**Figura 18**

*Resistencia a compresión diagonal*



**Tabla 54**

*Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes del ladrillo convencional*

Muestra	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (Tonf)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
MRT-1	60.00	60.00	12.30	1033.20	4790	5.3
MRT-2	60.00	60.00	12.40	1041.85	4795	5.3
MRT-3	60.05	60.03	12.20	1025.41	4723	5.3
Promedio						5.3
Desviación estándar						0.0
Resistencia característica al corte						5.3

**Tabla 55**

*Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes de los ladrillos con adición de 3% aserrín de pino*

Muestra	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (Tonf)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
MRT-1	60.10	60.14	12.30	1032.59	4695	5.2
MRT-2	60.20	60.15	12.20	1024.80	4686	5.3
MRT-3	60.09	60.12	12.50	1048.75	4698	5.2
Promedio						5.2
Desviación estándar						0.1
Resistencia característica al corte						5.2

**Tabla 56**

*Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes de los ladrillos con adición de 5% aserrín de pino*

Muestra	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (Tonf)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
MRT-1	60.15	60.14	12.50	1047.50	4595	5.0
MRT-2	60.20	60.15	12.30	1031.36	4586	5.1
MRT-3	60.19	60.12	12.40	1036.64	4598	5.1
Promedio						5.1
Desviación estándar						0.0
Resistencia característica al corte						5.0

**Tabla 57**

*Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes de los ladrillos con adición de 10% aserrín de pino*

Muestra	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (Tonf)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
MRT-1	60.05	60.15	12.20	1021.14	4395	4.9
MRT-2	60.12	60.05	12.50	1012.53	4386	5.0
MRT-3	60.00	60.10	12.10	1012.53	4398	5.0
Promedio						5.0
Desviación estándar						0.0
Resistencia característica al corte						5.0

**Tabla 58**

*Análisis de datos de resistencia a compresión diagonal en muretes de los ladrillos con adición de 15% aserrín de pino*

Muestra	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (Tonf)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
MRT-1	60.10	60.00	12.20	1003.20	4295	4.9
MRT-2	60.00	60.05	12.30	1011.56	4286	4.9
MRT-3	60.00	60.08	12.10	1011.56	4298	4.9
Promedio						4.9
Desviación estándar						0.0
Resistencia característica al corte						4.9

## 5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

### 5.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados para ladrillos de arcilla

#### 5.2.1.1. Arena fina

**Tabla 59**

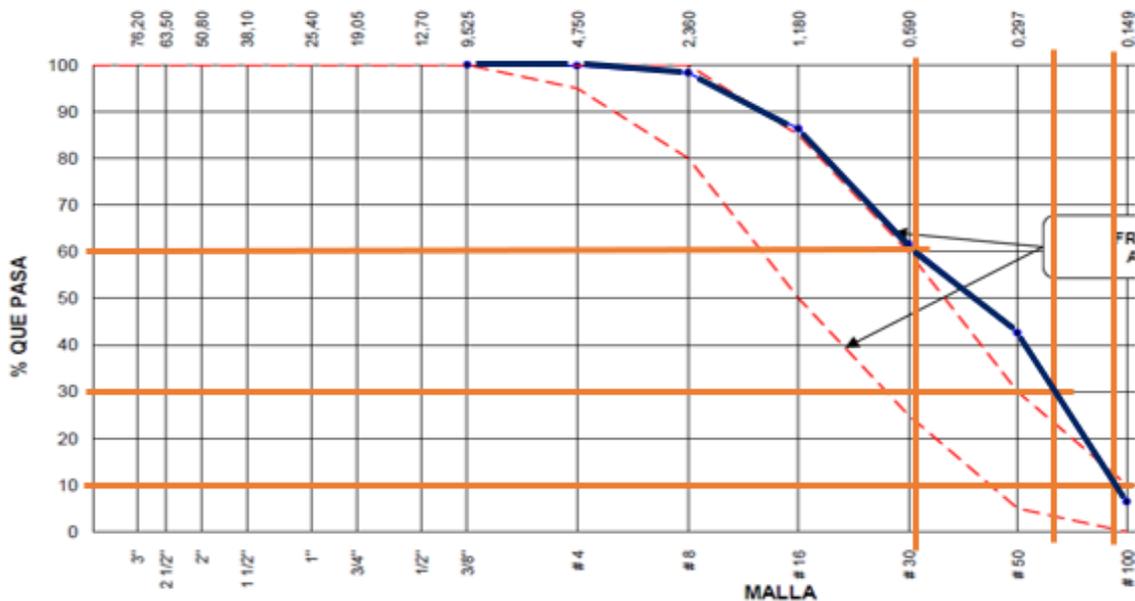
*Resultados del Análisis Granulométrico*

DESCRIPCIÓN	DATOS
Granulometría	
Módulo de Finura (MF)	2.05

La tabla 59 nos muestra el resultado obtenido para la granulometría, teniendo como módulo de finura 2.05, con este resultado decimos que esta arena es de finura media, porque se sabe que la arena esta entre 0.075 mm a 4.75 mm, y este valor está cerca al promedio de estos parámetros, con este diámetro de arena se elaboró las unidades artesanales, ya que para estas actividades no existe valores estándar para tener en cuenta.

**Figura 19**

*Curva granulométrica de la arena*



De la figura 19 podemos ver que esta arena no se encuentra dentro de la frontera granulométrica de arena gruesa, por lo que igual a lo se deduce de acuerdo a su módulo de fineza, se considera como una arena de grano medio.

Para la clasificación de acuerdo a la norma SUCS, pero ya conociéndose que se trata de un suelo con partículas gruesas, considerándose como arena, por estar dentro del conjunto de tamices N° 4 y N° 100, se realiza la clasificación de acuerdo a los coeficientes de Allen Hazen, Coeficiente de Uniformidad (Cu) y Coeficiente de Curvatura (Cc), que son los porcentajes de 10, 30 y 60 que pasan por los diámetros respectivos.

Coeficientes de Allen Hazen

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 9}$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 10}$$

$$D_{10} = 0.16$$

$$D_{30} = 0.25$$

$$D_{60} = 0.58$$

$$Cu = \frac{0.58}{0.16}$$

$$Cc = \frac{(0.25)^2}{0.16 * 0.58}$$

$$Cu = 3.625$$

$$Cc = 0.673$$

Después de calcular los coeficientes de Allen Hazen en la curva granulométrica en la figura 19 y viendo que éstos no complacen las condiciones de gradación para una arena tipo SW, porque el Cu no es mayor a 6 y el Cc no está dentro de los parámetros 1 - 3, logramos determinar que esta arena es de tipo SP, considerándose como arena mal gradada, arena que contiene grava, pero con poca o nada de materia fina.

### 5.2.1.2. Arcilla

**Tabla 60**

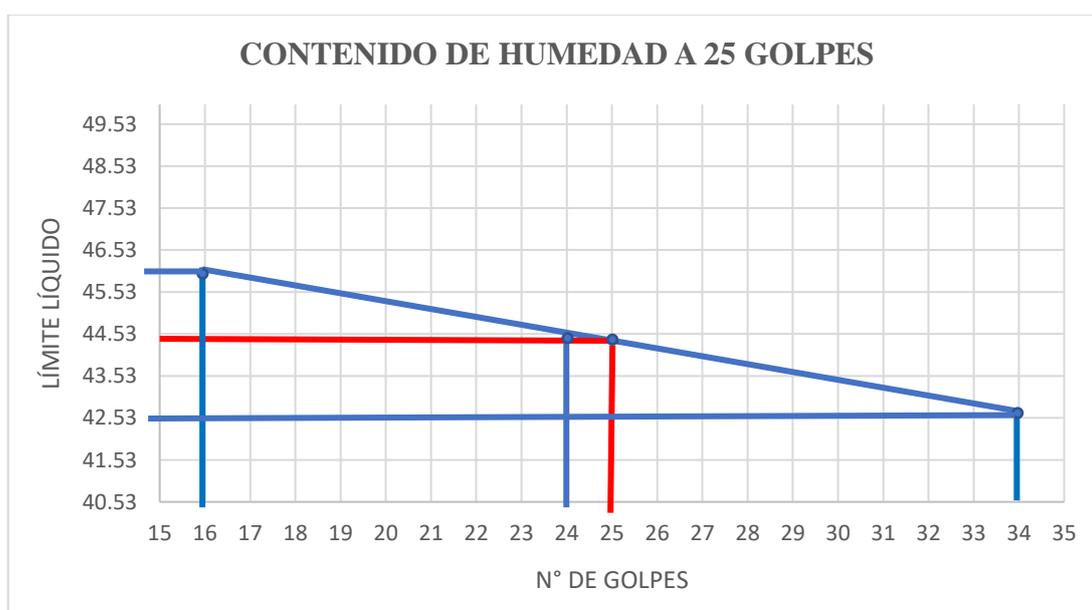
*Resultado de los Límites de Consistencia*

Muestra	N° golpes	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
1	34	42.53	27.27	
2	24	44.37	27.27	17.15
3	16	46.36	27.27	
<b>Promedio</b>	24.67	44.42	27.27	17.15

De la tabla 60 donde se presenta el cálculo de los límites de consistencia; para el límite líquido, de acuerdo a la cantidad de golpes de la cápsula que ocasionan el cierre de la ranura, se obtiene un límite líquido promedio de 44.42 y como límite plástico se tiene un promedio de 27.27, con estos datos se obtuvo un índice de plasticidad de 17.15, según Alberth Maurits Arterberg, este suelo se clasifica como limo arcilloso.

**Figura 20**

*Límite líquido y límite plástico*



En la figura 20 se visualiza el gráfico para el límite líquido vs. el N° de golpes que cierra la cazuela de bronce, se evaluó 3 muestras (ver tabla 60), al unir los puntos del límite líquido y numero de golpes se genera una recta, esta recta se intercepta con 25 golpes de la que se obtiene un aproximado de 44.4 de límite líquido, este valor nos indica que esta arcilla tiene una compresibilidad media (30 a 50).

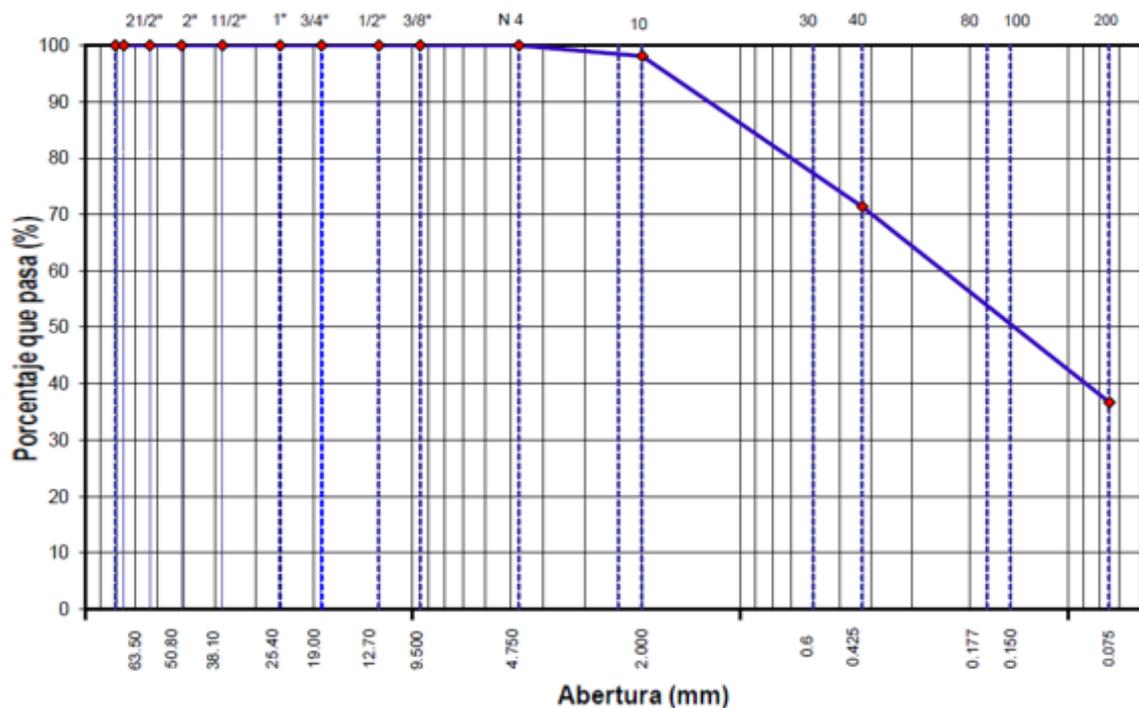
**Tabla 61**

*Resultados del Análisis Granulométrico*

DESCRIPCIÓN	DATOS
Granulometría	
Material fino que pasa por la malla N° 4	100%
Material más fino que pasa por la malla N° 200	36.7%

**Figura 21**

*Curva granulométrica de la arcilla*



De acuerdo a la cantidad de agregado que pasa por la malla N° 200 se decretan dos clases esenciales, suelo de grano grueso son aquellos que no pasan más del 35% por la malla N°200, los suelos que exceden este porcentaje son clasificados como suelos limo - arcillosos (más del 35% pasa por la malla N° 200). (Chacón, Ordóñez y Varón, 2016, pag. 28). De la tabla 61 y la figura 21 se analiza los datos logrando clasificar de acuerdo a la norma AASHTO como un suelo limo – arcilloso; ya que por el tamiz N° 200 pasa un 36.7 % de material.

De acuerdo a la norma SUCS planteado por Casagrande en la que clasifica como suelos gruesos, suelos finos y suelos orgánicos, según (Fonseca, 2008) se clasifica como suelo grueso si superior al 50% de muestra se retiene en la malla N°200 y suelo fino si más del 50% de muestra pasa por dicha malla.

De acuerdo al párrafo anterior y a los cálculos realizados se clasifica como suelo de partículas finas, considerada como limos y arcillas, además, según los datos de la tabla 60 (límites de consistencia) al ubicar en la carta de plasticidad SUCS, se clasificó como limos y arcillas de baja o media plasticidad (ML, CL u OL).

### **5.2.1.3. Aserrín de pino**

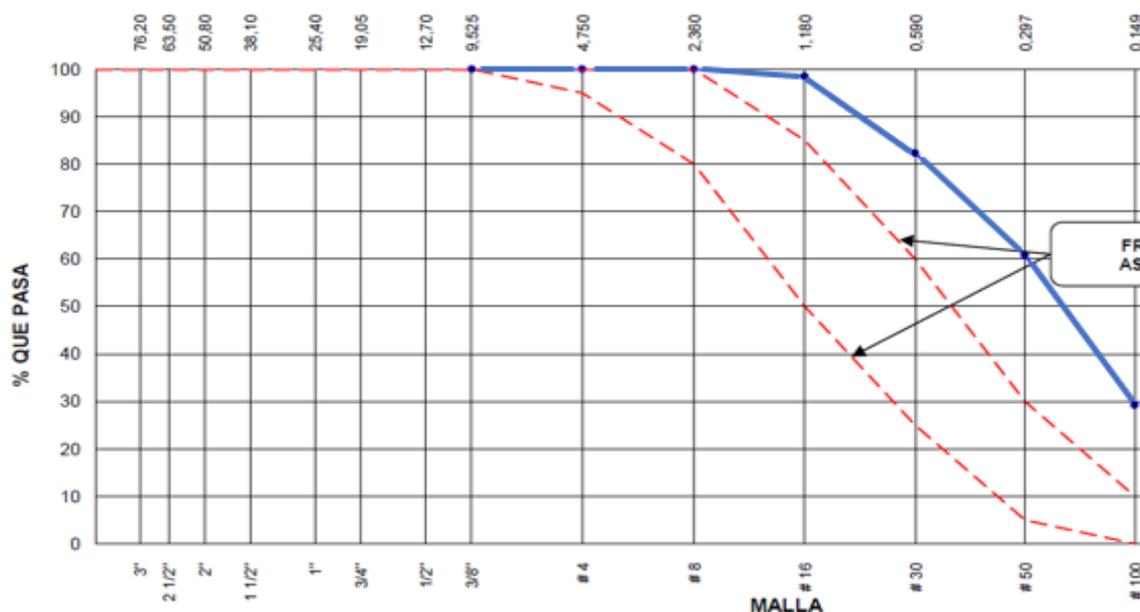
**Tabla 62**

*Resultado del Análisis Granulométrico*

DESCRIPCIÓN	DATOS
Granulometría	
Módulo de Finura (MF)	1.29

**Figura 22**

*Curva granulométrica del aserrín de pino*



En la tabla 62 y la figura 22 se tiene los datos de la granulometría para el aserrín, se sabe que para este material no existe normas para su procedimiento, pero se vio por conveniente realizar su granulometría para ver la distribución de sus partículas, este ensayo se realizó con los tamices para agregado fino, teniendo como módulo de finura 1.29, lo que podemos decir que es un material de partículas muy pequeñas.

**Comparación entre la arena fina, arcilla y el aserrín de pino**

**Tabla 63**

*Resumen de los datos de la arena fina, arcilla y aserrín de pino*

DESCRIPCIÓN	DATOS ARENA	DATOS ARCILLA	DATOS ASERRÍN DE PINO
Módulo de Fineza (MF)	2.05		1.29
Material más fino que pasa por la malla N° 200	0.00%	36.70%	0.00%
Límite Líquido		44.42	
Límite Plástico		27.27	
Índice de Plasticidad		17.15	

Los agregados empleados en la fabricación de las unidades artesanales alcanzaron los resultados de la tabla 63, estos resultados nos facilitaron el proceso de mezclado y moldeado, estos ensayos se tomaron como prioridad para lograr una clasificación de la arcilla y la arena, para el caso del aserrín se realizó la granulometría para determinar la dimensión de sus partículas.

## 5.2.2. Ensayos clasificatorios para los ladrillos de arcilla

### 5.2.2.1. Alabeo

**Tabla 64**

*Comparación de la concavidad y convexidad máxima en superficie y borde de los ladrillos*

MUESTRA	SUPERFICIE		BORDE		TOLERANCIA
	CÓNCAVO Máximo obtenido (mm)	CONVEXO	CÓNCAVO Máximo obtenido (mm)	CONVEXO	
MUESTRA PATRÓN 0% DE ADICIÓN	1.1	1.1	1.0	0.9	Máximo 4 mm
MUESTRA CON 3% DE ASERRÍN DE PINO	1.3	1.1	1.0	1.0	Máximo 4 mm
MUESTRA CON 5% DE ASERRÍN DE PINO	1.1	1.2	1.0	1.1	Máximo 4 mm
MUESTRA CON 10% DE ASERRÍN DE PINO	1.2	1.3	1.1	1.1	Máximo 4 mm
MUESTRA CON 15% DE ASERRÍN DE PINO	1.1	1.2	1.0	1.1	Máximo 4 mm

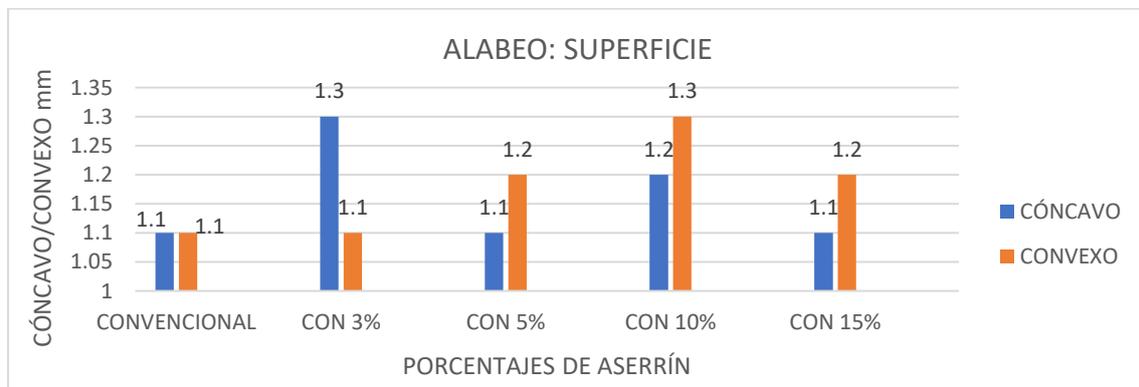
En la tabla 64 se presenta los resultados máximos alcanzados para los 5 especímenes con cada fracción de aserrín, donde se obtuvo resultados con escaso alabeo, siendo las máximas de 1.3 y 1.1 mm en superficie y borde respectivamente, de acuerdo a la norma E. 070 se clasifica como tipo V, al ser el alabeo máximo 2 mm permitido.

En la tesis “Las propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz – 2016” concluyen que las muestras no presentan distorsión alguna para la concavidad y convexidad, lo mismo ocurre en la presente investigación, encontrándose entre los valores de 1.1 - 1.3 en superficie y 0.9 - 1.2 en borde.

En la tesis “Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca” a todas las ladrilleras evaluadas según el alabeo clasifican como tipo V, la misma clasificación se obtiene en el presente proyecto.

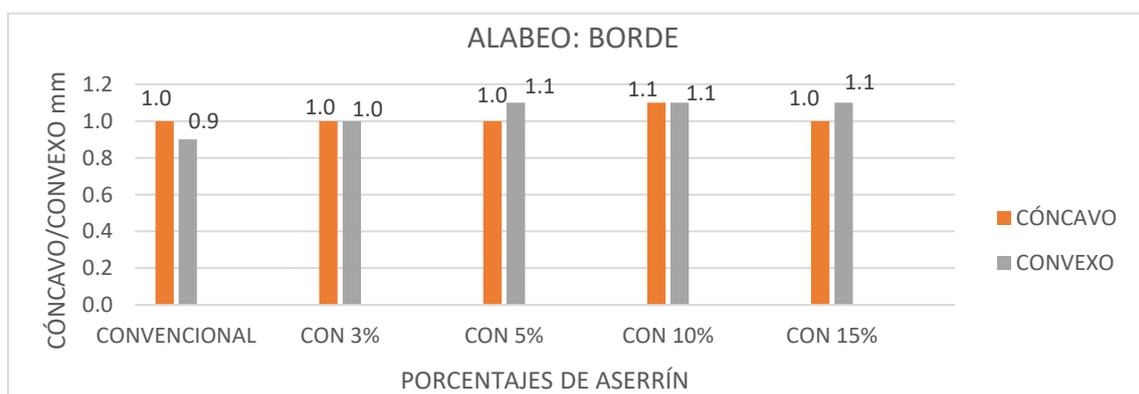
**Figura 23**

*Comparación entre concavidad y convexidad en superficie*



**Figura 24**

*Comparación de concavidad y convexidad en borde*



En las figuras 23 y 24 se compara los valores máximos alcanzados en el alabeo de superficie y borde de los ladrillos con cada porcentaje de aserrín adicionado, teniendo como mayor variación en la superficie, pero no supera a los 4 mm que se estipula en norma.

La prueba de Alabeo presenta la relación directa entre mampostería y espesor de junta, es decir, cuando sea más cóncavo o convexo, el ladrillo tiende a utilizar un mortero de mayor espesor. Además, el alabeo que tenga puede causar pérdida de adhesión de las unidades con el mortero cuando se forma espacios libres en el área donde prevalece el alabeo, originando posiblemente grietas de tracción en las unidades.

#### 5.2.2.2. Variación Dimensional

**Tabla 65**

*Comparación de los valores promedios de la variación dimensional entre el ladrillo convencional y con la adición de aserrín de pino*

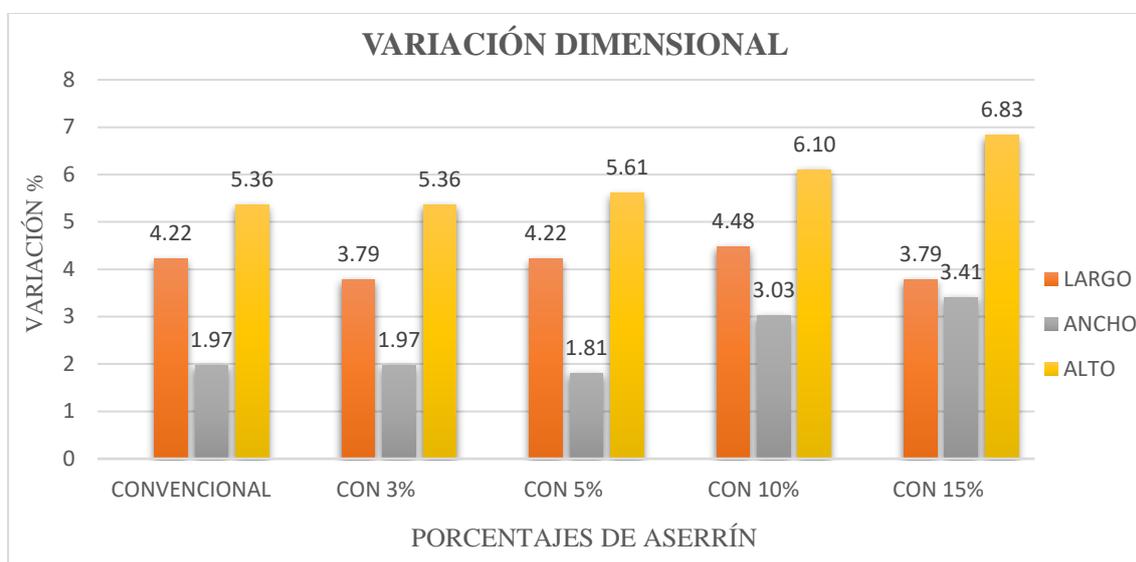
IDENT.	ESP.	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ALTO (mm)		
		PROM.	VAR. (mm)	VAR. (%)	PROM.	VAR. (mm)	VAR. (%)	PROM.	VAR. (mm)	VAR. (%)
CONVENCIONAL	EP	222.2	0.98	4.22	129.4	0.26	1.97	77.6	0.44	5.36
CON 3% DE ASERRÍN DE PINO	EP	223.2	0.88	3.79	129.4	0.26	1.97	77.6	0.44	5.36
CON 5% DE ASERRÍN DE PINO	EP	222.2	0.98	4.22	129.6	0.24	1.81	77.4	0.46	5.61
CON 10% DE ASERRÍN DE PINO	EP	221.6	1.04	4.48	128	0.4	3.03	77	0.5	6.10
CON 15% DE ASERRÍN DE PINO	EP	223.2	0.88	3.79	127.5	0.45	3.41	76.4	0.56	6.83

Analizando los resultados de la tabla 65 expresados en milímetros se observa que los valores no siguen una secuencia ascendente o descendente para determinar si el aserrín hace variar sus dimensiones. Obteniéndose como mayor variación con el 15 %.

Considerando que estos resultados corresponden a cada muestra estudiada con la ausencia y presencia de aserrín de pino; se puede suponer, que es producto de la forma como se lleva a cabo el procedimiento de moldeado en la región. Aunque se conoce que el procedimiento es idéntico en todas las ladrilleras artesanales, asimismo afecta la forma que los artesanos manipulan los ladrillos luego de su moldeo, cuando los llevan hacia el lugar donde secarán y la forma como son colocados en el suelo.

**Figura 25**

*Comparación de la variación dimensional entre largo, ancho y alto*



La figura 25 muestra la comparación entre largo, ancho y alto de los ladrillos, de donde deducimos que al adicionar porcentajes de aserrín si influye en la variación de las dimensiones del ladrillo artesanal, ya que con el 15 % de aserrín se obtiene (L = 3.79%, A = 3.41% y H = 6.83%); según el RNE Norma E.070 estos ladrillos se clasifican como de clase II.

### 5.2.2.3. Resistencia a Compresión

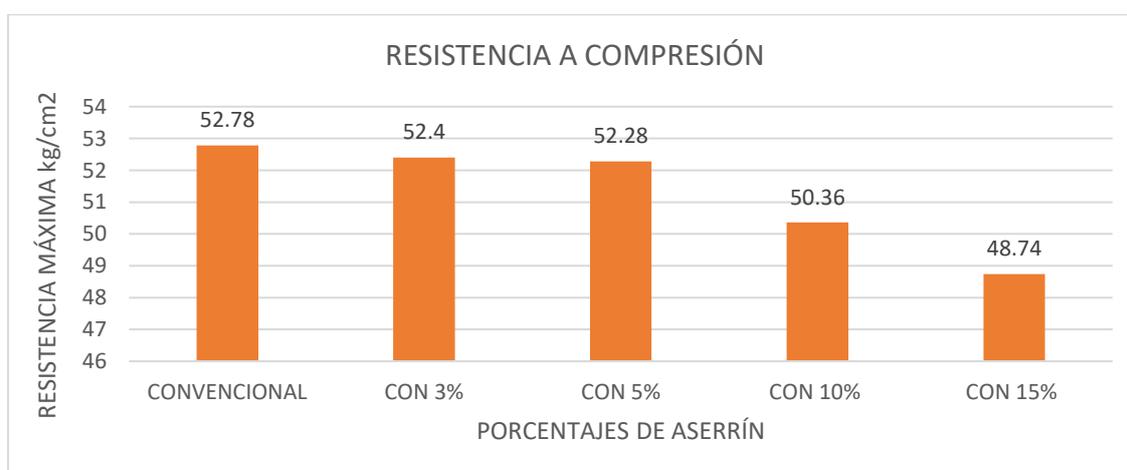
**Tabla 66**

*Comparación de los valores promedios del porcentaje de absorción entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino*

IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIFICACIÓN
CONVENCIONAL	52.78	TIPO I
CON 3% DE ASERRÍN DE PINO	52.4	TIPO I
CON 5% DE ASERRÍN DE PINO	52.28	TIPO I
CON 10% DE ASERRÍN DE PINO	50.36	TIPO I
CON 15% DE ASERRÍN DE PINO	48.74	TIPO I

**Figura 26**

*Comparación de las resistencias con y sin porcentajes de aserrín*



Al realizar el análisis de la tabla 66 y figura 26, se visualiza que con el ladrillo convencional y con los porcentajes de 3%, 5% y 10% se sobrepasa la resistencia mínima indicada por la norma, que es de 50 kg/cm<sup>2</sup> en muros portantes para ladrillos artesanales, clasificándolos a estas unidades como Tipo I, con respecto a las unidades con 15% de aserrín de pino no logran ser clasificados por obtener una resistencia por debajo de la mínima.

En la tesis “Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente” donde el autor concluye que conforme se incrementa los porcentajes de aserrín, la resistencia disminuye, en esta investigación concluimos lo mismo, ya que, por cada incremento de aserrín añadido, la resistencia a compresión en unidades tiende a disminuir.

### 5.2.3. Ensayos no clasificatorios para los ladrillos de arcilla

#### 5.2.3.1. Absorción

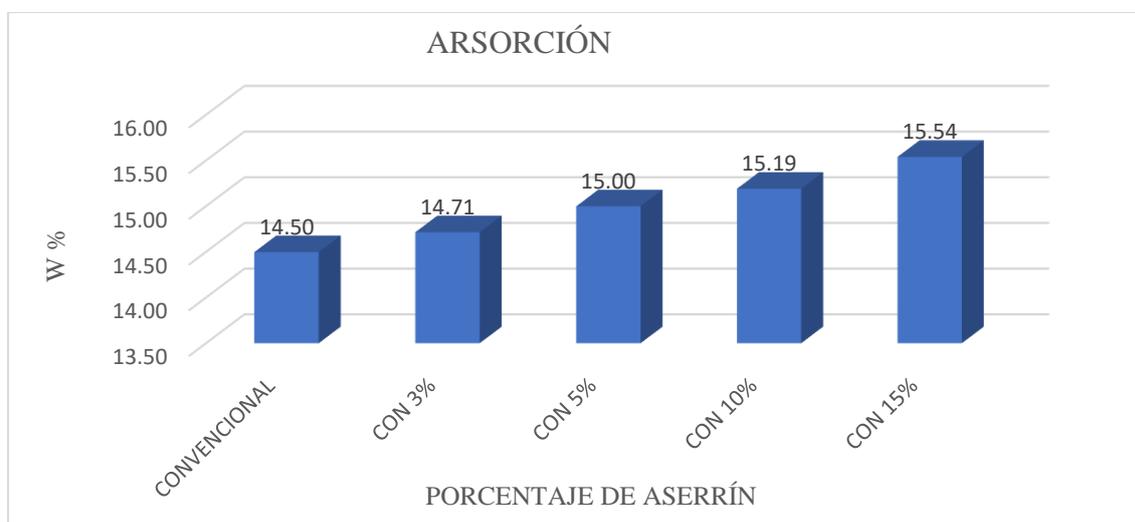
**Tabla 67**

*Comparación de los valores promedios del porcentaje de absorción entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino*

IDENTIFICACIÓN	W (%) PROMEDIO
CONVENCIONAL	14.50
CON 3% DE ASERRÍN DE PINO	14.71
CON 5% DE ASERRÍN DE PINO	15.00
CON 10% DE ASERRÍN DE PINO	15.19
CON 15% DE ASERRÍN DE PINO	15.54

**Figura 27**

*Comparación de la absorción del ladrillo con y sin porcentajes de aserrín de pino*



La tabla 67 y la figura 27 muestran los resultados promedios de la absorción de los ladrillos artesanales ensayadas, de donde deducimos que, al adicionar porcentajes de aserrín pino, la absorción de los ladrillos aumenta, obteniéndose como máxima absorción con el porcentaje de 15% ( $W = 15.54\%$ ); pero que no exceden a lo que se establece en la norma, el cual indica como límite una absorción máxima del 22%. Conforme a ese resultado estas unidades sí cumplen para su clasificación como unidades de albañilería.

Este desempeño es muy común en las unidades artesanales, porque como se pudo observar que, en el transcurso del proceso de amasado, el barro que es colocado en el molde no es apelmazado con máquinas lo que producirá una cantidad superior de poros en su masa y con un nivel de alteración extenso.

En la tesis “Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca” las unidades convencionales tienen una absorción por debajo del 22%, la mínima es de 13.27%; para este proyecto la absorción es 14.5% para el convencional, incrementándose conforme se aumenta los porcentajes de adición del aserrín.

#### 5.2.3.2. *Peso Específico*

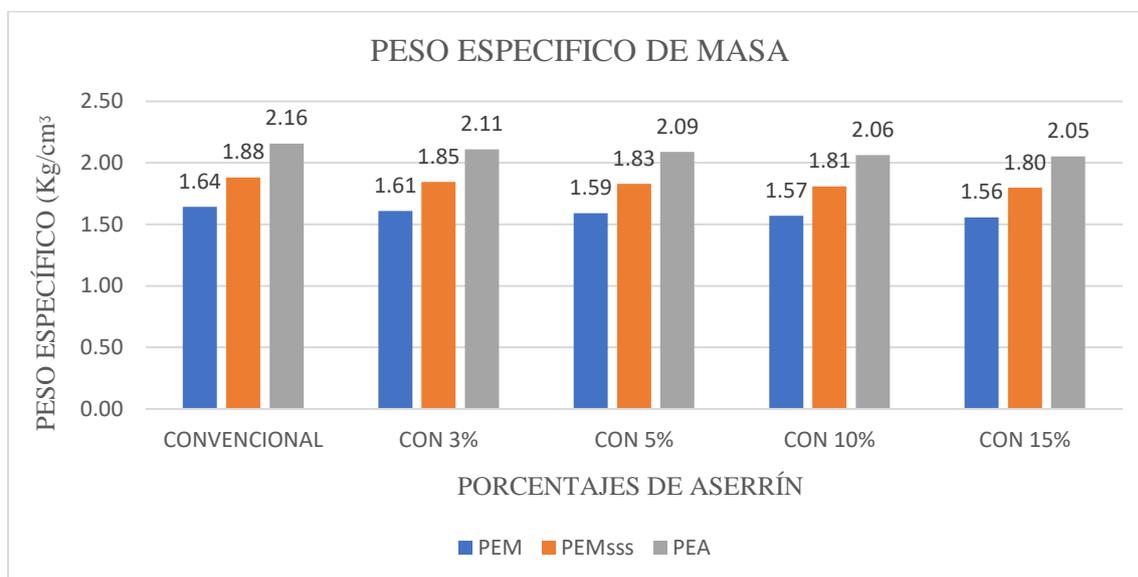
**Tabla 68**

*Comparación de los valores promedios del peso específico entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino*

Identificación	Peso Esp. de Masa	Peso Esp. de Masa S.S.S.	Peso Esp. Aparente
Convencional	1.642	1.881	2.156
3% de Aserrín	1.609	1.846	2.109
5% de Aserrín	1.591	1.830	2.090
10% de Aserrín	1.571	1.810	2.064
15% de Aserrín	1.556	1.798	2.053

**Figura 28**

*Comparación del peso específico con y sin aserrín de pino*



La tabla 68 y el gráfico 28 muestran los resultados promedios del peso específico de cada una de las muestras; de donde podemos observar que por cada adición ascendente de aserrín de pino el peso del ladrillo disminuye, siendo estas unidades de gran utilidad en muros que no reciben demasiada carga, la variación del peso específico de masa entre el ladrillo convencional y las muestras con el 15% de aserrín es 5.24%.

#### **5.2.4. Ensayos en Prismas de Albañilería**

##### **5.2.4.1. Resistencia a Compresión Axial en Pilas**

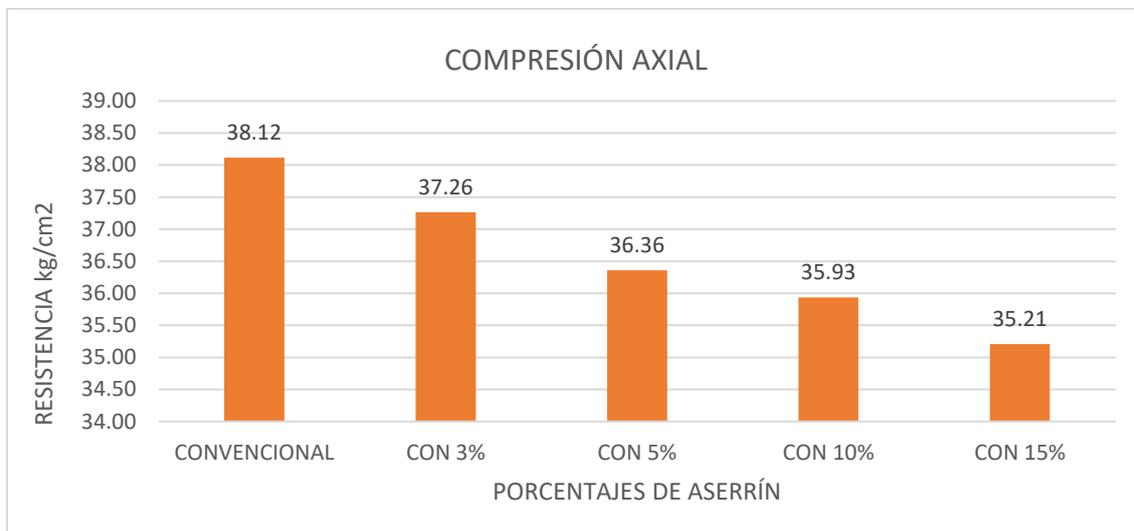
**Tabla 69**

*Comparación de los resultados promedios de la resistencia a compresión axial en pilas entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín de pino*

CÓDIGO/MUESTRA	RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
CONVENCIONAL	38.12
CON 3% DE ASERRÍN DE PINO	37.26
CON 5% DE ASERRÍN DE PINO	36.36
CON 10% DE ASERRÍN DE PINO	35.93
CON 15% DE ASERRÍN DE PINO	35.21

**Figura 29**

*Comparación de la resistencia a compresión axial de los ladrillos con y sin porcentajes de aserrín de pino*



De los resultados alcanzados y que se presentan en la tabla 69 y figura 29 podemos deducir que todas las muestras logran el porcentaje mínimo que determina la norma para este tipo de ensayos, obteniendo la resistencia máxima en el ladrillo convencional el cual fue 38.12 kg/cm<sup>2</sup> y la más baja 35.12 kg/cm<sup>2</sup> con 15% de aserrín, el cual si puede ser usado para diseño de muros de albañilería.

**Tabla 70**

*Resistencias características de la albañilería para pilas (kg/cm<sup>2</sup>)*

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

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)

La falla que mayormente se produjo en las pilas fueron por aplastamiento de la de las hiladas superiores a la inferior, el cual ocasionó que estos ladrillos se rompieran por efecto de la elevada carga producida sobre estos ladrillos.

**Figura 30**

*Fallas comunes generadas en las pilas*



En la tesis “Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca” algunas ladrilleras obtuvieron resultados por debajo de la norma y otras si cumplieron con lo mínimo establecido, obteniéndose como mayor resistencia  $f'm = 46.64 \text{ kg/cm}^2$ , en esta investigación con todos los porcentajes de aserrín se cumplió con la norma, pero disminuyendo la resistencia conforme se aumenta los porcentajes de adición del residuo.

#### 5.2.4.2. Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes

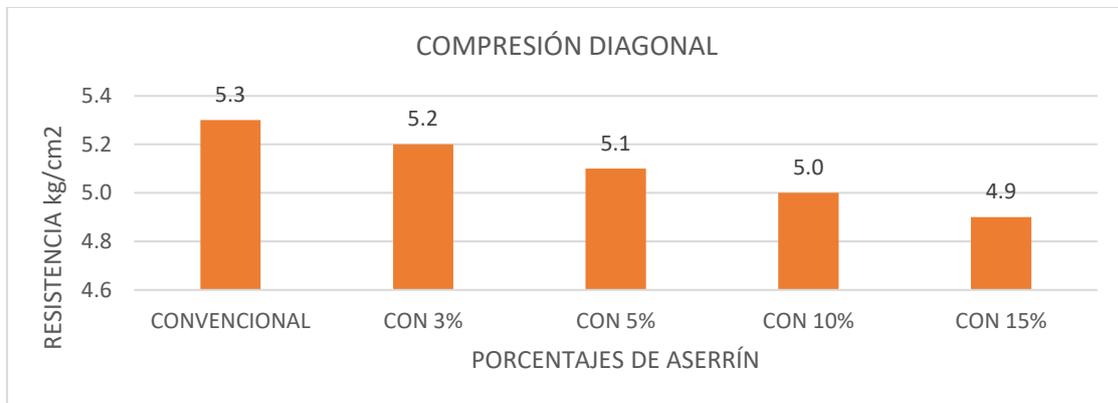
**Tabla 71**

*Comparación de los resultados promedios de la resistencia a compresión diagonal en muretes entre el ladrillo convencional y con adición de aserrín*

CÓDIGO/MUESTRA	RESISTENCIA AL CORTE MÁXIMA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
CONVENCIONAL	5.3
CON 3% DE ASERRÍN DE PINO	5.2
CON 5% DE ASERRÍN DE PINO	5.1
CON 10% DE ASERRÍN DE PINO	5.0
CON 15% DE ASERRÍN DE PINO	4.9

**Figura 31**

*Comparación de la resistencia a compresión diagonal de los ladrillos con y sin porcentajes de aserrín de pino*



De los datos mostrados en la tabla 71 y la gráfica 31 podemos deducir que no todas las muestras logran el porcentaje mínimo que determina la norma para este tipo de ensayos, el ladrillo convencional y los elaborados con 3% y 5% superan los 5.1 kg/cm<sup>2</sup> que se indica en la norma 339.613, lo que no ocurre con los ladrillos de 10% y 15% que lograron una resistencia por debajo de los 5.1 kg/cm<sup>2</sup>.

También podemos determinar que las resistencias a corte con adición de aserrín no supera la resistencia del ladrillo convencional, logrando como resistencia mayor 5.3 kg/cm<sup>2</sup> para el ladrillo sin aserrín y la mínima fue 4.9 kg/cm<sup>2</sup> con 15% de aserrín.

**Tabla 72**

*Resistencias características de la albañilería para muretes (kg/cm<sup>2</sup>)*

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

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)

Las fallas que mostraron los especímenes fueron por tracción mediante su eje diagonal (mala adherencia del mortero - albañilería), aplastamiento (hubo buena conexión mezcla – ladrillo) pero la baja resistencia a la compresión de las unidades ocasionó aplastamiento por fuerza excesiva.

**Figura 32**

*Fallas comunes generadas en los muretes*



En la tesis “Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca” en todas las ladrilleras se obtuvo resistencia por debajo de lo que indica la norma, obteniéndose como mayor resistencia al corte  $v'm = 4.98 \text{ kg/cm}^2$ , en este proyecto si cumplió para el ladrillo convencional y con ciertos porcentajes de adición, teniendo una tendencia a disminuir la resistencia conforme se aumenta la adición de aserrín.

#### **5.2.5. Costo de producción de los ladrillos con y sin porcentaje de aserrín de pino**

Todos los agregados fueron obtenidos de la cantera del señor Tomás, aunque no será un costo exacto para cada agregado, pero de acuerdo al precio que tienen las unidades terminadas, se dará un valor a cada materia utilizada. El cálculo se hará para una muestra de 100 unidades convencionales y luego se adicionará el aserrín de pino.

La arcilla se obtuvo por cubos, el  $\text{m}^3$  tenía un valor de 30.30 soles.

La arena se obtuvo por cubos, el  $\text{m}^3$  tenía un valor de 22.73 soles.

El agua se obtuvo por litros, el litro tenía un valor de 0.005 soles.

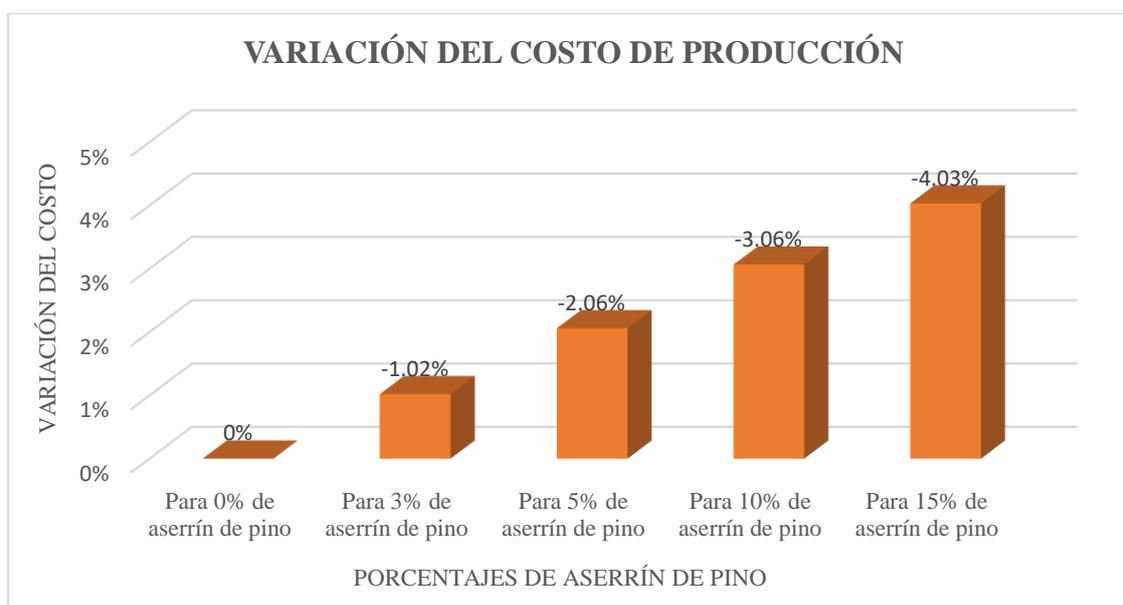
El aserrín de pino se acumuló en sacos, este material fue adquirido gratuitamente, el gasto se presentó en transporte (1.00 sol el saco), teniendo un costo por kilogramo de aserrín de pino de 0.10 soles.

**Tabla 73***Comparación en los costos de producción*

ITEM	COSTO DE MATERIALES (soles)				
	PRECIO	PRECIO	PRECIO	PRECIO	PRECIO
	0% de aserrín de pino	3% de aserrín de pino	5% de aserrín de pino	10% de aserrín de pino	15% de aserrín de pino
Arcilla	25.00	24.62	24.24	23.86	23.49
Arena	8.00	7.64	7.27	6.91	6.55
Aserrín de pino	0.000	0.40	0.80	1.20	1.16
Agua	0.125	0.128	0.133	0.140	0.150
SUMA	33.125	32.788	32.443	32.110	31.790

**Figura 33**

*Comparación de la variación del costo de producción entre el ladrillo convencional y los con adición de porcentajes de aserrín de pino*



En la figura 33 se muestra la variación del costo de producción de los ladrillos convencionales y los con adición de aserrín de pino, donde se puede observar que a mayor adición de aserrín los ladrillos tienen menor costo, esto es debido a que el aserrín tiene un bajo costo.

### **5.3. Contrastación de hipótesis**

#### ***Como hipótesis general, se había planteado:***

Al evaluar el ladrillo artesanal de arcilla adicionando aserrín de pino con fines estructurales, obtendremos un ladrillo 5% de mayor resistente que el ladrillo tradicional producido en el Frutillo Bajo, Bambamarca.

Para la hipótesis planteada cumplen los resultados, si bien es cierto al agregar porcentajes de 3%, 5% y 10% si superan la resistencia especificada en la norma E.070, indicando que los ladrillos de arcilla deben tener más de 50 kg/cm<sup>2</sup> para ser clasificados y ser usados para albañilería confinada, pero no logran superar la resistencia de la muestra patrón. Con el 15% no se logró superar la resistencia mínima.

De igual manera con la resistencia en prismas de albañilería no se logró superar la resistencia de la muestra patrón, para el ensayo de resistencia axial en pilas, con todos los porcentajes adicionados si se superó la resistencia mínima de 35 kg/cm<sup>2</sup>, para el ensayo de resistencia a corte en muretes, con los porcentajes de 3% y 5% si se superó la resistencia mínima de 5.1 kg/cm<sup>2</sup>, en cambio con el 10% y 15% se obtuvo resistencias inferiores a la mínima; con los resultados obtenidos se considera como hipótesis nula.

#### ***Como hipótesis específica 1, se había planteado:***

Los resultados alcanzados de los agregados para ladrillos de arcilla si son aptos para la elaboración de ladrillos artesanales que cumplan con las condiciones mínimas señaladas en la norma.

Las propiedades que se determinó para la arcilla y arena que utilizamos en la elaboración de las muestras del presente proyecto si son aptos para la elaboración de ladrillos artesanales porque si hacen que estas unidades tengan la resistencia mínima para ser utilizados en albañilería confinada.

El aserrín es un residuo ligante que se puede adicionar en la fabricación de unidades artesanales, aunque al añadir hace que disminuya la resistencia, pero si existe un porcentaje mínimo para que el ladrillo tenga la resistencia mínima que especifican las normas.

***Como hipótesis específica 2, se había planteado:***

Los resultados alcanzados de las muestras de ladrillos de arcilla obedecen a las condiciones mínimas señaladas en la norma E.070.

Para algunas propiedades si cumple, como para el alabeo, variación dimensional, absorción, resistencia individual y en prismas, con el ladrillo convencional cumple con todas las propiedades, clasificándolos como ladrillos TIPO I, de acuerdo a su resistencia a compresión, TIPO II de acuerdo a la variación dimensional y TIPO V de acuerdo al alabeo, pero con aserrín de pino no cumple con todos los porcentajes adicionados, solo hasta con el 5% cumple con todas las propiedades de resistencia, tanto individual como en prismas.

## CONCLUSIONES

Se evaluó las propiedades con fines estructurales de los ladrillos de arcilla adicionando aserrín de pino, donde se obtuvo ladrillos más livianos, pero con resistencias por debajo al del ladrillo convencional, pero que si satisfacen a la norma E.070, por lo tanto, las unidades de arcilla con adición de aserrín hasta con 5% si se puede utilizar en muros no portantes.

Se determinó las características de los componentes para ladrillos de arcilla y se estimó que son aptos para fabricar ladrillos artesanalmente, se clasificó a la arcilla de acuerdo a la norma AASHTO como un suelo limo - arcilloso y con la norma SUCS como limos y arcillas de baja o media plasticidad, a la arena se clasificó de acuerdo a la norma SUCS como una arena mal gradada, con grava, con poco o nada de finos.

Se determinó que la mezcla experimental óptima es con el 5% de aserrín de pino, porque con este porcentaje cumplen con la norma E.070 todas las propiedades de resistencia, tanto en unidades como en prismas de albañilería, asimismo cumplen las propiedades de alabeo, variación dimensional y absorción.

Se analizó las propiedades físicas y mecánicas de las unidades artesanales con adición de aserrín de pino, donde se determinó que no afecta en demasía al alabeo y a las dimensiones finales de los ladrillos, según el alabeo se clasificó como tipo II y según la variación dimensional como tipo V, para la resistencia a la compresión cumplió hasta con el 10%, clasificándose como tipo I, y para los ensayos de pilas y muretes cumplió hasta con el 15% y 5% respectivamente. Los ladrillos con aserrín tienen mayor absorción que el ladrillo convencional, pero si cumplen con lo que indica la norma E.070.

Se realizó la comparación del costo de producción de las unidades elaboradas adicionando aserrín de pino con las unidades convencionales, donde se determinó que los ladrillos con aserrín son más económicos, porque el aserrín tiene un bajo costo.

## **RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS**

A los futuros investigadores de las diferentes universidades, se les recomienda no incrementar los porcentajes de aserrín de pino, ya que como se vió en los resultados, que, por cada incremento de aserrín, disminuye la resistencia estructural individual y en prismas, haciendo que los ladrillos no cumplan con lo que se indica en la Norma E.070.

Se recomienda a los estudiantes ejercer nuevas investigaciones donde se evalúe otras propiedades o empleos que se les pueda facilitar a estas unidades, como por ejemplo usarlos como aislantes térmicos.

A los estudiantes se recomienda investigar otras ladrilleras artesanales del caserío El Frutillo - Bambamarca, con el objetivo de tener entendimiento de cada una de las ladrilleras del sector y de esta manera poder tener un registro de sus propiedades y procesos de elaboración, ya que en este lugar existe un gran número de ladrilleras y en la actualidad existe una gran demanda de este material de construcción.

## REFERENCIAS

Alarcón, H. D. (2017). *Comportamiento estructural en muros de albañilería confinada compuesto por ladrillos de arcilla fabricados en Huancayo - Concepción - 2016*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.

Arbildo, B. J., & Rojas, M. C. (2017). *Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna*: <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/335/1/Arbildo-Brayam-Rojas-Melany.pdf>.

Arkiplus. (s.f.). *Características de un buen ladrillo*. Obtenido de <https://www.arkiplus.com/caracteristicas-de-un-buen-ladrillo/>

Averardo, M. (2009). *EL LADRILLO – Orígenes y Desarrollo*.

Barranzuela, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*. Tesis, Universidad de Piura, Piura: de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI\\_199.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf)

Blanco, S. R. (2018). *Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Ladrillo Artesanal Producido en el Sector Cruz Verde, Distrito Bambamarca, Cajamarca - 2018*. Chiclayo.

Caraza, V. E. (2015). “*Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería blocker ii de la ladrillera martorell en relación a la norma rne e.070 con fines de uso en viviendas de la ciudad de Tacna*”. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna.

Catillo, L. (2005). *Análisis documental*. Valencia: Universidad de Valencia.

Chávez, A. L. (2017). “*Análisis de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la region arequipa y su capacidad maxima en una edificacion*”.

Concepción. (2016). *Determinación de las potencialidades de aserrín en la ciudad de guayaquil como materia prima para la producción de diversos surtidos en la industria forestal*. Holo, 1.

Cruzado, J. W. (2017). *Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca*.

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural* (Tercera Edición ed.). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú: de file:///C:/Users/esc/Downloads/369141977-106080890-Albanileria-Estructural-3ed-Hector-Gallegos-Carlos-Casabonne.pdf

González, M. A., & Ponce, P. (2012). *Uso de vidrio de desecho en la fabricación de ladrillos de arcilla*. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 1.

Guerra, P. C. (2017). *Calidad de las Unidades de Albañilería de Arcilla según Norma E.070 en la Provincia de Chiclayo*. Recuperado el 06 de Julio de 2019, de UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/16853>.

Limay, E. O., & Vásquez, H. U. (2019). *Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (Stipa ichu)*. Recuperado el 31 de Mayo de 2019

Mamani. (2015). *Estudio y Evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la ciudad del Cuzco*. Recuperado el 9 de Agosto de 2019.

Martínez, E., & García, M. (2014). *Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba*. Cuba: Centro de Información y Gestión Tecnológica. CIGET Pinar del Río.

Martínez et ál. (7 de Noviembre de 2012). *Utilización de bagazo de la industria cervecera para la producción de ladrillos para construcción*. Obtenido de <https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/724/758>.

Monroy, A. (1999). *Integración de aserrín en la fabricación de bloques de concreto*. Obtenido de <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/572115>.

NTP 331.017. (1978). *NORMA TECNICA PERUANA*. Recuperado el 25 de Junio de 2019.

Olave, J. C. (2017). *Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente*.

Osorio, N. L. (2005). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Recuperado el 06 de Julio de 2019, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2549\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf).

Pineda, J. (2012). *Aserrín de pino como sustrato hidropónico. Chapingo*. Recuperado el 2 de Agosto de 2019.

Quintero, M., & Serret, N. (2016). *Caracterización de aserrín de diferentes maderas*. Recuperado el 28 de Mayo de 2019.

Ramirez, L. A. (2018). *Las Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz-2016*. Recuperado el 31 de Mayo de 2019.

RNE Norma E.070. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

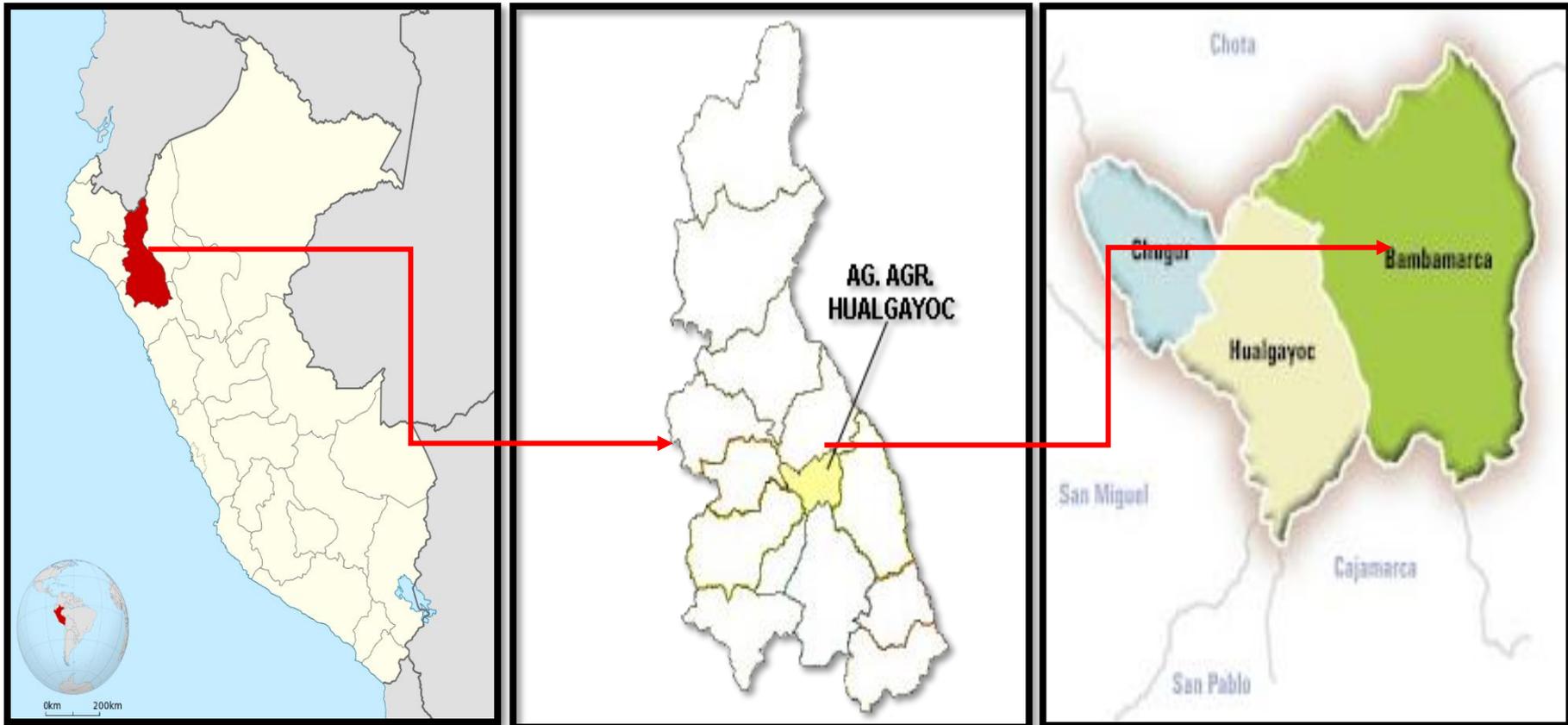
Rojas , N. P. (29 de Noviembre de 2017). *Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017*. Recuperado el 11 de Junio de 2019.

Ruíz , D. M. (2015). *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de cajamarca, 2015*. Recuperado el 1 de Agosto de 2019.

## ANEXOS

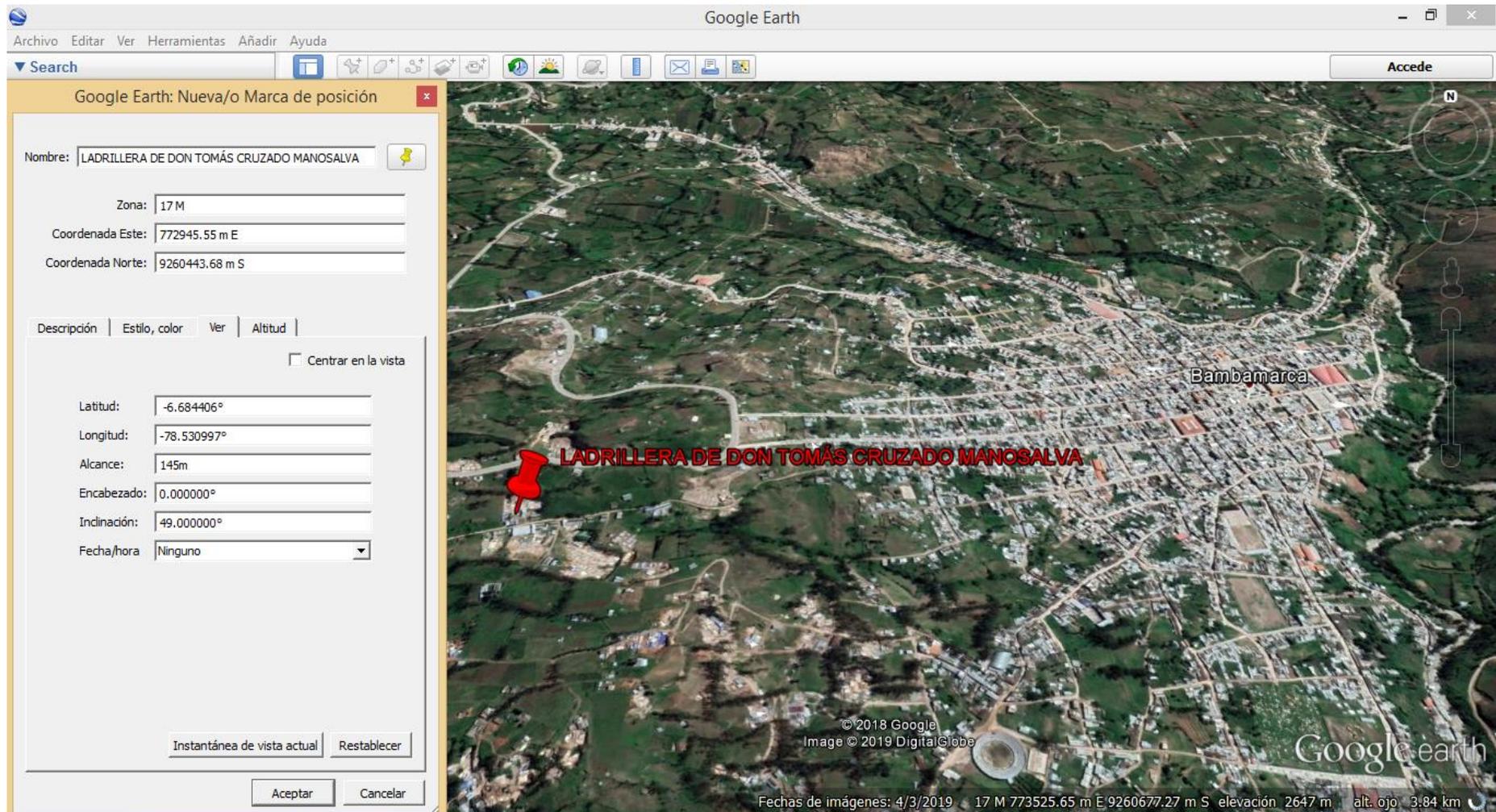
### Anexo 1. Ubicación geográfica del estudio

Mapa 1.1: Ubicación y localización de la zona de estudio



FUENTE: AGENCIA ANDINA 2018.

Mapa 1.2: Ubicación del área de estudio



FUENTE: Google Earth.

**Anexo 2. Panel fotográfico**

**Figura 34**

*Tierra arcillosa para ladrillo de la cantera del señor Tomas*



**Figura 35**

*Arena de grano fino de la cantera del señor Tomas*



**Figura 36**

*Aserrín de pino extraído de los aserraderos*



**Figura 37**

*Extracción de la arena para los ensayos en el laboratorio*



**Figura 38**

*Extracción de la arcilla para los ensayos en el laboratorio*



**Figura 39**

*Tamizado de la arena para obtener el tamaño máximo deseado*



**Figura 40**

*Realizando el tamizado de la arcilla para obtener el tamaño máximo deseado*



**Figura 41**

*Enrazando la arcilla con la espátula en la taza de bronce del equipo de Casagrande*



**Figura 42**

*Generando los golpes en el equipo de Casagrande para determinar de cuantos golpes se cierra la ranura que se generó con el acanalador*



**Figura 43**

*Realizando los rollos a la arcilla con ayuda de la palma de la mano*



**Figura 44**

*Tamizado del aserrín de pino para obtener el tamaño máximo deseado*



**Figura 45**

*Preparación del barro con la adición de aserrín de pino en la cantera del señor Tomas Cruzado*



**Figura 46**

*Molde para elaborar los ladrillos*



**Figura 47**

*Colocación del papel periódico en la base del molde y colocación y compactación del barro dentro del molde*



**Figura 48**

*Moldeo de las unidades de albañilería*



**Figura 49**

*Apilamiento en hileras*



**Figura 50**

*Horno cargado de ladrillos para la cocción*



**Figura 51**

*Boquillas del horno donde se nota que ya no existe carbón, momento de enfriamiento de las unidades*



**Figura 52**

*Descarga de los ladrillos desde el horno*



**Figura 53**

*Determinación de la concavidad o convexidad del borde del ladrillo*



**Figura 54**

*Toma de las medidas del ladrillo largo, ancho y alto*



**Figura 55**

*Peso de las muestras con y sin porcentajes de aserrín sumergidas en el agua*



**Figura 56**

*Secado de las unidades de albañilería en el horno*



**Figura 57**

*Pesos de las unidades después de ser extraídas del horno*



**Figura 58**

*Determinación del peso de los ladrillos*



**Figura 59**

*Generación de la carga para las unidades en la maquina compresora*



**Figura 60**

*Selección de las muestras con los porcentajes para asentar las pilas y muretes*



**Figura 61**

*Preparación del mortero con arena fina y cemento portland Tipo I*



**Figura 62**

*Asentado de las pilas con y sin porcentajes de aserrín de pino y verificando que estén bien plomadas*



**Figura 63**

*Colocación de las pilas en la maquina compresora y generándola su respectiva carga*



**Figura 64**

*Murete de 7 hiladas de 2.5 unidades con junta horizontal y vertical de 1.5 cm*



**Figura 65**

*Realización del ensayo de resistencia diagonal, donde podemos notar la falla que se produce comúnmente*



### Anexo 3. Certificados por el encargado del laboratorio

	LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS
	PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTE SANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

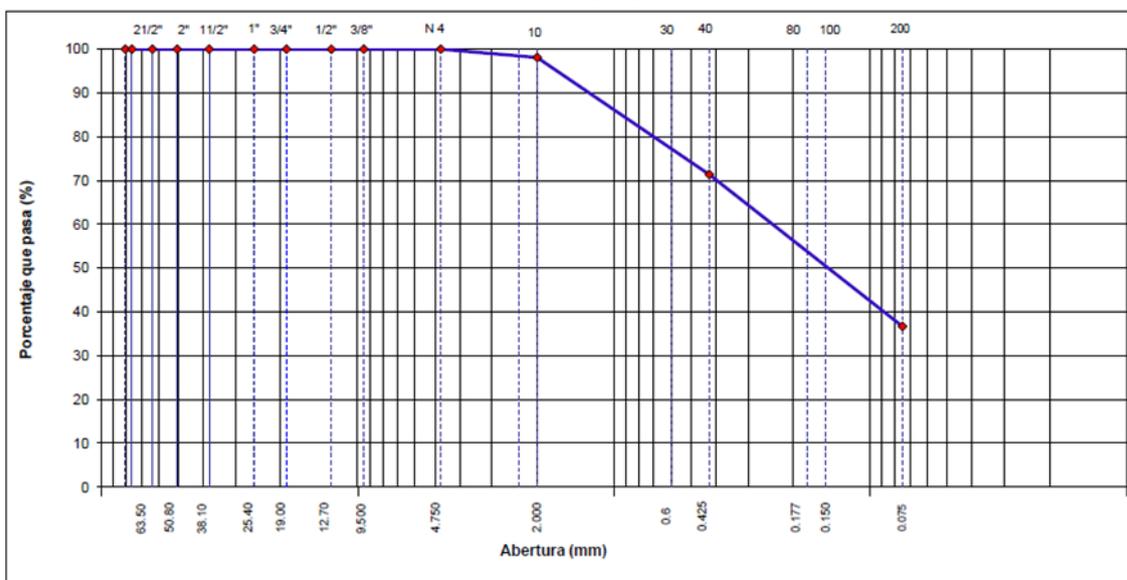
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

CANTERA : BAMBAMARCA	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
MUESTRA : TOMADO DE CANTERA	FECHA : 13/12/2020

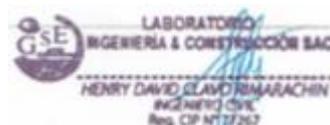
MATERIAL : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA	TAMAÑO MÁXIMO : -
CALICATA : 1	PESO INICIAL : 1000.0 g
MUESTRA : M - 1	FRACCIÓN SECA : 1000.0 g
COORDENADAS : -	PROFUND. (M.) : -

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	A	
3 1/2"	80.89						
3"	76.2						
2 1/2"	63.5						%Peso Material >4: 0.0%
2"	50.8						% Peso Material <4 100.0%
1 1/2"	38.1						Límite Líquido (LL): 44.4
1"	25.4						Límite Plástico (LP): 27.3
3/4"	19						Índice Plástico (IP): 17.1
1/2"	12.7						Clasificación(SUCS): SM
3/8"	9.5						Clasific.(AASHTO): A-7-6 ( 2 )
Nº 4	4.75				100		
Nº 8	2.36						
Nº 10	2	19	1.9	1.9	98.1		Contenido de Humedad (%): 18.35
Nº 16	1.19						Materia Orgánica :
Nº 20	0.84						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.6						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	267	26.7	28.6	71.4		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.3						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.15	227	22.7	51.3	48.7		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	120	12	63.3	36.7		
< Nº 200	FONDO	367	36.7	100			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE





**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MITC E 110, ASTM D4318, AASHTO T88; MITC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

<b>CANTERA</b> : BAMBAMARCA	<b>HECHO POR</b> : G.R.R
<b>SOLICITANTE</b> : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	<b>ING. RESP.</b> : H.C.R
<b>MUESTRA</b> : TOMADO DE CANTERA	<b>FECHA</b> : 13-dic-20

<b>MATERIAL</b> : EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA	<b>CALICATA</b> : 1
<b>CALICATA</b> : 1	<b>MUESTRA</b> : M-1
<b>COORDENADAS</b> : -	<b>PROFUNDIDAD</b> : -

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO	1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	58.43	57.88	59.32	
PESO TARRO + SUELO SECO	46.62	46.1	46.98	
PESO DE AGUA	10.81	11.58	12.38	
PESO DEL TARRO	20.2	20	20.3	
PESO DEL SUELO SECO	25.42	26.1	26.68	
CONTENIDO DE HUMEDAD	42.53	44.37	46.38	44.42
NUMERO DE GOLPES	34	24	18	24.67

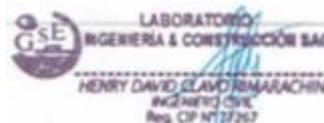
  

LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO	4	5		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	20.44	21.12		
PESO TARRO + SUELO SECO	19.6	20.1		
PESO DE AGUA	0.84	1.02		
PESO DEL TARRO	16.52	16.36		
PESO DEL SUELO SECO	3.08	3.74		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	27.27	27.27		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	44.4
LÍMITE PLÁSTICO	27.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	17.1

Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE



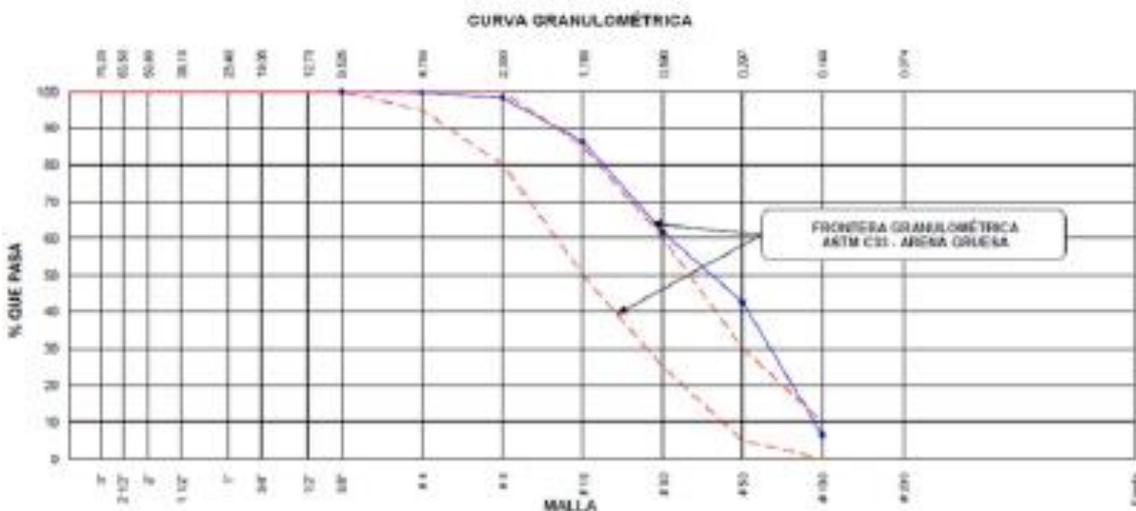
	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-03</b>
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>07-05-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

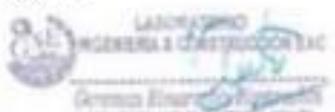
**Proyecto** : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRIN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019\*  
**Solicitante** : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ **Muestreado por** : SOLICITANTE  
**Atención** : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ **Ensayado por** : G.R.R  
**Ubicación de Proyecto** : BAMBAMARCA **Fecha de Ensayo**: 12/12/2020  
**Material** : AGREGADO FINO **Turno**: Diurno

---

**Código de Muestra** : --  
**Procedencia** : CANTERA BAMBAMARCA  
**N° de Muestra** : --  
**Progresiva** : --

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100	100
3 1/2"	90.00 mm				100	100
3"	75.00 mm				100	100
2 1/2"	63.00 mm				100	100
2"	50.00 mm				100	100
1 1/2"	37.50 mm				100	100
1"	25.00 mm				100	100
3/4"	18.00 mm				100	100
1/2"	12.50 mm				100	100
3/8"	9.50 mm			100	100	100
# 4	4.75 mm	1	0.17	99.83	95	100
# 8	2.36 mm	9	1.52	98.31	80	100
# 16	1.18 mm	71	11.95	88.32	50	85
# 30	600 µm	146	24.66	61.66	25	60
# 50	300 µm	113	19.09	57.43	5	30
# 100	150 µm	214	36.15	64.22	0	10
Fondo	-	38	6.42	0	-	-
					MF	2.05
					TMN	---



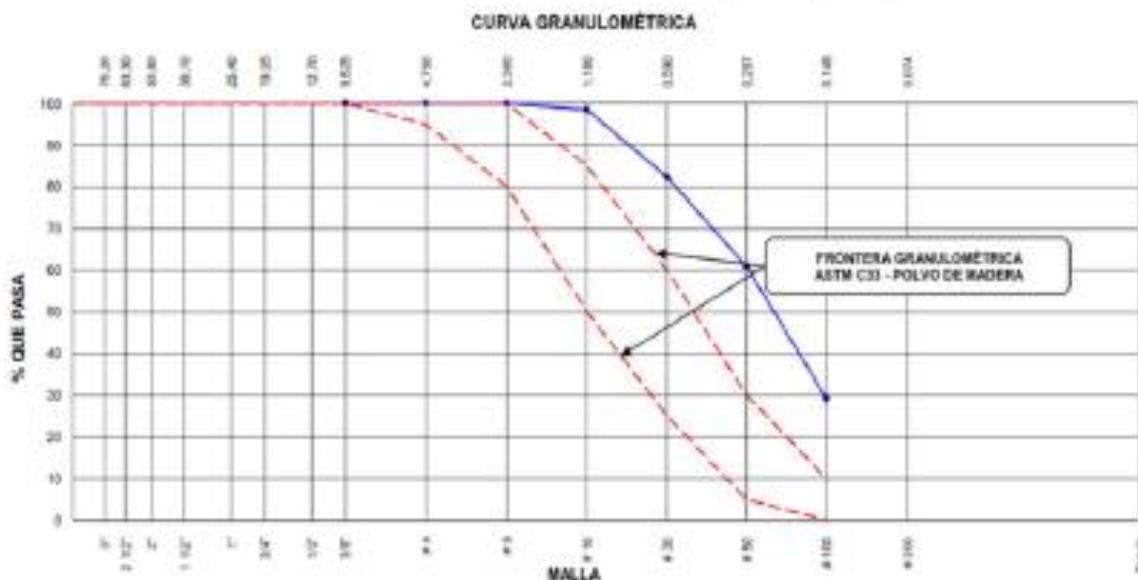
GSE LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
<b>TECNICO LEM</b> Nombre y Firma: 	<b>JEFE LEM</b> Nombre y Firma: 	<b>DOC - LEM</b> Nombre y Firma:

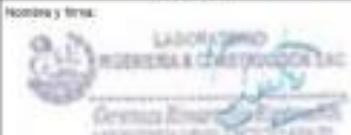
	<b>INFORME</b>		<b>Código</b>	<b>AE-PO-63</b>
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>		<b>Versión</b>	<b>01</b>
			<b>Fecha</b>	<b>07-05-2018</b>
			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**Proyecto** : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019  
**Solicitante** : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ  
**Atención** : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ  
**Ubicación de Proyecto** : BAMBAMARCA  
**Material** : ASERRIN DE MADERA PINO  
**Código de Muestra** : ---  
**Procedencia** : ASERRIN DE MADERA PINO  
**N° de Muestra** : 01  
**Progresiva** : ---

**Muestreado por** : SOLICITANTE  
**Ensayado por** : G.R.R  
**Fecha de Ensayo** : 15/12/2020  
**Turno** : Diurno

POLVO DE MADERA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "UM INF"	ASTM "UM SUP"
4"	100.00 mm					100	100
3 1/2"	90.00 mm					100	100
3"	75.00 mm					100	100
2 1/2"	63.00 mm					100	100
2"	50.00 mm					100	100
1 1/2"	37.50 mm					100	100
1"	25.00 mm					100	100
3/4"	19.00 mm					100	100
1/2"	12.50 mm					100	100
3/8"	9.50 mm					100	100
# 4	4.75 mm					95	100
# 8	2.36 mm				100	89	100
# 16	1.18 mm	2	1.54	1.54	98.46	59	89
# 30	600 µm	21	18.15	17.60	82.31	25	60
# 50	300 µm	28	21.54	39.23	60.77	5	30
# 100	150 µm	41	31.54	70.77	29.23	0	10
Fondo	-	38	29.23	100	0	-	-
						<b>MF</b>	<b>1.29</b>
						<b>TMN</b>	<b>---</b>



GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	ODC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma:

	INFORME		Código	AE-FO-84
	DETERMINACIÓN DEL ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NTP 399.413		Version	1
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

Proyecto: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON RNES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

Solicitante: WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ  
 Atención: WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ  
 Ubicación del proyecto: BAMBAMARCA  
 Material: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Muestreado por: Solicitante  
 Ensayado por: G. R. R.  
 Fecha de ensayo: 3/05/2021  
 Turno: 1 de 1

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
 Presentación: Unidad de albañilería  
 N° de muestra: -----  
 Progresiva: -----

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
MUESTRA PATRON 0% DE ADICION	SUPERFICIE	1.1	0.1	1	0.9	1	1.1	1.1	1	1	1	1.1	Máximo 4 mm
	BORDE	0.9	0.3	0.8	0.8	1	0.9	1	0.9	0.9	0.9	1	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
3% DE ASERRÍN DE PINO	SUPERFICIE	1.3	1.1	1	1.1	1	1.1	1.1	1	1	1.1	1.3	Máximo 4 mm
	BORDE	1	0.9	0.9	0.9	0.9	1	0.9	0.9	0.1	0.1	1	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
5% DE ASERRÍN DE PINO	SUPERFICIE	1.1	1.2	1.1	1	1.1	1	1	1	1	1	1.2	Máximo 4 mm
	BORDE	1	0.9	1	1.1	1	1	0.9	1	1	1	1.1	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
10% DE ASERRÍN DE PINO	SUPERFICIE	1.1	1.1	1	1.1	1.2	1.2	1	1	1	1.3	1.3	Máximo 4 mm
	BORDE	1	1.1	1	1	1	1.1	1.1	1	0.9	0.9	1.1	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
15% DE ASERRÍN DE PINO	SUPERFICIE	1.1	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1.2	1.2	Máximo 4 mm
	BORDE	1	1	1	1	1	1.1	1	1	1	1	1.1	Máximo 4 mm

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TÉCNICO LEM	JEFE LEM	CGC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FD-182
	MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Versión	01
		Fecha	13-11-2019
		Página	1 de 1

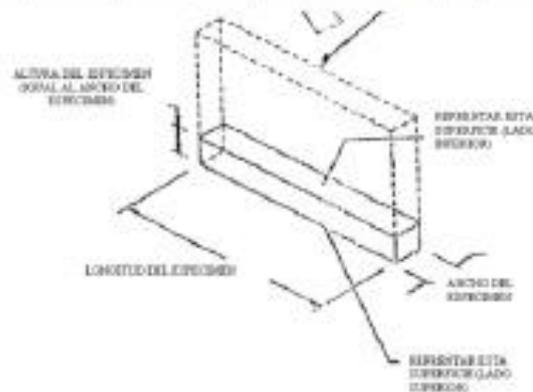
Proyecto: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

Solicitante:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Realizado por:	G. R. R.
Código del proyecto:	.....	Revisado por:	H. C. R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	30/5/2021
Fecha de emisión:	3/05/2021	Turno:	Diurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
Presentación: Unidad de albañilería

**VARIACIÓN DIMENSIONAL  
NTP 331.017.**

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom.	Var. (mm)	Var. (%)	Prom.	Var. (mm)	Var. (%)	Prom.	Var. (mm)	Var. (%)
Comercial (OK)	N° 01	222.00	0.05	0.00	129.00	0.05	0.05	74.00	0.00	0.00
Comercial (OK)	N° 02	222.00	0.10	0.05	130.00	0.00	0.00	73.00	0.05	0.00
Comercial (OK)	N° 03	222.00	0.00	0.05	130.00	0.05	0.05	74.00	0.10	0.05
Comercial (OK)	N° 04	223.00	0.10	0.00	129.00	0.05	0.00	74.00	0.05	0.05
Comercial (OK)	N° 05	222.00	0.05	0.00	129.00	0.10	0.00	73.00	0.05	0.00



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
- \* Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TÉCNICO LEM	JEFE LEM	CAC - LEM
Nombre y Firma: 	Nombre y Firma: 	Nombre y Firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FD-182
	<b>MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA</b>	Versión	01
		Fecha	13-11-2019
		Página	1 de 1

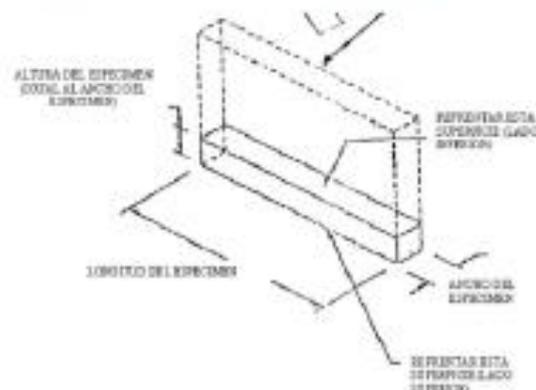
Proyecto: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

Solicitante:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Realizado por:	G. R. R.
Código del proyecto:	.....	Revisado por:	H. C. R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	3/05/2021
Fecha de emisión:	3/05/2021	Turno:	Diurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
Presentación: Unidad de albañilería

**VARIACIÓN DIMENSIONAL  
NTP 331.017.**

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)
3% de aserrín de pino	N° 01	223.00	0.05	0.05	129.00	0.00	0.10	73.00	0.05	0.10
3% de aserrín de pino	N° 02	224.00	0.00	0.00	129.00	0.00	0.05	73.00	0.05	0.05
3% de aserrín de pino	N° 03	224.00	0.00	0.05	129.00	0.00	0.10	74.00	0.00	0.05
3% de aserrín de pino	N° 04	222.00	0.00	0.00	130.00	0.05	0.00	74.00	0.00	0.05
3% de aserrín de pino	N° 05	223.00	0.00	0.00	130.00	0.00	0.00	74.00	0.00	0.05



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
- \* Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TODOS LOS	JEFE LOS	CSC - IER
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FD-182</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>13-11-2019</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

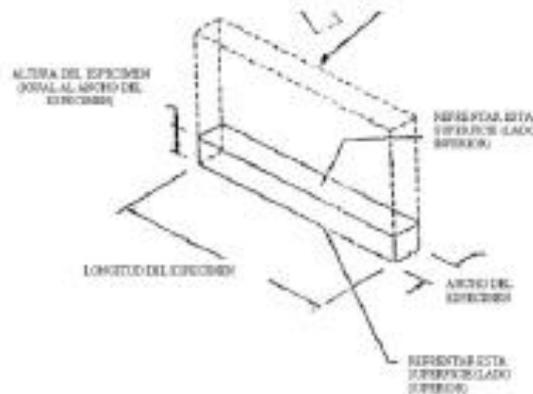
Proyecto: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

Solicitante:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Realizado por:	G. R. R.
Código del proyecto:	-----	Revisado por:	H. C. R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	3/05/2021
Fecha de emisión:	3/05/2021	Turno:	Díamo

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
Presentación: Unidad de albañilería

**VARIACIÓN DIMENSIONAL**  
**NTP 331.017.**

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)
5% de aserrín de pino	N° 01	222.00	0.00	0.05	129.00	0.10	0.00	73.00	0.00	0.10
5% de aserrín de pino	N° 02	223.00	0.05	0.00	129.00	0.05	0.05	73.00	0.05	0.00
5% de aserrín de pino	N° 03	222.00	0.00	0.05	130.00	0.00	0.00	73.00	0.10	0.00
5% de aserrín de pino	N° 04	223.00	0.00	0.00	130.00	0.00	0.00	74.00	0.05	0.05
5% de aserrín de pino	N° 05	221.00	0.05	0.05	128.00	0.00	0.00	73.00	0.05	0.00



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
- \* Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO GEM	JEFE LAB	GSE - LEM

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FD-182</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>13-11-2019</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

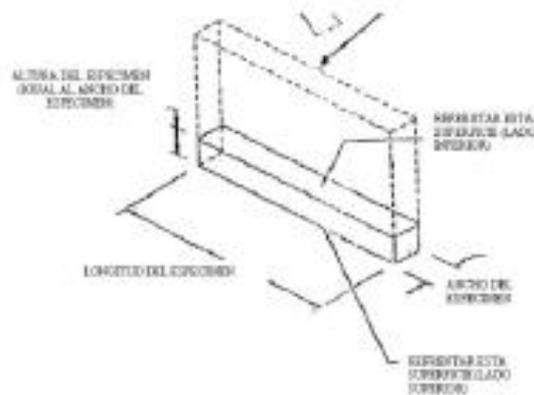
Proyecto: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

Solicitante:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Realizado por:	G. R. R.
Código del proyecto:	-----	Revisado por:	H. C. R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	3/05/2021
Fecha de emisión:	3/05/2021	Turno:	Diurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
Presentación: Unidad de albañilería

**VARIACIÓN DIMENSIONAL**  
**NTP 331.017.**

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)
10% de aserrín de pino	N° 01	222.00	0.05	0.00	128.00	0.05	0.00	73.00	0.00	0.05
10% de aserrín de pino	N° 02	221.00	0.10	0.00	128.00	0.00	0.05	72.57	0.00	0.00
10% de aserrín de pino	N° 03	221.00	0.00	0.10	128.00	0.00	0.00	73.00	0.10	0.00
10% de aserrín de pino	N° 04	221.00	0.05	0.05	128.00	0.00	0.00	73.00	0.05	0.05
10% de aserrín de pino	N° 05	223.00	0.05	0.00	128.00	0.05	0.00	73.00	0.05	0.05



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
- \* Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	GSC - LEM
NOMBRE Y FIRMA 	NOMBRE Y FIRMA 	NOMBRE Y FIRMA 

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	AE-FD-182
	<b>MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Fecha</b>	13-11-2019
		<b>Página</b>	1 de 1

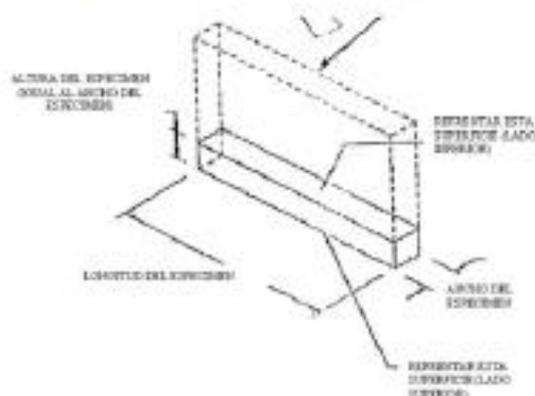
**Proyecto:** "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

<b>Solicitante:</b>	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	<b>Realizado por:</b>	G. R. R.
<b>Código del proyecto:</b>	.....	<b>Revisado por:</b>	H. G. R.
<b>Ubicación del proyecto:</b>	BAMBAMARCA	<b>Fecha de ensayo:</b>	3/05/2021
<b>Fecha de emisión:</b>	3/05/2021	<b>Turno:</b>	Diurno

**Tipo de muestra:** Unidad de albañilería  
**Presentación:** Unidad de albañilería

**VARIACIÓN DIMENSIONAL**  
**NTP 331.017.**

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)	Prom.	Var. (mm)	Var (%)
15% de aserrín de pino	N° 01	223.00	0.00	0.00	127.50	0.00	0.10	72.00	0.00	0.10
15% de aserrín de pino	N° 02	223.00	0.05	0.00	127.00	0.10	0.05	72.00	0.00	0.00
15% de aserrín de pino	N° 03	223.00	0.05	0.00	127.50	0.10	0.05	72.50	0.05	0.00
15% de aserrín de pino	N° 04	224.00	0.00	0.05	128.00	0.00	0.05	72.50	0.10	0.00
15% de aserrín de pino	N° 05	223.00	0.05	0.05	128.00	0.00	0.05	73.00	0.05	0.05



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
- \* Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LM	JEFE LM	CDC - LB
		

	<b>INFORME</b>	Código:	AE-FO-78
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA</b>	Versión:	1
	<b>ARTESANAL</b>	Fecha:	30/04/2018
	<b>MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)</b>	Página:	1 de 1

Proyecto: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"

Solicitante: WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ Muestreado por: Solicitante  
 Atención: WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ Ensayado por: G.R.R.  
 Ubicación del proyecto: BAMBAMARCA Fecha de ensayo: 4/05/2021  
 Material: LADRILLO CONVENCIONAL Turno: Diurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
 Procedencia: Elaboración propia  
 N° de muestra: .....  
 Progresiva: .....

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3741	3760	3752	3751	3747	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1714	1760	1784	1799	1721	
3	Peso de la muestra secada al horno	3279	3289	3280	3259	3270	

RESULTADOS		1	1	1	1	1	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.618	1.645	1.667	1.670	1.614	<b>1.642</b>
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S		1.846	1.880	1.907	1.922	1.849	<b>1.881</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.095	2.151	2.193	2.232	2.111	<b>2.156</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		14.1	14.3	14.4	15.1	14.6	<b>14.5</b>

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y Firma: 	Nombre y Firma: 	Nombre y Firma:

	<b>INFORME</b>	Código:	AE-FO-78
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)</b>	Versión:	1
		Fecha:	30/04/2018
		Página:	1 de 1

Proyecto: **"EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"**

Solicitante:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Muestreado por:	Solicitante
Atención:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Ensayado por:	G.R.R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	4/05/2021
Material:	LADRILLO CON ASERRÍN DE PINO	Turno:	Díurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
 Procedencia: Elaboración propia  
 N° de muestra: .....  
 Progresiva: .....

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3710	3729	3725	3730	3693	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1685	1720	1710	1722	1682	
3	Peso de la muestra secada al horno	3250	3258	3228	3235	3232	

RESULTADOS		1	1	1	1	1		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.605	1.622	1.602	1.611	1.607		<b>1.609</b>
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S		1.832	1.856	1.849	1.858	1.836		<b>1.846</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.077	2.118	2.126	2.138	2.085		<b>2.109</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		14.2	14.5	15.4	15.3	14.3		<b>14.7</b>

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	DOC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma: 

	<b>INFORME</b>	Código:	AE-FO-78
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)</b>	Versión:	1
		Fecha:	30/04/2018
		Página:	1 de 1

Proyecto: **"EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"**

Solicitante:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Muestreado por:	Solicitante
Atención:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Ensayado por:	G.R.R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	4/05/2021
Material:	LADRILLO CON ASERRÍN DE PINO	Turno:	Diurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería

Procedencia: Elaboración propia

Nº de muestra: .....

Progresiva: .....

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3665	3671	3670	3665	3662	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1672	1674	1671	1648	1650	
3	Peso de la muestra secada al horno	3195	3189	3199	3180	3179	

RESULTADOS		1	1	1	1	1		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.603	1.597	1.600	1.577	1.580		<b>1.591</b>
PESO ESPECIFICO DE MASA S S S		1.839	1.838	1.836	1.817	1.820		<b>1.830</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.098	2.105	2.094	2.076	2.079		<b>2.090</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		14.7	15.1	14.7	15.3	15.2		<b>15.0</b>

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CGC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código:	AE-FO-78
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)</b>	Versión:	1
		Fecha:	30/04/2018
		Página:	1 de 1

Proyecto: **"EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"**

Solicitante:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Muestreado por:	Solicitante
Atención:	WLYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Ensayado por:	G.R.R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	4/05/2021
Material:	LADRILLO CON ASERRÍN DE PINO	Turno:	Diurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
 Procedencia: Elaboración propia  
 N° de muestra: .....  
 Progresiva: .....

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3641	3621	3629	3610	3607	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1625	1606	1652	1613	1608	
3	Peso de la muestra secada al horno	3160	3145	3150	3136	3129	

RESULTADOS		1	1	1	1	1		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.567	1.561	1.593	1.570	1.565		<b>1.571</b>
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S		1.806	1.797	1.836	1.808	1.804		<b>1.810</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.059	2.044	2.103	2.059	2.057		<b>2.064</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		15.2	15.1	15.2	15.1	15.3		<b>15.19</b>

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CGC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma: 

	<b>INFORME</b>	Código:	AE-FO-78
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)</b>	Versión:	1
		Fecha:	30/04/2018
		Página:	1 de 1

Proyecto: **"EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"**

Solicitante:	WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Muestreado por:	Solicitante
Atención:	WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ	Ensayado por:	G.R.R.
Ubicación del proyecto:	BAMBAMARCA	Fecha de ensayo:	4/05/2021
Material:	LADRILLO CON ASERRÍN DE PINO	Turno:	Diurno

Tipo de muestra: Unidad de albañilería  
 Procedencia: Elaboración propia  
 N° de muestra: .....  
 Progresiva: .....

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3610	3598	3585	3554	3566	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1603	1607	1578	1590	1574	
3	Peso de la muestra secada al horno	3128	3115	3108	3063	3090	

RESULTADOS		1	1	1	1	1	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.559	1.565	1.549	1.560	1.551	<b>1.556</b>
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S		1.799	1.807	1.786	1.810	1.790	<b>1.798</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.051	2.066	2.031	2.079	2.038	<b>2.053</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		15.4	15.5	15.3	16.0	15.4	<b>15.54</b>

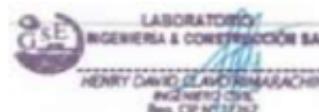
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma: 

		<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>									
		<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA</b>									
<b>SOLICITANTE: WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ</b>		<b>NORMA: ASTM C39 MTC E704</b>								<b>Fecha: 05 - 05 - 2021</b>	
		<b>PROYECTO:</b> <b>"EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRIN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"</b>									
<b>ELEMENTO (s)</b>		<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLO CONVENCIONAL</b>									
f'c (Kg/cm2)		ADITIVO 1 -									
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (dias)	FECHA DE ROTURA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (°)	CARGA (Kg)	ÁREA (mm2)	CARGA GK/CM2
	ESTRUCTURA										
1	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3273	5	2642.00	50	52.8
2	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3230	3	2634.00	50.0	52.7
3	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3187	5	2638.00	50.0	52.8
4	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3162	5	2645.00	50.0	52.9
5	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3118	5	2636.00	50.0	52.7
<b>PROMEDIO:</b>											<b>52.8</b>
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE											

		<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>									
		<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBANILERIA</b>									
<b>SOLICITANTE: WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ</b>		<b>PROYECTO:</b> <b>EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"</b>									
		<b>Fecha: 05 - 05 - 2021</b>									
<b>ELEMENTO (s)</b>		<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLO CON ASERRIN DE PINO (3%)</b>									
<b>f'c (Kg/cm2)</b>		<b>ADITIVO 1 -</b>									
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (días)	FECHA DE ROTURA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA (Kg)	ÁREA (mm2)	CARGA GK/CM2
	ESTRUCTURA										
1	UNIDAD DE ALBANILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3160	5	2636.00	50	52.7
2	UNIDAD DE ALBANILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3211	3	2632.00	50.0	52.6
3	UNIDAD DE ALBANILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3181	5	2629.00	50.0	52.6
4	UNIDAD DE ALBANILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3160	5	2632.00	50.0	52.6
5	UNIDAD DE ALBANILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3194	5	2634.00	50.0	52.7
<b>PROMEDIO:</b>											<b>52.7</b>
<b>OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBANILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE</b>											
 											



		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO									
		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA									
<b>SOLICITANTE: WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ</b>		<b>PROYECTO:</b> "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"								Fecha: 05-05-2021	
		<b>ELEMENTO (s)</b> RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLO CON ASERRIN DE PINO (10%)									
f'c (Kg/cm2)		ADITIVO 1 -									
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (dias)	FECHA DE ROTURA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (")	CARGA (Kg)	ÁREA (mm2)	CARGA GK/CM2
	ESTRUCTURA										
1	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3070	5	2524.00	50	50.5
2	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3073	3	2521.00	50.0	50.4
3	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3052	5	2516.00	50.0	50.3
4	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3037	5	2520.00	50.0	50.4
5	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may-21	12.90	22.10	3089	5	2510.00	50.0	50.2
<b>PROMEDIO:</b>											50.4
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE											

		<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>									
		<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA</b>									
		NORMA ASTM C39 MTC E704									
<b>SOLICITANTE: WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ</b>		<b>PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019"</b>								Fecha: 03-05-2021	
<b>ELEMENTO (s)</b>		<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLO CON ASERRIN DE PINO (15%)</b>									
f'c (Kg/cm2)		ADITIVO 1 -									
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (dias)	FECHA DE ROTURA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA (Kg)	ÁREA (mm2)	CARGA GK/CM2
	ESTRUCTURA										
1	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3046	5	2421.00	50	48.4
2	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	2993	3	2430.00	50.0	48.6
3	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3001	5	2460.00	50.0	49.2
4	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	2981	5	2420.00	50.0	48.4
5	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE 22 cm LARGO POR 12 cm DE ANCHO POR 7.20 cm	7-abr.-21	28	5-may.-21	12.90	22.10	3036	5	2456.00	50.0	49.1
<b>PROMEDIO:</b>											<b>48.7</b>
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE											
											

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	SGC-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	6 de 6

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

TIPO DE LADRILLO

Fecha : 19/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	ESBELTEZ	FACTOR DE CORREC. ESBELTEZ - SENCICO	FACTOR DE CORREC. EDAD-14 DÍAS	RESISTENCIA CORREGIDA
		ANCHO (A)	ESPESOR (E)	ALTO (H)							
1	P-1 CONVENCIONAL	13.0	22.2	32.8	288.6	12636	43.8	1.48	0.80	1.10	38.53
2	P-2 CONVENCIONAL	12.8	22.3	33.0	285.4	12568	44.0	1.48	0.80	1.10	38.75
3	P-3 CONVENCIONAL	13.2	22.1	32.5	274.0	11543	42.1	1.47	0.80	1.10	37.07
PROMEDIO											38.12
DES. ESTANDAR											0.91
f'm											37.21

OBSERVAC.: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.  
Se ensayaron Pilas de albañilería refrentado con yeso cemento.

Dónde:  $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión de la Pila, (kg/cm<sup>2</sup>) (o Pa.10<sup>6</sup>).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg. f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm<sup>2</sup>.



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	SGC-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	6 de 6

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

TIPO DE LADRILLO

Fecha : 19/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	ESBELTEZ	FACTOR DE CORREC. ESBELTEZ - SENCICO	FACTOR DE CORREC. EDAD-14 DÍAS	RESISTENCIA CORREGIDA
		ANCHO (A)	ESPESOR (E)	ALTO (H)							
3	P-3%	13.0	22.3	33.2	289.9	12256	42.3	1.49	0.80	1.10	37.20
4	P-3%	13.2	22.5	33.5	297.0	12543	42.2	1.49	0.80	1.10	37.16
	P-3%	12.9	22.1	33.0	285.1	12125	42.5	1.49	0.80	1.10	37.43
PROMEDIO											37.26
DESV. ESTANDAR											0.14
f'm											37.12

OBSERVAC: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.  
Se ensayaron Pilas de albañilería refrentado con yeso cemento.

Dónde:  $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión de la Pila, (kg/cm<sup>2</sup>) (o Pa.10<sup>6</sup>).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm<sup>2</sup>.



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	8GC-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	6 de 6

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

TIPO DE LADRILLO

Fecha : 19/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

Nº	CÓDIGO/ MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	ESBELTEZ (H/E)	FACTOR DE CORREC. ESBELTEZ - SENCICO	FACTOR DE CORREC. EDAD-14 DIAS	RESISTENCIA CORREGIDA kg/cm <sup>2</sup>
		ANCHO (A)	ESPESOR (E)	ALTO (H)							
3	P-5%	13.0	22.2	33.5	288.6	11856	41.1	1.51	0.80	1.10	36.15
4	P-5%	13.2	22.5	33.2	297.0	12351	41.6	1.48	0.80	1.10	36.60
	P-5%	12.8	22.0	33.3	281.6	11623	41.3	1.51	0.80	1.10	36.32
PROMEDIO											36.36
DES. ESTANDAR											0.22
<b>f'm</b>											<b>36.13</b>

OBSERVAC.: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.

Se ensayaron Pilas de albañilería refrentado con yeso cemento.

Dónde:  $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión de la Pila, (kg/cm<sup>2</sup>) (o Pa.10<sup>6</sup>).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm<sup>2</sup>.



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	80C-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	6 de 6

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

TIPO DE LADRILLO

Fecha : 19/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	ESBELTEZ	FACTOR DE CORREC. ESBELTEZ - SENCICO	FACTOR DE CORREC. EDAD-14 DÍAS	RESISTENCIA CORREGIDA
		ANCHO (A)	ESPESOR (E)	ALTO (H)							
3	P-10%	13.0	22.2	33.5	288.6	12005	41.6	1.51	0.80	1.10	36.61
4	P-10%	13.3	22.3	33.3	296.6	11985	40.4	1.49	0.80	1.10	35.56
	P-10%	12.9	22.1	33.2	285.1	11542	40.5	1.50	0.80	1.10	35.63
PROMEDIO											35.93
DES. ESTANDAR											0.59
f'm											35.35

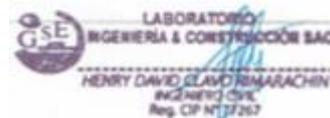
OBSERVAC.: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.  
Se ensayaron Pilas de albañilería refrentado con yeso cemento.

Dónde:  $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión de la Pila, (kg/cm<sup>2</sup>) (o Pa.10<sup>6</sup>).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg. f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm<sup>2</sup>.



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Código	80C-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>		Versión	01
			Página	6 de 6

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

TIPO DE LADRILLO

Fecha : 19/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

Nº	CÓDIGO/ MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	ESBELTEZ	FACTOR DE CORREC. ESBELTEZ - SENCICO	FACTOR DE CORREC. EDAD-14 DÍAS	RESISTENCIA CORREGIDA
		ANCHO (A)	ESPESOR (E)	ALTO (H)							
3	P-15%	13.0	22.2	33.4	288.6	11543	40.0	1.50	0.80	1.10	35.20
4	P-15%	13.5	22.1	33.5	298.4	11768	39.4	1.52	0.80	1.10	34.71
	P-15%	13.2	22.4	33.2	295.7	12000	40.6	1.48	0.80	1.10	35.71
PROMEDIO											35.21
DESV. ESTANDAR											0.50
f'm											34.71

OBSERVAC.: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.  
Se ensayaron Pilas de albañilería reftentado con yeso cemento.

Dónde:  $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión de la Pila, (kg/cm<sup>2</sup>) (o Pa.10<sup>6</sup>).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm<sup>2</sup>.



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	80C-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL MURETES DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

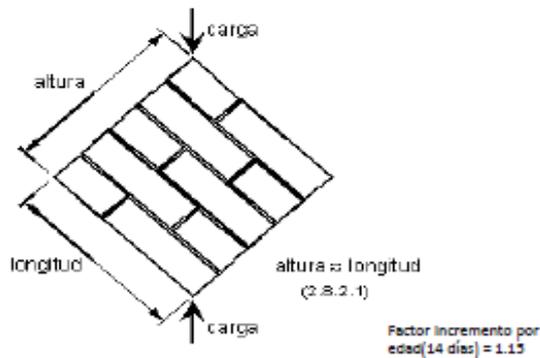
TIPO DE LADRILLO

Fecha : 24/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm²) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm²	Kpa
MURETE CON 0% 14 DIAS	60.00	12.30	60.00	84.00	1033.20	4790	5.3	5.23E+02
MURETE CON 0% 14 DIAS	60.00	12.40	60.00	84.02	1041.85	4795	5.3	5.19E+02
MURETE CON 0% 14 DIAS	60.05	12.20	60.03	84.05	1025.41	4723	5.3	5.19E+02
PROMEDIO $\bar{V}_m$							5.3	5.20E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.0	2.09
<b>V'm</b>							5.3	5.18E+02



FÓRMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W \cdot (F. Edad)}{A_{diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V'm$  = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm².

$\bar{V}_m$  = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm².

S = Desviación Estándar del espécimen, Kg/cm².

W = Máxima carga en Kg. Indicado por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del Área Diagonal en cm².

1MPa = 10.2 kg/cm²

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia al corte.

Se ensayaron Muretes, con esquineros referenciado con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante, la muestra es Tipo King Kong 30% vacíos, Marca Lark.



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	80C-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL MURETES DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

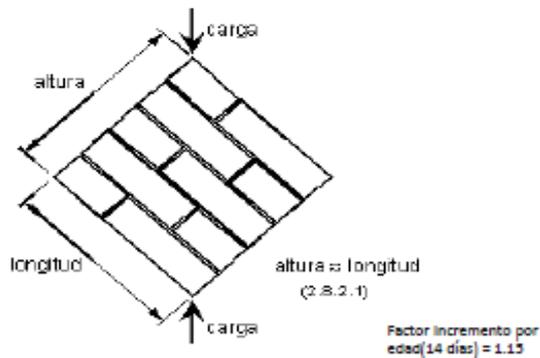
TIPO DE LADRILLO

Fecha : 24/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

Nº MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm <sup>2</sup> ) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm <sup>2</sup>	Kpa
MURETE CON 3% 14 DIAS	60.10	12.30	60.14	83.95	1032.59	4695	5.2	5.13E+02
MURETE CON 3% 14 DIAS	60.20	12.20	60.15	84.00	1024.80	4686	5.3	5.16E+02
MURETE CON 3% 14 DIAS	60.09	12.50	60.12	83.90	1048.75	4698	5.2	5.03E+02
PROMEDIO $\bar{V}_m$							5.2	5.11E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.1	5.41
<b>V'm</b>							<b>5.2</b>	<b>5.06E+02</b>



FORMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W \cdot (F. Edad)}{A \text{ diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V'm$  = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

$\bar{V}_m$  = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

S = Desviación Estándar del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

W = Máxima carga en Kg. Indicado por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del Área Diagonal en cm<sup>2</sup>.

1MPa = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia al corte.

Se ensayaron Muretes, con esquinas reforzadas con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante, la muestra es Tipo King Kong 30% vacíos, Marca Lark.



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	80C-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL MURETES DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

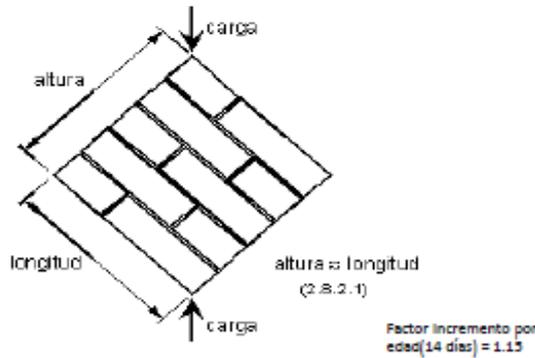
TIPO DE LADRILLO

Fecha : 24/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm <sup>2</sup> ) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm <sup>2</sup>	Kpa
MURETE CON 5% 14 DIAS	60.15	12.50	60.14	83.80	1047.50	4595	5.0	4.95E+02
MURETE CON 5% 14 DIAS	60.20	12.30	60.15	83.85	1031.36	4586	5.1	5.01E+02
MURETE CON 5% 14 DIAS	60.19	12.40	60.12	83.60	1036.64	4598	5.1	5.00E+02
PROMEDIO ( $\bar{V}_m$ )							5.1	4.99E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.0	3.60
<b>V'm</b>							<b>5.0</b>	<b>4.95E+02</b>



FORMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W \cdot (F. Edad)}{A_{diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$\bar{V}_m$  = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

$V'm$  = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

S = Desviación Estándar del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

W = Máxima carga en Kg. indicada por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del área Diagonal en cm<sup>2</sup>.

1MPa = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia al corte.

Se ensayaron Muretes, con esquinas reforzadas con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante, la muestra es Tipo King Kong 30% vacíos, Marca Lark.

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	80C-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL MURETES DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

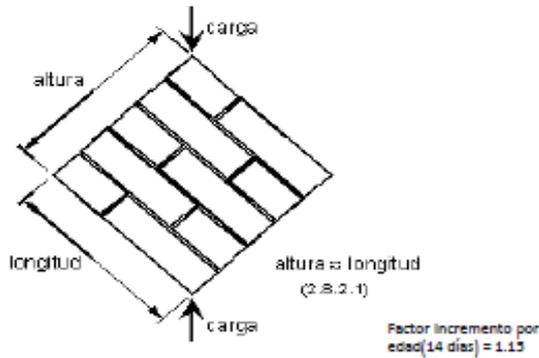
TIPO DE LADRILLO

Fecha : 24/05/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm <sup>2</sup> ) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm <sup>2</sup>	Kpa
MURETE CON 10% 14 DIAS	60.05	12.20	60.16	83.70	1021.14	4395	4.9	4.85E+02
MURETE CON 10% 14 DIAS	60.12	12.50	60.05	83.75	1012.53	4386	5.0	4.89E+02
MURETE CON 10% 14 DIAS	60.00	12.10	60.10	83.68	1012.53	4398	5.0	4.90E+02
PROMEDIO ( $\bar{V}_m$ )							5.0	4.88E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.0	2.29
<b>V'm</b>							5.0	4.86E+02



FORMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W * (F. Edad)}{A_{diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V'm$  = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

$\bar{V}_m$  = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

S = Desviación Estándar del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

W = Máxima carga en Kg. indicada por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del Área Diagonal en cm<sup>2</sup>.

1MPa = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia al corte.

Se ensayaron Muretes, con esquinas reforzadas con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante, la muestra es Tipo King Kong 30% vacíos, Marca Lark.

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	80C-F-28
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL MURETES DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal de Arcilla Adicionando Aserrín de Pino con Fines Estructurales, Bambamarca, 2019"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : WILYN FRANKIN DELGADO VÁSQUEZ

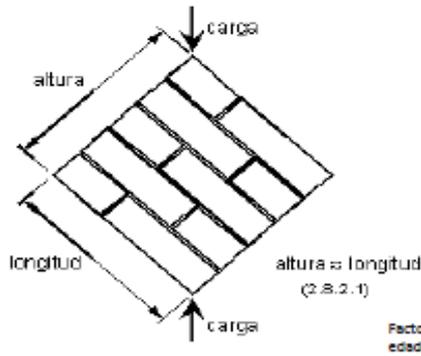
Fecha : 24/05/2021

TIPO DE LADRILLO

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm²) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm²	Kpa
MURETE CON 15% 14 DIAS	60.10	12.00	60.00	83.60	1003.20	4295	4.9	4.83E+02
MURETE CON 15% 14 DIAS	60.00	12.30	60.05	83.65	1011.56	4286	4.9	4.78E+02
MURETE CON 15% 14 DIAS	60.00	12.10	60.08	83.60	1011.56	4298	4.9	4.79E+02
PROMEDIO $\bar{V}_m$							4.9	4.80E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.0	2.59
<b>V'm</b>							4.9	4.77E+02



FÓRMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W * (F. Edad)}{A \text{ diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V'm$  = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm².

$\bar{V}_m$  = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm².

S = Desviación Estándar del espécimen, Kg/cm².

W = Máxima carga en Kg. Indicado por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del Área Diagonal en cm².

1MPa = 10.2 kg/cm²

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia al corte.

Se ensayaron Muretes, con esquineros referenciado con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante, la muestra es Tipo King Kong 30% vacíos, Marca Lark.



## CONSTANCIA

El que suscribe Mg. Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo, **JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota:

## HACE CONSTAR

Que el bachiller: **Wilyn Frankin Delgado Vásquez**, ha presentado la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA ADICIONANDO ASERRÍN DE PINO CON FINES ESTRUCTURALES, BAMBAMARCA, 2019”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 22 % de similitud, estando dentro de los límites permitidos.

Sin otro particular.

Colpa Matara, 12 de julio del 2022.

Miguel Angel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
N.º 12732

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH