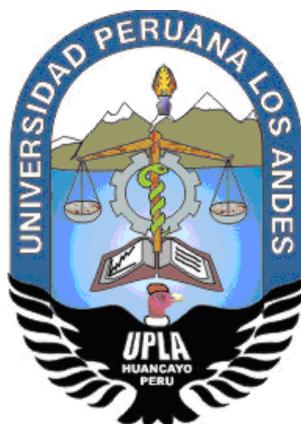


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE  
LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA  
ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO**

**Línea de investigación Institucional:**  
Nuevas Tecnologías y Procesos

**PRESENTADO POR:**

**BACH. JUNIOR YOSEMAR MARRON ASTO.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2020**

Ing. Julio Cesar Llallico Colca.

**Asesor**

### **Dedicatoria**

- A mi madre por darme la vida, darme su amor y por su apoyo incondicional.
- A mi padre, constructor, quien desde mi niñez me inculcó en hacer bien las cosas dentro de la ingeniería civil.

Bach. Junior Yosemite Marrón Asto.

### **Agradecimiento**

- A la Universidad Peruana los Andes, por brindarme acceso a los laboratorios de la facultad de Ingeniero Civil.
- Al ingeniero Cristian Mallaupoma y sus asistentes por el apoyo, y de los equipos de laboratorio de estructuras, y al ingeniero Llallico por compartir sus conocimientos de metodología de investigación.

Bach. Junior Marrón Asto.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Casio Aurelio Torres López.  
Presidente

---

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza.  
Jurado

---

Ing. Ernesto Willy García Poma.  
Jurado

---

Ing. Rando Porras Olarte  
Jurado.

---

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.  
Secretario docente

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xvi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xx</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>22</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>22</b>
1.1. Planteamiento del problema	22
1.2. Formulación y sistematización del problema	23
1.2.1. Problema general	23
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3. Justificación	24
1.3.1. Social o práctica	24
1.3.2. Metodológica	24
1.4. Delimitaciones	24
1.4.1. Espacial	24
1.4.2. Temporal	25
1.4.3. Económica	26
1.5. Limitaciones	26
1.6. Objetivos	26
1.6.1. Objetivo general	26
1.6.2. Objetivos específicos	26
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>27</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>27</b>
2.1. Antecedentes	27
2.1.1. Antecedentes nacionales	27
2.1.2. Antecedentes internacionales	30
2.2. Marco conceptual	33
2.2.1. El plástico tereftalato de polietileno	33
2.2.2. Ladrillo artesanal con tereftalato de polietileno y porcelanato	34
2.2.3. Aceptación de la unidad de albañilería	34
	vi

2.2.4. Mortero	35
2.2.5. Propiedades físicas	36
2.2.6. Propiedades mecánicas	38
2.2.7. Ventajas y desventajas del ladrillo artesanal hecho con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado	46
2.3. Definición de términos	47
2.4. Bases Legales	49
2.5. Hipótesis	49
2.5.1. Hipótesis general	49
2.5.2. Hipótesis específicas	50
2.6. Variables	50
2.6.1. Definición conceptual de las variables	50
2.6.2. Definición operacional de las variables	51
2.6.3. Operacionalización de las variables	51
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>52</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>52</b>
3.1. Método investigación	52
3.2. Tipo de investigación	52
3.3. Nivel de investigación	52
3.4. Diseño de investigación	53
3.5. Población y muestra	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.5.1. Población	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.5.2. Muestra	53
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.7. Procedimiento de recolección de datos	54
3.7.1. Obtención del tereftalato de polietileno (PET)	54
3.7.2. Ensayos de laboratorio	65
3.8. Técnicas y análisis de datos	65
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>66</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>66</b>
4.1. Propiedades físicas de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado	66

4.1.1. Propiedades físicas con 10 % de PET y 10 % de porcelanato	66
4.1.2. Propiedades físicas con 15 % de PET y 15 % de porcelanato	70
4.1.3. Propiedades físicas con 20 % de PET y 20 % de porcelanato	75
4.2. Resistencia a compresión de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato	80
4.2.1. Ensayo de resistencia a compresión f'b con 10 % de PET y 10 % de porcelanato triturado	80
4.2.2. Ensayo de resistencia a compresión f'b con 15 % de PET y 15 % de porcelanato	81
4.2.3. Ensayo de resistencia a compresión f'b con 20 % de PET y 20 % de porcelanato	82
4.3. Resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado	83
4.3.1. Ensayo a compresión axial en pilas f'm con 10 % de PET y 10 % de porcelanato	83
4.3.2. Ensayo a compresión axial pilas f'm con 15 % de PET y 15 % de porcelanato	84
4.3.3. Ensayo a compresión axial pilas f'm con 20 % de PET y 20 % de porcelanato	85
4.4. Resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado	86
4.4.1. Ensayo a compresión diagonal en muretes v'm al 10 % de PET y 10 % de porcelanato	86
4.4.2. Ensayo a compresión diagonal en muretes v'm con 15 % de PET y 15 % de porcelanato	87
4.4.3. Ensayo a compresión diagonal en muretes v'm con 20 % de PET y 20 % de porcelanato	88
4.5. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato	89
4.5.1. Propiedades físicas	89
4.5.2. Propiedades mecánicas	98

4.6. Prueba de hipótesis	105
4.6.1. Análisis estadístico	105
4.6.2. Contrastación de hipótesis específica 1	106
4.6.3. Contrastación de hipótesis específica 2	107
4.6.4. Contrastación de hipótesis específica 3	108
4.6.5. Contrastación de hipótesis específica 4	109
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>111</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>111</b>
5.1. Propiedades físicas de ladrillos artesanales adicionando 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato	111
5.1.1. Alabeo	111
5.1.2. Variación dimensional	112
5.1.3. Densidad	113
5.1.4. Absorción	113
5.1.5. Succión	114
5.2. Resistencia a compresión de ladrillos artesanales con la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado	115
5.3. Resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado	116
5.4. Resistencia a compresión diagonal con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado	116
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>118</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>123</b>
<b>Anexo 1: matriz de consistencia</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 2: cálculo de alabeo</b>	<b>126</b>
<b>Anexo 3: cálculo de variación dimensional</b>	<b>128</b>
<b>Anexo 4: cálculo de la densidad</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 5: cálculo de absorción</b>	<b>132</b>
<b>Anexo 6 : cálculo de succión</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 7: cálculo detallado de resistencia a compresión <math>f'b</math></b>	<b>136</b>

<b>Anexo 8: cálculo detallado resistencia a compresión axial en pilas f'm</b>	<b>138</b>
<b>Anexo 9: cálculo detallado de la resistencia a compresión diagonal en muretes v'm</b>	<b>140</b>
<b>Anexo 10: cálculo detallado de los agregados y sus características</b>	<b>142</b>
<b>Anexo 11: características físicas del PET (tereftalato de polietileno) y porcelanato</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 12: peso de los ladrillos y porcentaje de vacíos</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 13: resistencia a compresión del mortero y resistencia a compresión del ladrillo patrón</b>	<b>148</b>
<b>Anexo 14: costo de los diferentes porcentajes añadidos en los ladrillos PET -porcelanato</b>	<b>150</b>
<b>Anexo 15: certificado de los ensayos en laboratorio</b>	<b>153</b>
<b>Anexo 16: panel fotográfico</b>	<b>206</b>
<b>Anexo 18: otros documentos</b>	<b>236</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos técnicos del tereftalato de polietileno.	33
Tabla 2. Proporción para morteros según E.070.	35
Tabla 3. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	39
Tabla 4. Clase de Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.	40
Tabla 5. Métodos para determinar f'm y v'm.	40
Tabla 6. Factores de corrección por esbeltez.	41
Tabla 7. Espesor de la junta de mortero en la resistencia del prisma.	43
Tabla 8. Resistencia a compresión diagonal en prismas.	44
Tabla 9. Operacionalización de las variables.	51
Tabla 10. Cantidad de muestra por tipo de ladrillo para ensayos físicos.	53
Tabla 11. Cantidad de muestra por tipo de ladrillo para ensayos mecánicos.	53
Tabla 12. Ensayo de granulometría para el PET.	54
Tabla 13. Recolección de porcelanato.	55
Tabla 14. Ensayo de granulometría al porcelanato.	55
Tabla 15. Ensayo de granulometría del agregado clase C.	57
Tabla 16. Granulometría estandarizada del agregado clase C.	57
Tabla 17. Ensayo de granulometría del agregado clase M.	58
Tabla 18. Granulometría estandarizada del agregado clase M	58
Tabla 19. Diseño de mezcla al 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado	60
Tabla 20. Diseño de mezcla al 15 % de PET reciclado y 15 % de porcelanato	61
Tabla 21. Diseño de mezcla al 20 % de PET reciclado y 20 % de porcelanato	62
Tabla 22. Cuadro estadístico de alabeo con la adición del 10 % PET y 10 % porcelanato.	66
Tabla 23. Resumen del cálculo de alabeo con 10 % PET y 10 % porcelanato.	67
Tabla 24. Cuadro estadístico de variación dimensional con 10 % PET y 10 % porcelanato.	67
Tabla 25. Resumen del cálculo de variación dimensional con 10 % PET y 10 % porcelanato.	68
Tabla 26. Cuadro estadístico Densidad con 10 % PET y 10 % porcelanato.	68

Tabla 27. Resumen cálculo de densidad con 10 % PET y 10 % porcelanato.	69
Tabla 28. Cuadro estadístico absorción con 10 % PET y 10 % porcelanato.	69
Tabla 29. Cálculo de resumen absorción con 10 % PET y 10 % porcelanato.	69
Tabla 30. Cuadro estadístico de succión con la adición del 10 % PET y 10 % porcelanato.	70
Tabla 31. Cálculo de succión con 10 % PET y 10 % porcelanato.	70
Tabla 32. Cuadro estadístico de Alabeo con la adición del 15 % PET y 15 % porcelanato.	71
Tabla 33. Resumen del cálculo de alabeo con 15 % PET y 15 % porcelanato.	71
Tabla 34. Cuadro estadístico de variación dimensional con 15 % PET y 15 % porcelanato.	72
Tabla 35. Resumen del cálculo de variación dimensional con 15 % PET y 15 % porcelanato.	72
Tabla 36. Cuadro estadístico densidad con 15 % PET y 15 % porcelanato.	73
Tabla 37. Resumen cálculo de densidad con 15 % PET y 15 % porcelanato.	73
Tabla 38. Cuadro estadístico absorción con 15 % PET y 15 % porcelanato.	74
Tabla 39. Calculo detallado de absorción con 15 % PET reciclado y 15 % porcelanato triturado.	74
Tabla 40. Cálculo de succión con 15 % PET y 15 % porcelanato.	75
Tabla 41. Cuadro estadístico de alabeo con la adición del 20 % PET y 20 % porcelanato.	76
Tabla 42. Resumen del cálculo de alabeo con 20 % PET y 20 % porcelanato.	76
Tabla 43. Cuadro estadístico de variación dimensional con 20 % PET y 20 % porcelanato.	76
Tabla 44. Resumen del cálculo de variación dimensional con 20 % PET y 20 % porcelanato.	77
Tabla 45. Resumen cálculo de densidad con 20 % PET y 20 % porcelanato.	78
Tabla 46. Calculo detallado de densidad con 20 % PET reciclado y 20 % porcelanato triturado.	78
Tabla 47. Cuadro estadístico absorción con 20% PET y 20 % porcelanato.	78

Tabla 48. Cálculo de resumen absorción con 20 % PET y 20 % porcelanato.	79
Tabla 49. Cálculo de succión con 20 % PET y 20 % porcelanato.	80
Tabla 50. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 10 % PET y 10 % porcelanato.	80
Tabla 51. Cálculo de resistencia a compresión f'b con 10 % PET y 10 % porcelanato.	80
Tabla 52. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 15 % PET y 15 % porcelanato.	81
Tabla 53. Calculo detallado de resistencia a compresión f'b con 15 % PET y 15 % porcelanato.	81
Tabla 54. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 20 % PET y 20 % porcelanato.	82
Tabla 55. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 20 % PET y 20 % porcelanato.	82
Tabla 56. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial f'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.	83
Tabla 57. Cálculo de resistencia a compresión axial en pilas f'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.	83
Tabla 58. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial f'm con 15 % PET y 15 % porcelanato	84
Tabla 59. Cálculo de resistencia a compresión axial en pilas f'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.	84
Tabla 60. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial f'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.	85
Tabla 61. Cálculo de resistencia a compresión axial en pilas f'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.	85
Tabla 62. Cuadro estadístico de resistencia a la compresión diagonal v'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.	86
Tabla 63. Cálculo de resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.	86
Tabla 64. Cuadro estadístico de resistencia a la compresión diagonal v'm con 15 % PET y 15 % porcelanato.	87
Tabla 65. Cálculo de resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm con 15 % PET y 15 % porcelanato.	87
Tabla 66. Cuadro estadístico de resistencia a la compresión diagonal v'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.	88
Tabla 67. Cálculo de resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.	88
Tabla 68. Cuadro estadístico de alabeo.	89

Tabla 69. Clasificación según la propiedad de alabeo.	89
Tabla 70. Cuadro estadístico de variación dimensional.	91
Tabla 71. Cuadro de clasificación de la variación dimensional.	91
Tabla 72. Cuadro estadístico de densidad.	93
Tabla 73. Cuadro de resumen de densidad.	93
Tabla 74. Cuadro estadístico de Absorción.	95
Tabla 75. Diferentes porcentajes de ladrillo y su absorción.	95
Tabla 76. Cuadro estadístico de succión.	97
Tabla 77. Diferentes porcentajes de ladrillo y su succión.	97
Tabla 78. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b.	99
Tabla 79. Clasificación según la resistencia a compresión f'b.	99
Tabla 80. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial en pilas f'm.	101
Tabla 81. Cuadro de resumen resistencia a compresión axial en pilas f'm.	101
Tabla 82. Cuadro estadístico resistencia a compresión diagonal en muretes.	103
Tabla 83. Diferentes porcentajes de ladrillo y su resistencia a compresión axial en pilas f'm.	103
Tabla 84. Prueba de normalidad de acuerdo a Shapiro-Wilk.	105
Tabla 85. Análisis MANOVA hipótesis específica 1.	106
Tabla 86. Análisis MANOVA hipótesis específica 2.	107
Tabla 87. Análisis MANOVA hipótesis específica 3.	109
Tabla 88. Análisis MANOVA hipótesis específica 4.	110
Tabla 89. Calculo de alabeo en ladrillos artesanal.	127
Tabla 90. Calculo: variación dimensional en ladrillos artesanal.	129
Tabla 91. Calculo de densidad en ladrillos artesanal.	131
Tabla 92. Calculo de absorción en ladrillos artesanales.	133
Tabla 93. Calculo de absorción en ladrillos artesanales	135
Tabla 94. Calculo: resistencia a compresión f'b ladrillo artesanal.	137
Tabla 95. Calculo detallado de resistencia a compresión axial en pilas f'm en ladrillos artesanal	139
Tabla 96. Calculo detallado de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm en ladrillos artesanales	141
Tabla 97. Características físicas del agregado fino clase C.	143
Tabla 98. Características físicas del agregado fino clase M.	143

Tabla 99. Características físicas del PET reciclado.	145
Tabla 100. Características físicas del porcelanato triturado.	145
Tabla 101. Peso para cada ladrillo de PET– porcelanato.	147
Tabla 102. Porcentaje de vacíos por cada tipo de ladrillo PET-porcelanato.	147
Tabla 103. Resultado del ensayo a compresión de los morteros.	149
Tabla 104. Resultados de los ensayos a compresión para el diseño de mezcla patrón.	149
Tabla 105. Costo por millar para ladrillos 10 % de PET-porcelanato.	151
Tabla 106. Costo por millar de los ladrillos 15 % de PET -porcelanato.	151
Tabla 107. Costo por millar de los ladrillos 20 % de PET-porcelanato.	152

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación laboratorio de ensayos de agregado, porcelanato y tereftalato de polietileno.	25
Figura 2. Ubicación del laboratorio de la UPLA.	25
Figura 3. Aspecto de prismas ensayados a rotura por compresión.	42
Figura 4. Resistencia de pilas de albañilería ( $f'm$ ) vs edad del espécimen.	43
Figura 5. Forma de falla.	45
Figura 6. Muros de albañilería simple después del ensayo de corte.	45
Figura 7. Curva granulométrica PET.	55
Figura 8. Curva granulométrica porcelanato triturado.	56
Figura 9. Curva granulométrica agregado fino clase C.	57
Figura 10. Curva granulométrica agregado fino clase M.	58
Figura 11. Línea de tendencia de la propiedad de alabeo con PET y porcelanato	90
Figura 12. Cuadro comparativo de alabeo PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.	90
Figura 13. Línea de tendencia de la variación dimensional con PET y porcelanato.	92
Figura 14. Cuadro comparativo de variación dimensional PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.	92
Figura 15. Línea de tendencia de densidad con PET y porcelanato.	94
Figura 16. Cuadro comparativo de densidad PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.	94
Figura 17. Línea de tendencia absorción con PET y porcelanato.	96
Figura 18. Cuadro comparativo de absorción con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.	96
Figura 19. Línea de tendencia succión con PET y porcelanato.	98
Figura 20. Cuadro comparativo succión con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.	98
Figura 21. Curva de resistencia a compresión $f'b$ con PET y porcelanato.	100
Figura 22. Cuadro comparativo resistencia a compresión $f'b$ con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.	100
Figura 23. Curva de resistencia a compresión axial en pilas $f'm$ con PET y porcelanato	102
Figura 24. Cuadro comparativo resistencia a compresión $f'm$ con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal	102

Figura 25. Curva PET porcelanato vs resistencia a compresión en muretes	104
Figura 26. Cuadro comparativo resistencia a compresión v'm con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal	104

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es el resultado de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato?; el objetivo general fue: Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato. La hipótesis general que se contrastó fue: De la evaluación las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería, la adición de tereftalato de polietileno y porcelanato influyen positivamente, además cumple con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue tecnológica, con un nivel explicativo-correlacional y un diseño experimental; la población correspondió a 238 ladrillos artesanales convencionales y con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado; mientras que la muestra correspondió a toda la población, por lo que no se consideró una técnica de muestreo.

La conclusión principal fue que, la adición tereftalato de polietileno y porcelanato influyen positivamente en los ladrillos artesanales, además cumple con lo establecido en la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Palabras clave:** Tereftalato de polietileno(PET), porcelanato triturado, propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.

## ABSTRACT

The present investigation had as general problem: What is the result of evaluating the physical and mechanical properties of handcrafted bricks in masonry walls with the addition of polyethylene terephthalate and porcelain; the general objective was: To evaluate the physical and mechanical properties of handcrafted bricks in masonry walls with the addition of polyethylene terephthalate and porcelain. The general hypothesis that was contrasted was: From the evaluation of the physical and mechanical properties of handcrafted bricks in masonry walls, the addition of polyethylene terephthalate and porcelain tile have a positive influence, also complies with the E.070 Standard of the National Building Regulations.

The research method was scientific, the type of research was technological, with an explanatory-correlational level and an experimental design; the population corresponded to 238 conventional handcrafted bricks and with polyethylene terephthalate and crushed porcelain; while the sample corresponded to the whole population, reason why it was not considered a sampling technique.

The main conclusion was that, the addition of polyethylene terephthalate and porcelain positively influences the artisan bricks, in addition it fulfills the established in the norm E.070 of the National Regulation of Buildings.

**Keywords:** Polyethylene Terephthalate (PET), crushed porcelain, physical and mechanical properties of the handcrafted brick.

## INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato, tuvo como objetivo general: Determinar los resultados de la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato; para lo cual se realizó ensayos en el laboratorio de Estructuras, de la Universidad Peruana de Los Andes; se usó tereftalato de polietileno en 10 %,15 %, 20 %, asimismo 10 %,15 %, 20 % de porcelanato triturado, para evaluar las propiedades físicas y mecánicas tales como alabeo, variación dimensional, densidad, absorción, succión, resistencia a compresión, resistencia a compresión axial en pilas y resistencia a compresión diagonal en muretes; además se comparó tales propiedades con el ladrillo artesanal convencional.

Con la presente investigación, se busca mejorar las propiedades físicas y mecánicas, con la incorporación de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado de los ladrillos artesanales, además de que estos cumplan con los parámetros establecidos la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El desarrollo de la investigación presenta los siguientes capítulos:

Capítulo I: Problema de investigación, desarrolla el problema de investigación considerando el planteamiento, formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos.

Capítulo II: Marco teórico, refiere al marco teórico mostrando los antecedentes nacionales e internacionales, marco conceptual, definición de términos, bases legales, hipótesis y variables.

Capítulo III: Metodología, resalta el método, tipo, nivel y diseño de investigación; asimismo, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados, donde se describe los resultados en función a los objetivos planteados.

Capítulo V: Discusión, el mismo que desarrolla la discusión de los resultados en base a los antecedentes.

Finalmente se obtiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Junior Yosemite Marrón Asto.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

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

A nivel mundial, las construcciones a largo plazo aumentarán con la posibilidad de llegar a un 85 % al 2030, impulsando la demanda de mano de obra, equipos y sobre todo materiales de construcción como las unidades de albañilería (Saez, 2016).

En el Perú, en lo que concierne a las construcciones de albañilería cumple una parte esencial tanto en muros portantes, no portantes y otros; no obstante, el avance de la tecnología busca mejorar la eficacia, la disminución de desperdicios y la amigabilidad con el medio ambiente, es por ello la utilización de productos reciclados y/o desechados, para ser reutilizados en las construcciones (Vargas, 2015).

Un aspecto desfavorable que no es considerado en las construcciones de albañilería son las técnicas y sobre todo la calidad de ladrillos artesanales, pues estos varían de un lugar a otro, tanto por la calidad de la materia prima, moldeado, secado, cocción y principalmente por el tipo de proceso de producción, ya sea artesanal (moldeo y cocción artesanal) o industrial (moldeo y cocción mecanizada) (Arquiñigo, 2011).

En el distrito del tambo, los ladrillos artesanales, son hechos de arcilla y son adquiridos, debido al menor costo y semejanza con las unidades industrializadas; asimismo, se observa que los ladrillos artesanales hecho de tierra arcilla, (se deshacen) y se deterioran (debido a los factores climáticos); a esto se suma el efecto de eflorescencia en superficies de ladrillos de albañilería; estos factores, afectan considerablemente la propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería (ladrillo artesanal).

Situación por la cual, con la presente investigación se pretendió proponer una unidad de albañilería (ladrillo artesanal), hecho de agregado, cemento y adición porcentual tanto de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el resultado de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo influye la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en las propiedades físicas de ladrillos artesanales?
- b) ¿Cuál es la influencia de la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales?
- c) ¿De qué forma incide la incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales?

- d) ¿En qué medida influye incorporar el 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Social o práctica**

La justificación social se da cuando se propone alternativas de solución a problemas reales, en tal sentido la presente investigación propuso una alternativa, de obtener ladrillos artesanales de mayor calidad utilizando el tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, esto conlleva a obtener un ladrillo semi ecológico; asimismo, generaría empleo a mano no calificada con la respectiva asesoría profesional.

#### **1.3.2. Metodológica**

La investigación presenta justificación metodológica, pues propone una metodología como referencia para futuras investigaciones, en este contexto los procedimientos aplicados servirá para elaborar ladrillos artesanales con la incorporación de tereftalato de polietileno y porcelanato; asimismo, la metodología servirá para investigaciones experimentales posteriores en cuanto a la evaluación de las propiedades de físicas y mecánicas de estos ladrillo artesanales.

### **1.4. Delimitaciones**

#### **1.4.1. Espacial**

La investigación se desarrolló a nivel de laboratorio en dos etapas, la primera en el laboratorio QA/QC Express ubicado en el distrito de Pilcomayo y la segunda etapa en el laboratorio de la Universidad Peruana Los Andes ubicada en el distrito y provincia de Huancayo, departamento de Junín.



Figura 1. Ubicación laboratorio de ensayos de agregado, porcelanato y tereftalato de polietileno.  
Fuente: Google Earth (2020).



Figura 2. Ubicación del laboratorio de la UPLA.  
Fuente: Google Earth (2020).

#### 1.4.2. Temporal

La investigación fue realizada durante los meses de abril a octubre de 2019.

### **1.4.3. Económica**

La totalidad de los gastos para la ejecución de la investigación fueron asumidos por el tesista.

### **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones presentadas para el desarrollo de la presente tesis fueron:

- Experto para la elaboración de unidades de albañilería con nuevos materiales.
- Limitada información sobre ladrillos hechos con tereftalato de polietileno y/o porcelanato.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato.

#### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la influencia de la adición del 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en las propiedades físicas de ladrillos artesanales.
- b) Estimar la influencia de la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales.
- c) Establecer la incidencia de la incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales.
- d) Determinar cómo influye incorporar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

Flores (2018) sustentó la tesis: “Influencia de la dosificación en las características físico - mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados 2018”, considero como objetivo: determinar la masa, la uniformidad dimensional y la resistencia a la comprensión; para ello analizó la influencia de la dosificación, con dos tipos: Muestra 1 y Muestra 2, para el efecto seleccionó, fabricó. Produjo el ladrillo modelo lego, para luego realizar el ensayo de características físicas: determinación de la masa, uniformidad dimensional y en las características mecánica sólo la resistencia a comprensión. Obtuvo los siguientes resultados: promedio de masa 2871.65 gr, dimensiones 23.35 cm x 12.75 cm x 8.5 cm, el ladrillo de plástico reciclado (modelo lego) tiene un alto grado de resistencia a la comprensión, a comparación de un ladrillo común en base a la NTP, resistencia a la comprensión mínima es de 50 kg/cm<sup>2</sup>, el resultado del ensayo de resistencia a la comprensión de ladrillo plástico reciclado fue de M1,104 kg/cm<sup>2</sup> – M2, 53 kg/cm<sup>2</sup>. Por último, las conclusiones que llegó fueron que la dosificación de

70 % PET y 30 % PEAD más un aditivo acelerante, influye en la dosificación en las características físicas y mecánicas encontrándose dentro de los parámetros mínimos de resistencia mínima a la compresión en unidades de albañilería tal cual lo indica la norma E.070 del reglamento nacional de edificaciones.

Risco (2018) sustentó la tesis: “Propiedades físico-mecánico de ladrillos fabricados con residuos de plásticos y material agregado, Chiclayo”, en su investigación tomó en cuenta antecedentes donde se fabricaron ladrillos con plástico del tipo PET o PVC que fueron agregados en la mezcla para ladrillos de concreto con el fin de probar las propiedades físicas y mecánicas. Se trabajó con una población y muestra de 12 ladrillos, de los cuales se fabricaron 3 porcentajes diferentes de plástico como agregado y se tuvo: 3 % para los tres primeros, 5 % a los tres siguientes, 7 % a los tres últimos se consideró una muestra patrón de 3 ladrillos sin ningún agregado de residuos plásticos. Se determinó que los ladrillos de concreto con residuos plásticos al 3 % poseen variación dimensional, para el largo un 0.28 % de variación, para el ancho 0.37 % y en cuanto a la altura 0 % de variación, en cuanto al porcentaje de absorción este tiene 10.92 %, para los ladrillos de concreto con residuos plásticos al 5 % poseen las siguientes propiedades físicas: en cuanto al porcentaje de variación dimensional arroja que para el largo tiene un 0% de variación, para el ancho tiene 1.11 % y en cuanto a la altura tiene 0.51 % de variación y en cuando al porcentaje de absorción este tiene 9.41 %. los ladrillos de concreto con residuos plásticos al 7 % poseen las siguientes propiedades físicas: en cuanto al porcentaje de variación dimensional arroja que para el largo tiene un 0.28 % de variación, para el ancho tiene 1.11 % de variación y con respecto a la altura tiene 0.51 % de variación y en cuando al porcentaje de absorción este tiene 7.97 % Con respecto a las propiedades mecánicas se determinó que los ladrillos de concreto con residuos plásticos al 3 % se obtuvo una resistencia a la compresión de 48.10

kg/cm<sup>2</sup>. Con residuos de plásticos al 5 % la resistencia a la compresión este tiene: 35.42 kg/cm<sup>2</sup>. Se determinó que los ladrillos de concreto con residuos plásticos al 7 % tiene una resistencia a la compresión de 25.79 kg/cm<sup>2</sup>. Tomando en cuenta el objetivo general, se contrasta que los ladrillos fabricados con residuos plásticos al 3 %, 5 % y 7 % de residuos plásticos se encuentran por debajo del total mínimo exigido en las normas para ser considerado un ladrillo tipo I, considerando la propiedad más importante que es la resistencia a la compresión, y esta no alcanzó el valor mínimo de 50 kg/cm<sup>2</sup>, requerido para entrar en la clasificación, sin embargo los valores que arrojó la investigación según las normas técnicas, estas unidades de albañilería pueden clasificar como bloque NP para muros no portantes, debido a que su resistencia se encuentra por encima de los 20 kg/cm<sup>2</sup>, es por ello que estos ladrillos se pueden usar para separaciones o divisiones, además de ser muy ligeros en cuanto a peso en comparación a los otros ladrillos convencionales.

Echevarría (2017) sustentó la tesis: “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”, su investigación tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físico - mecánicas de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, en consideración con la norma técnica E.070 para unidades de albañilería clase IV. Posteriormente se procedió a añadir a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes escalonadas de 0 %, 3 %, 6 % y 9 %, obteniéndose cuatro tipos de ladrillo, a éstos realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad. De acuerdo con los ensayos el, 3 % presento 1.72 mm de alabeo, el 6 % obtuvo 2.06 mm de alabeo y el 9 % obtuvo 1.56 mm de alabeo, la variación dimensional, absorción, resistencia a compresión, resistencia a compresión axial de pilas, resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería. Todos los tipos de ladrillo de concreto vibrado con hojuelas de PET reciclado cumplen con los requerimientos de la norma E.070. la resistencia a compresión, los valores determinados

son  $f'b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'b = 118.80 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$  para porcentajes de 0 %, 3 %, 6 % y 9 % de PET , ensayo de resistencia axial en pilas presento lo resultados:  $f'm = 100.83 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'm = 79.79 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'm = 76.75 \text{ kg/cm}^2$  para porcentajes de 3%, 6% y 9%, el ensayo de resistencia corte de murete de albañilería, proporcionaron la resistencia de  $v'm = 12.83 \text{ kg/cm}^2$ ,  $v'm = 13.17 \text{ kg/cm}^2$  y  $v'm = 9.96 \text{ kg/cm}^2$  para porcentajes de 3%, 6% y 9%, habiendo una disminución máxima de  $6.51 \text{ kg/cm}^2$  respecto de la mezcla patrón (0% PET)  $V'm = 16.47 \text{ kg/cm}^2$ , cumpliendo los valores referenciales de estipulados en la norma E.070. De los ensayos realizados se concluyó que: Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto PET (3 %, 6 %, 9 % PET) en lo que respecta a variación dimensional, contenido de humedad, porcentaje de vacíos y alabeo no varía sustancialmente comparado con el ladrillo patrón (0 % PET) , de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET (3 %, 6 %, 9 % PET) en lo que respecta a succión y absorción aumentan a medida que se incluye el PET en la mezcla, este comportamiento es atribuido a la geometría de las hojuelas de PET reciclado, pues no permiten un óptimo acomodo de las partículas del concreto, generando así mayores poros en la unidad de albañilería. las propiedades físico - mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos definidos por la norma E.070. Los tres tipos de ladrillos de concreto PET (3 %, 6 %, 9 % PET) según sus porcentajes se clasifican como ladrillos Clase III y el ladrillo patrón (0 % PET) se clasifica como ladrillo Clase IV, todos pudiendo ser utilizados estructuralmente.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

González Laría, Kreiker, Gaggino, Peisino y Argüello (2016) en la conferencia: VII congreso internacional 21ª reunión técnica de la asociación argentina de tecnología del hormigón expusieron: “Desechos industriales RPP como material de adición en morteros

para la fabricación de ladrillos de plástico PET”, desarrollaron un ladrillo fabricado en base a partículas de plástico, polietileno tereftalato (PET), de botellas de residuos; concluyendo que este ladrillo posee una aislación térmica doble y un peso aproximadamente la mitad, que del ladrillo común, asimismo su resistencia a la compresión es insuficiente para mampostería hechas con unidades de albañilería; asimismo, mencionan que existen estudios sobre el uso de PET reciclado, con agregados de residuo del pulido del porcelanato (RPP) en las mezclas, estos agregados aumentan la resistencia mecánica a la compresión hasta en un 100 %. Siendo similar al ladrillo artesanal de tierra cocida.

Caballero y Florez (2016), sustentaron la tesis: “Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico Polietilen-Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción”; para la tesis mencionada se sustituyó porcentajes de PET triturado y recolectado como desecho para la fabricación de bloques de hormigón de 6 pulgadas en 12.5 %, 25 % y 37.5 % respecto al volumen de agregado fino; siendo así que, consideraron que se debe mantener la geometría y proceso de fabricación de un bloque convencional, cumpliendo con los parámetros de resistencia, absorción, densidad y humedad de las normativas NSR-10 y Normas Técnicas Colombianas NTC del ICONTEC. Los resultados demostraron que la alternativa es factible bajo los parámetros mencionados; ya que los bloques con PET mostraron una reducción de peso por unidad, se redujo en un 2 % la masa en comparación a los bloques convencionales, para la sustitución de 37.5 % de arena. Obtuvieron resistencias superiores en los porcentajes de 12.5 % y 25 % de agregado (3.5 y 3.2 MPa respectivamente) contra la de 0 % (2.83 MPa), debido a estos valores en las resistencias el porcentaje de absorción del agua cumple, al arrojar magnitudes bajas de 11.9 % y 11.8 % para las dosificaciones correspondientes. En cuanto a los costos, el uso de bloques con PET triturado resulta más económico

que un bloque convencional con diferencias en precios hasta de \$113.17 para una sustitución del 37.5 % de arena.

Angumba (2016) sustentó la tesis: “Ladrillos elaborados con plástico reciclado PET, para mampostería no portante”, en la tesis sustentada se elaboraron probetas con dimensiones de 20 x 10 x 6cm con adición de PET al 10 %, 25 %, 40 %, 55 %, 65 % y 70 % en sustitución del árido fino, este material se analizó para obtener el módulo de finura y densidad, con el que se elaboró un mortero con las siguientes dosificaciones 1:2; 1:3; 1:4, del análisis granulométrico y la respectiva prueba resistencia a la compresión se tomó como dosificación óptima 1:2. Al ladrillo elaborado con plástico reciclado PET se le adicionó porcentajes proporcionales 10 %, 25 %, 40 %, 55 %, 65 % y 70 % de PET en sustitución del árido fino, el mismo que tuvo un proceso de moldeado y prensado. Los ensayos para cada porcentaje de PET fueron los siguientes: en el de 10 % de PET obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 248.96 kg/cm<sup>2</sup>, con 25 % de PET se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 288.70 kg/cm<sup>2</sup>, con 40 % de PET se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 200.22 kg/cm<sup>2</sup>, con 55 % de PET se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 17.92 kg/cm<sup>2</sup>, con 65 % de PET, se obtuvo la resistencia a la compresión promedio de 9.08 kg/cm<sup>2</sup>, en la dosificación 70 % de PET no se realizó el ensayo a la compresión debido a que las características que presentaban los ladrillos con plástico reciclado PET, eran el alto grado de disgregación de los componentes (arena, cemento, PET), la forma de sus aristas no estaban claramente definidas, sus dimensiones son muy variables, no permiten manipulación alguna. Lo que no permitían que sean sometidos a ningún tipo de carga en la presa. Todas las pruebas realizadas fueron sometidas en 4 probetas con resistencia a los 28 días. Luego de efectuar los ensayos a la compresión y analizar el material para mampostería más óptimo según los lineamientos establecidos por

las Normas Ecuatorianas obtuvo como resultado un ladrillo óptimo con 25 % de adición de PET, con una resistencia a la compresión de: 288.70 kg/cm<sup>2</sup>. De Las dosificaciones del 10 %, 25 % y 40 %, se concluye que presentan las más altas resistencias durante el ensayo a la compresión, Las dosificaciones del 55 % y 65 %, tiene una considerable disminución en cuanto a su Resistencia se refiere, lo cual no les permite estar ni siquiera al mismo nivel de los ladrillos cerámicos de la ciudad, Las dosificaciones del 10 % y 40 % presentan valores inferiores a los obtenidos con la dosificación del 25 %. A partir de la dosificación del 40 %, se puede apreciar una considerable disminución la resistencia de las dosificaciones del 55 %, 65 % y 70 %.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. El plástico tereftalato de polietileno

Es una sustancia sintética de estructura macromolecular por su gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y otros compuestos. Fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J.T. Dicknson en 1941 y comenzó a ser utilizado desde 1955 para producir envases de líquidos y es totalmente reciclable, lo que le da un valor agregado (Estrucplan, 2000). Además Hernández (2010) asumió los datos del plástico tereftalato de polietileno como: resistencia a la compresión de 80 MPa (815 kg/cm<sup>2</sup>) y un módulo de elasticidad a compresión de 1 GPa (10193 kg/cm<sup>2</sup>), en cuanto a la tensión, su resistencia es de 55 MPa (560 kg/cm<sup>2</sup>) y su módulo de elasticidad a tensión de 2.7 GPa (27522 kg/cm<sup>2</sup>).

Tabla 1. Datos técnicos del tereftalato de polietileno.

Propiedades mecánicas	Valor	
Peso específico	1.34	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción	825	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	1425	kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al desgaste por rose	Muy buena	

Fuente: Bove-ag (2017).

### **2.2.2. Ladrillo artesanal con tereftalato de polietileno y porcelanato**

Actualmente en la fabricación de ladrillos artesanales de arcilla o tierra natural, se viene utilizando hornos de grandes tamaños y estos requieren de grandes insumos como aserrín agregado fino y otros, y la utilización de combustible, llanta de caucho, por lo cual se tiene una alternativa. Fabricación de ladrillos artesanales con la adición de tereftalato de polietileno y porcelanato, en estado triturado; es una propuesta y/o una alternativa de diseño, ya que no se requiere de hornos con uso de combustible, que hace viable la albañilería con ladrillos artesanales de polietileno-porcelanato.

La calidad de los ladrillos depende de cada etapa del proceso de fabricación, fundamentalmente de la cuidadosa selección de los agregados, la correcta determinación de la dosificación, una perfecta elaboración en lo referente al mezclado, moldeo y compactación, y de un adecuado curado. (Arrieta y Peña herrera 2001)

Las unidades de albañilería (ladrillo), de estudio de esta investigación son ladrillos con reemplazo porcentual de agregado, por tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, los cuales fueron sometidos a ensayos físicos y mecánicos en acorde a la norma E.070, que se realizan a las unidades de albañilería, por no existir un reglamento específico para ladrillos, hechos de tereftalato de polietileno- porcelanato.

### **2.2.3. Aceptación de la unidad de albañilería**

De acuerdo a lo estipulado en la norma de albañilería E.070: 2019, para la aceptación de la unidad se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Si la muestra presentase más de 20 % de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.

- La absorción de las unidades de arcilla y sílice calcáreas no será mayor que 22 %. El bloque de concreto clase P, tendrá una absorción no mayor que 12 % de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15 %.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- La unidad de albañilería, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico. - La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

#### 2.2.4. Mortero

La norma E.070 refiere que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería.

La Norma E.070 especifica las proporciones volumétricas de la mezcla, clasificándolas con las siglas P para su empleo en muros portantes y NP para los muros no portantes.

Tabla 2. Proporción para morteros según E.070.

Tipos de morteros				
Tipo	Componentes			Uso
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 - 1/4	3 - 3 1/2	muro portante
P2	1	0 - 1/2	4-5	muro portante
NP	1		Hasta 6	muro no portante

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070 (MVCS, 2010)

## 2.2.5. Propiedades físicas

### Alabeo

En este ensayo, se busca comprobar cuan cóncavo o convexo es la unidad. Para ello se coloca una regla metálica en cada una de las caras del ladrillo, de tal forma que ésta vaya de una arista a otra opuesta diagonalmente. Luego se pone una cuña graduada o regla graduada en la zona central y en los lados extremos. Si la unidad presenta una forma cóncava o convexa en los extremos, la regla y la cara de la unidad ensayada formarán una C. El resultado promedio se expresa en milímetros. El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor o menor espesor de la junta. Así mismo el alabeo puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería (Peralta, 2002).

### Variación dimensional

Es el efecto de la imperfección geométrica de ladrillos y que se manifiesta en las unidades de albañilería, siendo necesario hacer juntas de mortero mayores, que las justificadas; a mayores imperfecciones, mayores espesores de juntas. Las dimensiones de la unidad, se expresan como: largo, ancho y altura (L x b x h), en centímetros. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 15 mm es adecuado y suficiente. Se considera que la resistencia de la albañilería disminuye aproximadamente en 15 % por cada incremento de 3 mm el espesor de la junta de mortero.(NTP 399.613, 2017).

$$\text{VARIACIÓN DIMEN.} = \frac{\text{DN} - \text{DP}}{\text{DN}} * 100$$

Donde:

DN: Medida especificada por el fabricante (mm)

DP: Medida promedio (mm)

### **Densidad**

La densidad de las unidades de albañilería depende del peso de los agregados, volumen, proceso de fabricación y de la dosificación de la mezcla. La densidad debe ser la máxima que se pueda alcanzar, de ella dependen sus otras características como: resistencia a la compresión, absorción, permeabilidad, durabilidad y comportamiento al manejo durante su producción, transporte y manejo en obra (Caballero y Florez, 2016).

$$\text{DENSIDAD} = \frac{W_d}{W_s - W_i} * 1000$$

Donde:

Wd : Peso seco (Kg)

Ws : Peso saturado (Kg)

Wi : Peso sumergido (Kg)

### **Absorción**

Esta propiedad está referida a la diferencia que hay entre el peso de la unidad saturada y el peso de la unidad seca, la cual es expresada en porcentaje con respecto al peso de la unidad seca ( NTP 399.604, 2015)

$$\text{ABSORCION} = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100$$

Donde:

Ws : Peso saturado (Kg)

Wd : Peso seco (Kg)

## **Succión**

Consiste en colocar un volumen definido de agua sobre un recipiente de sección conocida midiendo la altura con un flexómetro. Luego vaciar una parte del agua a una bandeja; posteriormente, apoyar la unidad sobre 3 puntos, de modo que la superficie por asentar este en contacto con una película de agua de 3mm de altura durante un minuto, después retirar el ladrillo, vaciar el agua de la bandeja al recipiente y volver a medir el volumen de agua.

$$Succión = \frac{200 (V1 - V2)}{A}$$

V1= Volumen inicial.

V2= Volumen final.

### **2.2.6. Propiedades mecánicas**

#### **Resistencia a compresión f'b**

Es una de las principales propiedades que posee el ladrillo, debido a que con esta prueba se define el nivel de su calidad así mismo el nivel de resistencia que tiene la unidad de albañilería a la durabilidad. Esta propiedad, es considerada la principal propiedad de la unidad de albañilería; puesto que si la unidad posee niveles altos de resistencia a la compresión indicaría que es de buena calidad para fines estructurales y de exposición; pero si la unidad de albañilería obtiene resultados bajos, indicaría que estas unidades son de poca resistencia y no muy durables, así como solo se podrían utilizar en construcciones en condiciones mínimas. (NTP 399.604, 2015).

El esfuerzo a la compresión es definido mediante la siguiente fórmula:

$$F'b = \frac{\text{Carga maxima (kg)}}{\text{Area bruta (cm}^2\text{)}}$$

Las cinco clases de ladrillos de la Tabla 3 son descritas por la norma E.070 la siguiente manera:

Tipo I. Tienen resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

Tipo II. Ladrillos de baja resistencia y durabilidad; aptos para usarse en condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).

Tipo III. Ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones expuestas bajo condiciones de intemperismo.

Tipo IV. De alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

Tipo V. Con resistencia y durabilidad elevada; aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al Tipo IV.

### **Clasificación para fines estructurales**

Para efectos de diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la siguiente Tabla 3 E.070 (MVCS, 2010):

Tabla 3. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'b mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
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)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070 (MVCS, 2010).

## Limitaciones en su aplicación

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la siguiente tabla, según la norma E.070 (MVCS, 2010):

Tabla 4. Clase de Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.

Tipo	Zona sísmica 3 y 4		Zona sísmica 1 y 2
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal *	No	Si, hasta dos pisos	Si
Solido industrial	Si	Si	Si
Tubular	No	No	Si, hasta dos pisos

\* Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070 (MVCS, 2010)

## Prismas de albañilería

En La norma E.070 establece que la resistencia de la albañilería a compresión axial pilas ( $f'm$ ) y resistencia a compresión diagonal en muretes ( $v'm$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5. Métodos para determinar  $f'm$  y  $v'm$ .

Resistencia características	Edificios de 1 - 3 pisos			Edificios de 4-5 pisos			Edificios de más de 5 pisos		
	zona sísmica			zona sísmica			zona sísmica		
	3 y 4	2	1	3 y 4	2	1	3 y 4	2	1
( $f'm$ )	A	A	A	B	B	A	B	B	B
( $v'm$ )	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTPP 399.605 Y 399.621

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070 (MVCS, 2010).

Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería ( $f'm$ ) y ( $v'm$ ) deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes: Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 4, ( $f'm$ ) será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y ( $v'm$ ) con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada.

Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 4, ( $f'm$ ) será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y ( $v'm$ ) con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada.

Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, y del mortero, mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra. E.070 (MVCS, 2010)

### **Ensayo a Compresión axial de pilas $f'm$**

Según la NTP 399.605, (2013), el espécimen para determinar la resistencia a la compresión axial de la albañilería, consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra. La esbeltez y la altura mínima de los prismas de ladrillos está en relación alto – ancho del prisma entre 2 y 5.

El valor ( $f'm$ ) se obtiene contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la siguiente tabla.

Tabla 6. Factores de corrección por esbeltez.

esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.8	0.91	0.95	0.98	1.0

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070 (MVCS, 2010)

La Tabla 6 muestra los factores de esbeltez para relaciones enteras. (Peralta, 2002) manifiesta una fórmula para esbeltez con decimales incluido:

$$CC=0.0053E^3+0.051E^2-0.0631E^1+0.7074$$

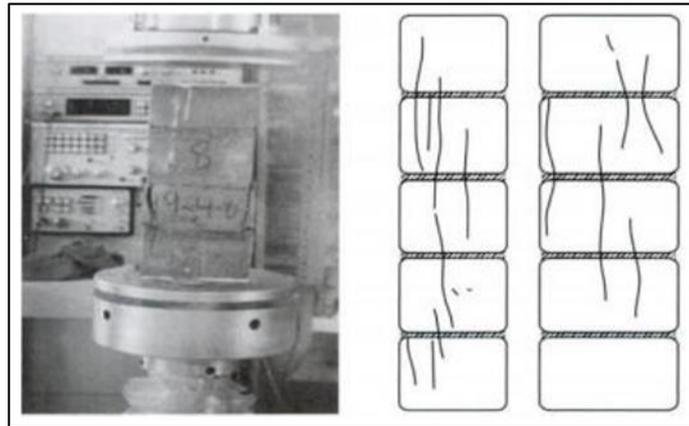


Figura 3. Aspecto de prismas ensayados a rotura por compresión. Izq. De ladrillo de concreto. Der. Esquema de agrietamiento típico.

El esfuerzo y la deformación unitaria en rotura del prisma corresponden a valores intermedios de los que corresponden al ladrillo y al mortero que conforman el prisma. Estos hechos llevan a deducir que el agrietamiento vertical de los ladrillos está relacionado con la deformación lateral del mortero. En la albañilería que analizamos, es usual que los ladrillos sean más resistentes y rígidos que el mortero. Gallegos y Casabonne (2005).

La resistencia del prisma aumenta con la resistencia del ladrillo. Sin embargo, la relación no es directa; La mejor relación parece ser con la raíz cuadrada de la resistencia del ladrillo en compresión, de modo tal que la duplicación de este valor solo conduce a un aumento del 40 % en la resistencia del prisma. Gallegos y Casabonne, (2005).

La resistencia del prisma aumenta con el incremento de la altura del ladrillo, al haber más sección transversal. Sin embargo, dado que los ladrillos del mismo material dan menos resistencia a la compresión. Algunos ensayos han mostrado que, duplicando la altura del ladrillo, para la misma materia prima, se reduce la resistencia de este en alrededor de 35 % y se aumenta la resistencia del prisma en alrededor de 20 %. Gallegos y Casabonne (2005).

La edad del prisma al momento del ensayo La única modificación que sufre con respecto a su resistente, que el prisma con el transcurso del tiempo aumenta su resistencia. El efecto en la resistencia del prisma es equivalente al aumento de resistencia del mortero. Gallegos y Casabonne (2005).

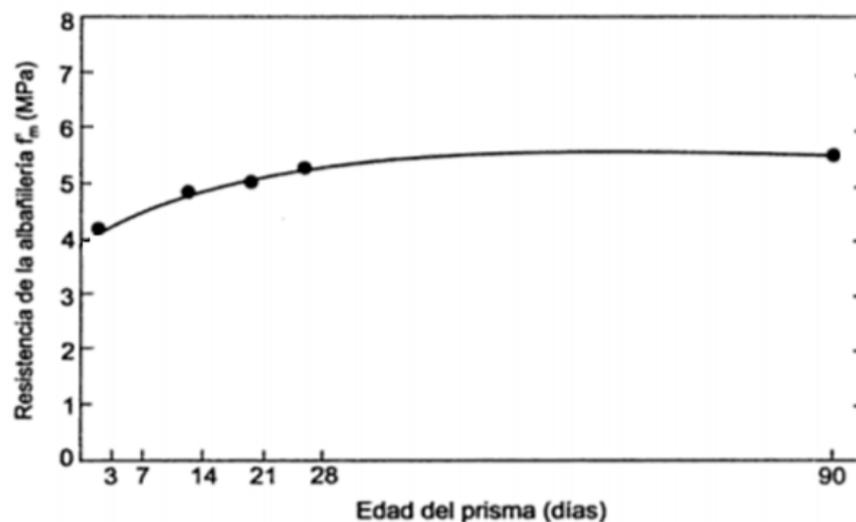


Figura 4. Resistencia de pilas de albañilería ( $f_m$ ) vs edad del espécimen. Fuente: Gallegos y Casabonne (2005).

El esfuerzo de confinamiento en el ladrillo aumenta con la cantidad de mortero que este debe confinar. Consecuentemente, el aumento del espesor de la junta de mortero produce reducciones en la resistencia del prisma. En la Tabla 7 se indican las relaciones de resistencia del prisma para diferentes espesores de junta, con relación a la resistencia de la unidad. Gallegos y Casabonne (2005).

Tabla 7. Espesor de la junta de mortero en la resistencia del prisma.

Espesor de la junta(mm)	Relación de resistencia del prisma
6	1.15
9	1.0
12	0.84
15	0.7
18	0.5

Fuente: Gallegos y Casabonne (2005).

## Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm

Este ensayo sirve para determinar la resistencia característica a corte diagonal (v'm), y se procede según la NTP 399.621, (2015). El testigo estándar es un murete cuadrado cuyo lado nominal debe ser una representación mínima de un muro. Según la norma E.070, el valor de (v'm) para diseño será mayor de  $0.319\sqrt{f'm}$  MPa o ( $\sqrt{f'm}$  kg/cm<sup>2</sup>). La resistencia (v'm) en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar. Y se clasificara dentro de la siguiente tabla:

Tabla 8. Resistencia a compresión diagonal en prismas.

Materia	Clase	Unidad f'b	Pilas f'm	Muretes v'm
Arcilla	clase I - Artesanal	4.9 (50)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	clase II - Artesanal	6.9 (70)	3.9 (40)	0.55 (5.6)
	clase III - Artesanal	9.3 (95)	4.6 (47)	0.64 (6.5)
	clase IV - Industrial	12.7 (130)	6.4 (65)	0.79 (8.1)
	clase V - industrial	17.6 (180)	8.3 (85)	0.90 (9.2)
Concreto	Industrial portante	17.5 (178)	7.0 (71)	0.44 (4.5)
sílice-cal	Industrial portante	12.6 (129)	10.1 (103)	0.93 (9.5)

Fuente: Reglamento Nacional de edificaciones, E.070 (MVCS, 2019)

## Modos de falla de la resistencia a compresión diagonal v'm

El modo de falla del testigo es generalmente por corte o por tracción diagonal. Esto ocurre de manera frágil al producirse la primera grieta (ver Figura 5 lado izquierdo). Cuando las unidades son huecas o perforadas, o de muy reducida resistencia, el testigo puede fallar por aplastamiento causado por la compresión diagonal; esta falla puede ser de características explosivas (ver Figura 5 lado derecho), y la falla por tracción diagonal ( ver falla por tracción diagonal) esta falla es la más apropiada debido a la correcta adherencia mortero ladrillo, según Gallegos y Casabonne, (2005).

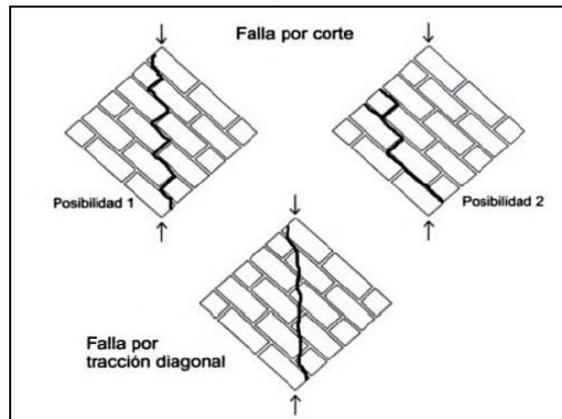


Figura 5. Forma de falla.

En general cuando no hay compresiones o éstas son muy reducidas, la falla tiende a ocurrir siguiendo las juntas horizontales y verticales a un ángulo aproximado de  $45^\circ$  con la hilada. Cuando se aplican compresiones las grietas pueden atravesar unidades, y el ángulo de falla se hace dependiente de su magnitud. Estos hechos han conducido a establecer que la falla, en este ensayo, ocurre cuando la tracción principal alcanza su valor crítico, según Gallegos y Casabonne (2005).

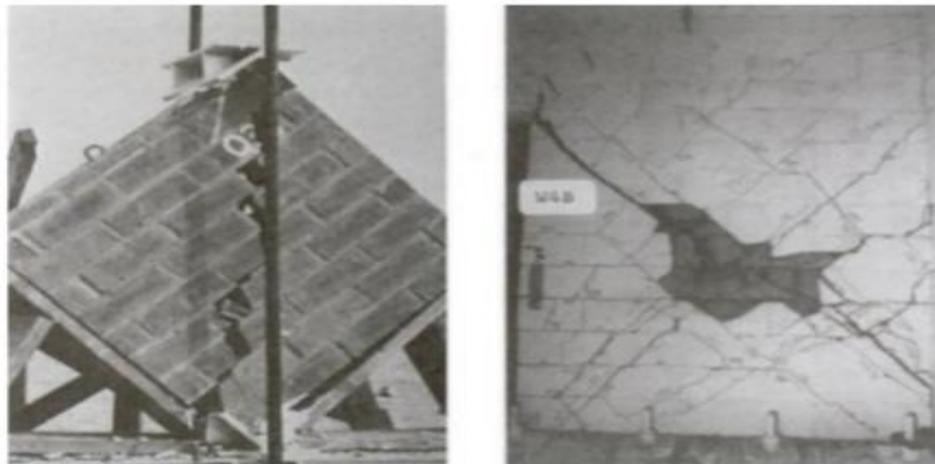


Figura 6. Muros de albañilería simple después del ensayo de corte.  
Izq. Unidades solidas: falla en tracción diagonal.  
Der. Unidades huecas: falla por compresión diagonal.

### Influencias de la resistencia a compresión diagonal $v'm$

La resistencia a compresión diagonal ( $v'm$ ) se ha tratado de relacionar con el valor de la resistencia a compresión axial de la albañilería ( $f'm$ ). En realidad, la relación es más estadística que

funcional, las propiedades o características que afectan a una no afectan a la otra. Más aún, evaluando los ensayos de compresión es posible establecer que la relación puede ser inversa, ya que aquellas condiciones que aumentan la resistencia a la tracción, por ejemplo, la presencia del mortero, disminuyen la resistencia a la compresión. Gallegos y Casabonne (2005).

Es obvio que, para utilizar totalmente la resistencia a la tracción de la unidad de albañilería, la adhesión mortero-unidad debiera ser por lo menos lo suficiente para desarrollar el íntegro de la resistencia de la albañilería. En este caso se formaría la grieta de tracción a través de las unidades, dando un valor mayor de cortante, que en el caso de la grieta escalonada. Esto solo ocurre con unidades de reducida resistencia. En la práctica, la resistencia al agrietamiento, y, como consecuencia, al corte, está prácticamente controlada por la adhesión cuando las cargas de compresión son reducidas o inexistentes. Gallegos y Casabonne (2005).

### **2.2.7. Ventajas y desventajas del ladrillo artesanal hecho con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado**

#### **Ventajas**

- La geometría de éste permite una mayor adhesión ladrillo-mortero para conseguir una albañilería de comportamiento monolítico.
- Las perforaciones del ladrillo le proveen a la albañilería aislamiento térmico y acústico y se pueden aprovechar para la inclusión de conductos de agua y electricidad de diámetros pequeños.
- La clasificación del ladrillo artesanal con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado permite su uso estructural en muros portantes.

- El uso del material tereftalato de polietileno en una construcción, evita que su disposición final sea rellenos sanitarios, ésta es una contribución con el cuidado del medio ambiente.
- Su proceso de fabricación no consume tierra fértil, caso contrario del ladrillo artesanal de arcilla; no demanda un horno de quemado, ni emite CO<sub>2</sub>, que, si produce el quemado de ladrillo artesanal de arcilla, es decir su impacto ambiental negativo es mínimo.
- Con el diseño de mezcla se puede obtener diversas dosificaciones y así mismo resistencias variables, puede estar enmarcado de acuerdo a la necesidad de los proyectos.

### **Desventajas**

- La cantidad de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, que se puede usar, son porcentajes mínimos para no afectar demasiado la resistencia del ladrillo.
- Se dificulta la adquisición de tereftalato de polietileno, pues no se cuenta con una planta en la ciudad de Huancayo que recicle tereftalato de polietileno y porcelanato.
- Se debe tener especial cuidado el comportamiento del tereftalato de polietileno ante un incendio.
- No se cuenta con máquinas especial para el triturado del porcelanato.

### **2.3. Definición de términos**

**Ladrillo tipo tereftalato de polietileno (PET).** - Es un material innovador que permite emplear un porcentaje de botellas, plásticos reciclado tipo PET, para la construcción de mamposterías semi-ecológicas, según Elena, (2017).

**Unidad de albañilería.** - Se refieren a ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto como materia prima.

Estas unidades de albañilería pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrían ser fabricados de manera artesanal o industrial E.070 (MVCS, 2010).

**Ladrillos.** - Tienen la característica principal a su peso y sus dimensiones pequeñas que hace que se pueda manejar con una sola mano, en el proceso de asentado. Una pieza tradicional debe tener un ancho de 11 cm a 14 cm, un largo de 23 cm a 29 cm y una altura de 6 cm a 9 cm; con un peso oscilante de 3 kg a 6 kg, según Peralta, (2002).

**Albañilería armada.** - Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros armados, según Bartolomé (2005).

**Albañilería confinada.** - Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel, según Bartolomé, (2005).

**Muro portante.** - Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical, según Bartolomé, (2005).

**Muro no portante.** - Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos, los cercos y divisiones de ambientes, según Bartolomé, (2005).

**Eflorescencia.** - Depósito de sales, generalmente blancas, comúnmente es sulfato de calcio que se forma en la superficie de la albañilería al evaporarse la humedad, según Bartolomé, (2005).

**Porcelanato.** - Es un material que se utiliza para el revestimiento de suelos y paredes. Este producto de tipo cerámico es fabricado a partir de una combinación de cuarzos, arcillas y otros materiales, que se moldean, se prensan, se someten a un proceso de secado y se tratan a una temperatura de más de 1.300 grados centígrados. El resultado es una pieza compacta y vitrificada, que tiene una gran resistencia al desgaste y que absorbe una cantidad muy baja de agua. Los especialistas afirman que el porcelanato tiene una resistencia casi tres veces superior a la cerámica, según Pérez y Merino, (2013).

## **2.4. Bases Legales**

- Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010)
- Norma técnica peruana 399.605 Unidades de albañilería. método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
- Norma técnica peruana 399.604 Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.
- Norma técnica peruana 399.621 Unidades de albañilería. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
- Norma técnica peruana 400.017 agregados método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- Norma técnica peruana 400.012 análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

## **2.5. Hipótesis**

### **2.5.1. Hipótesis general**

De la evaluación las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería, la adición de tereftalato de polietileno y porcelanato influyen positivamente, además cumple con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## 2.5.2. Hipótesis específicas

- a) Adicionar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye positivamente en las propiedades físicas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- b) La adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye de manera positiva en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- c) La incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado manifiesta favorable incidencia en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- d) Incorporar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye positivamente en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## 2.6. Variables

### 2.6.1. Definición conceptual de las variables

**Variable independiente (X): Cantidad de tereftalato de polietileno y porcelanato.** - El tereftalato de polietileno es un material 100 % reciclable y para su apropiado reaprovechamiento, es necesario la disponibilidad de un mayor progreso tecnológico, no obstante, parte del auge ambiental que se vive hoy en día está ligado al reciclaje del tereftalato de polietileno (PET) (Leyva, 2011). El porcelanato, material reciclable se puede reutilizar realizando previo triturados y aprovechar sus propiedades físicas.

**Variable dependiente (Y): Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos.** - Son características con las cuales se puede clasificar, determinar el comportamiento a esfuerzos, resistencia a cargas, la calidad, entre otros, de las unidades de albañilería.

### 2.6.2. Definición operacional de las variables

**Variable independiente (X): Cantidad de tereftalato de polietileno y porcelanato.** - Se determinó considerando el porcentaje y tamaño de partícula de tereftalato de polietileno y porcelanato para cada ladrillo.

**Variable dependiente (Y): Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos.** - Se determinó las propiedades físicas de alabeo, variación dimensional, densidad y absorción, succión; asimismo, se determinó las propiedades mecánicas de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes.

### 2.6.3. Operacionalización de las variables

Tabla 9. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidades
<b>Variable independiente X:</b> Tereftalato de polietileno y porcelanato	Peso del PET reciclado y porcelanato triturado	Peso de PET  Peso de porcelanato	kg
	Alabeo	Altura de alabeo	mm
	Variación dimensional	Variación porcentual de la longitud de ladrillo	%
	Densidad	Peso Volumen	kg/m <sup>3</sup>
<b>Variable dependiente Y:</b> Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos	Absorción	Porcentaje de agua absorbida	%
	Succión	Porcentaje de agua succionada	Kg/200cm <sup>2</sup> .min
	Resistencia a compresión	Fuerza Sección transversal del ladrillo	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
	Resistencia a compresión axial en pilas f'm	Fuerza Sección transversal de pilas	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
		Fuerza	v'm (kg/cm <sup>2</sup> )

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método investigación**

La investigación utilizó el método científico puesto que comprende un conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación, que son institucionalizados por la denominada comunidad científica.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación por la que se guio esta tesis es la aplicada, puesto que se utilizó los conocimientos adquiridos en las ciencias básicas, para comprender mejor la influencia de determinadas condiciones, ya sea de forma teórica o experimental.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación que se considero es el nivel explicativo - correlacional, es explicativo porque va más allá de la descripción de conceptos de cada una de las variables de estudio, así mismo es correlacional porque existe relación entre variables.

### 3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación correspondió al diseño experimental, debido a que se manipularon intencionalmente las variables independientes (cantidad de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado).

### 3.5. Poblacion y muestra

#### 3.5.1. Muestra

La poblacion de la presente tesis está conformada los ladrillos artesanales convencionales de una ladrillera ubicada en el anexo de Palian (500 unidades)

Muestra se utilizaron 56 ladrillos artesanales de arcilla para realizar la comparacion con los ladrillos artesanales.

Tabla 10. Cantidad de muestra por tipo de ladrillo para ensayos físicos.

Ensayos físicos	Muestras por cada dosificación			Ladrillo artesanal Convencional
	10%	15%	20%	
Alabeo	5	5	5	5
Variación dimensional	5	5	5	5
Densidad	5	5	5	5
Absorción	5	5	5	5
Succión	5	5	5	5
Total de especímenes				100

Tabla 11. Cantidad de muestra por tipo de ladrillo para ensayos mecánicos.

Ensayos mecánicos	Muestras por cada dosificación			Ladrillo artesanal Convencional
	10%	15%	20%	
Ensayo a compresión f'b	3	3	3	3
Ensayo a compresión en pilas f'm	9	9	9	9
Ensayo a compresión en muretes v'm	45	45	45	45
Total de especímenes				228

#### 3.5.2. Muestra

La muestra correspondió a la totalidad de la población, por lo que no se utilizó una técnica de muestreo.

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

**Observación directa.** - Se realizó la observación directa de las características físicas y mecánicas de los ladrillos con adición de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, en laboratorio.

**Análisis de documentos.** - Se recopiló información necesaria (normativa), bibliografías para la evaluación y lo concerniente a los ensayos a las unidades de albañilería con la adición de PET reciclado y porcelanato triturado.

### 3.7. Procedimiento de recolección de datos

#### 3.7.1. Obtención del tereftalato de polietileno (PET)

Se compró PET en la ciudad de Lima, distrito de los Olivos, Puente Piedra km 20+100, de la fábrica: Plástico PET Roncanol, fábrica dedicada a la trituración de plástico de botellas, cada kilogramo costó S/ 3.00 soles.

Tabla 12. Ensayo de granulometría para el PET.

N° Tamiz	Abertura mm	Peso retenido gr	% Retenido parcial	% Acumulado	
				% Retenido	% Pasante
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00%
4	4.75	116.70	38.90%	38.90%	61.10%
8	2.36	163.13	54.38%	93.28%	6.72%
16	1.18	19.70	6.57%	99.84%	0.16%
30	0.60	0.47	0.16%	100.00%	0.00%
50	0.30	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
100	0.15	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Cazola		0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Total		300.00	100.00%		
Módulo de fineza promedio PET				5.32	

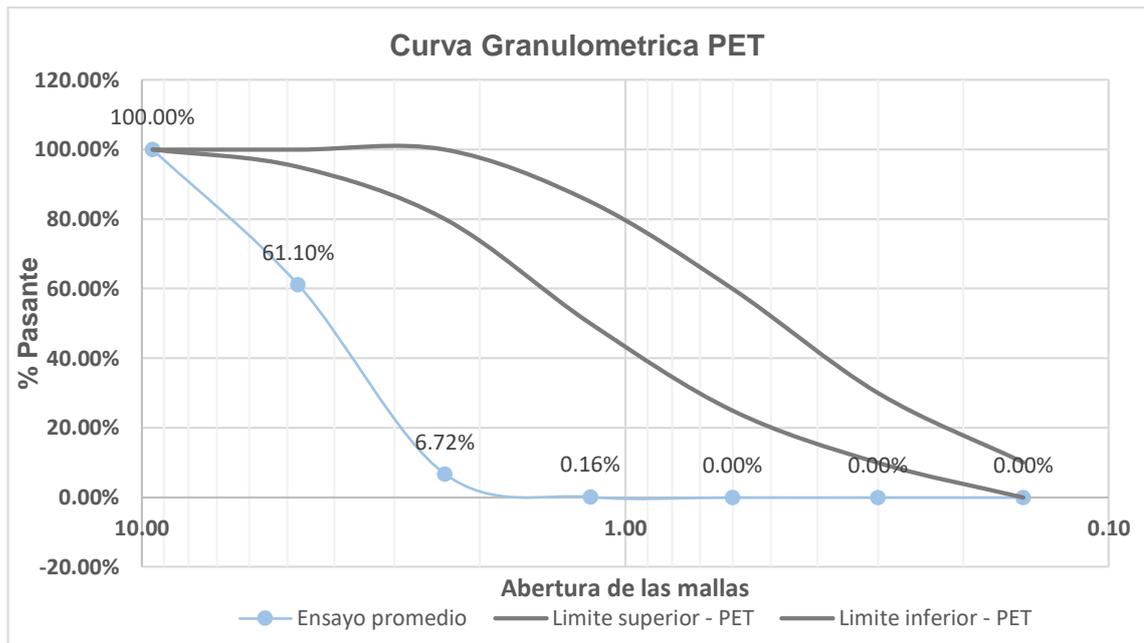


Figura 7. Curva granulométrica PET.

### Recolección de porcelanato

La recolección de porcelanato fue realizada por el tesista, el cual tuvo que recaudar dicho material en obras de acabados, desperdicios que se dan por la geometría de las viviendas y la estética y figuras, dentro del distrito del tambo, para luego ser triturado con una comba y un previo tamizado por la malla 3/8", para después obtener las características físicas del porcelanato triturado.

Tabla 13. Recolección de porcelanato.

Material	Peso (kg)
Porcelanato recolectado	30.00
porcelanato triturado	29.85

En el cuadro adjunto se puede ver el ensayo de granulometría realizado al porcelanato después de ser triturado y previo aun tamizado por la malla 3/8.

Tabla 14. Ensayo de granulometría al porcelanato.

N° Tamiz	Abertura mm	Peso retenido gr	% Retenido parcial	% Acumulado	
				% Retenido	% Pasante
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00%
4	4.75	82.10	16.42%	16.42%	83.58%
8	2.36	211.37	42.27%	58.69%	41.31%
16	1.18	99.93	19.99%	78.68%	21.32%
30	0.60	45.57	9.11%	87.79%	12.21%
50	0.30	23.33	4.67%	92.46%	7.54%

100	0.15	37.70	7.54%	100.00%	0.00%
Cazola		0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		
Módulo de fineza promedio del porcelanato				4.34	



Fotografía 1. Ensayo peso unitario compactado del agregado grueso

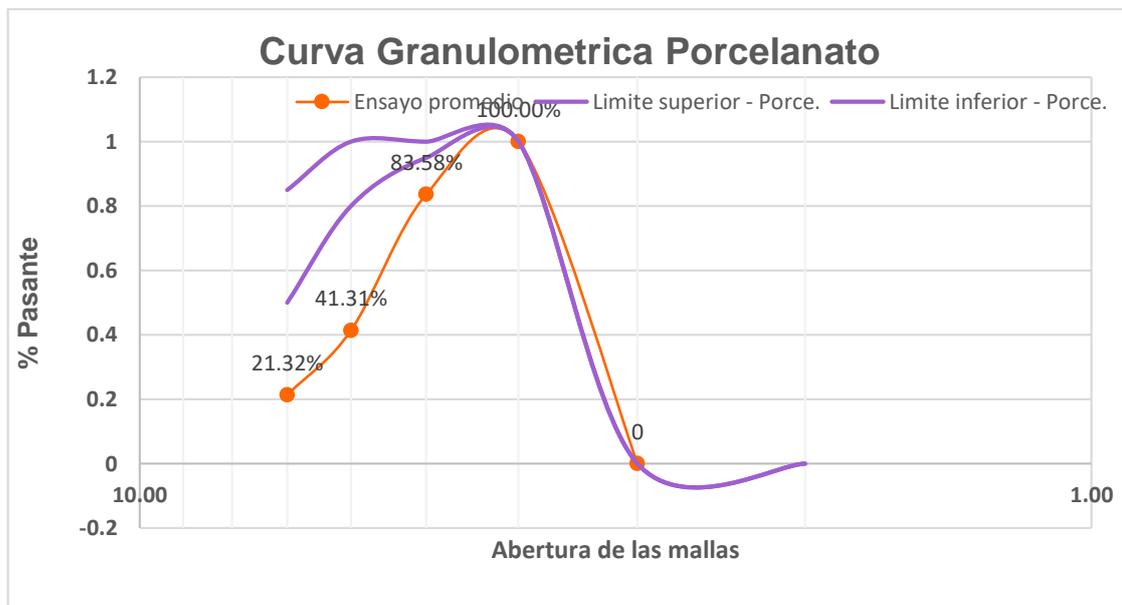


Figura 8. Curva granulométrica porcelanato triturado.

### Agregados utilizados en ladrillos tereftalato de polietileno-porcelanato

La obtención de los agregados para la elaboración de los ladrillos PET-porcelanato, fueron extraídos de la cantera Roca fuente, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Pilcomayo km 3+550, el material extraído es triturado para obtener piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ ", durante ese proceso también se genera un agregado fino el cual se denominó (agregado fino clase M).

En el cuadro adjunto se puede ver el ensayo de granulometría del agregado fino clase C.

Tabla 15. Ensayo de granulometría del agregado clase C.

N° Tamiz	Abertura mm	Peso retenido gr	% Retenido parcial	% Acumulado	
				% Retenido	% Pasante
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00%
4	4.75	38.50	7.70%	7.70%	92.30%
8	2.36	95.50	19.10%	26.80%	73.20%
16	1.18	60.63	12.13%	38.93%	61.07%
30	0.60	62.43	12.49%	51.41%	48.59%
50	0.30	130.20	26.04%	77.45%	22.55%
100	0.15	107.73	21.55%	99.00%	1.00%
Cazola		5.00	1.00%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		
Módulo de Fineza A. fino clase C promedio				3.01	

Tabla 16. Granulometría estandarizada del agregado clase C.

N° Tamiz	Abertura mm	Inferior C	superior C
3/8	9.50	100%	100%
4	4.75	95%	100%
8	2.36	80%	100%
16	1.18	50%	85%
30	0.60	25%	60%
50	0.30	10%	30%
100	0.15	0%	10%

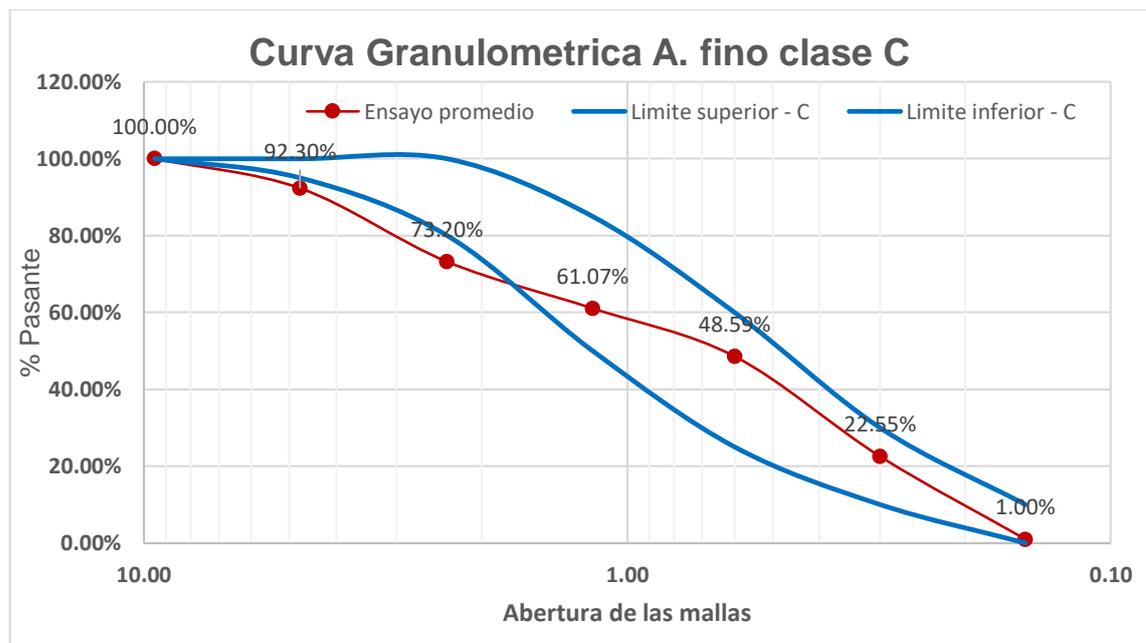


Figura 9. Curva granulométrica agregado fino clase C.

En la Tabla 17 se presenta el ensayo de la granulometría del agregado fino clase M y su respectiva granulometría estandarizada.

Tabla 17. Ensayo de granulometría del agregado clase M.

N° Tamiz	Abertura mm	Peso retenido gr	% Retenido parcial	% Acumulado	
				% Retenido	% Pasante
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100%
4	4.75	136.33	27.27%	27.27%	72.73%
8	2.36	158.90	31.78%	59.05%	40.95%
16	1.18	54.50	10.90%	69.95%	30.05%
30	0.60	31.33	6.27%	76.21%	23.79%
50	0.30	38.97	7.79%	84.01%	15.99%
100	0.15	58.93	11.79%	95.79%	4.21%
Cazola		21.03	4.21%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		
Módulo de Fineza A. fino clase M promedio				4.12	

Tabla 18. Granulometría estandarizada del agregado clase M

N° Tamiz	Abertura mm	Inf M	sup M
3/8	9.50	100%	100%
4	4.75	85%	100%
8	2.36	65%	100%
16	1.18	45%	100%
30	0.60	25%	80%
50	0.30	5%	48%
100	0.15	0%	12%

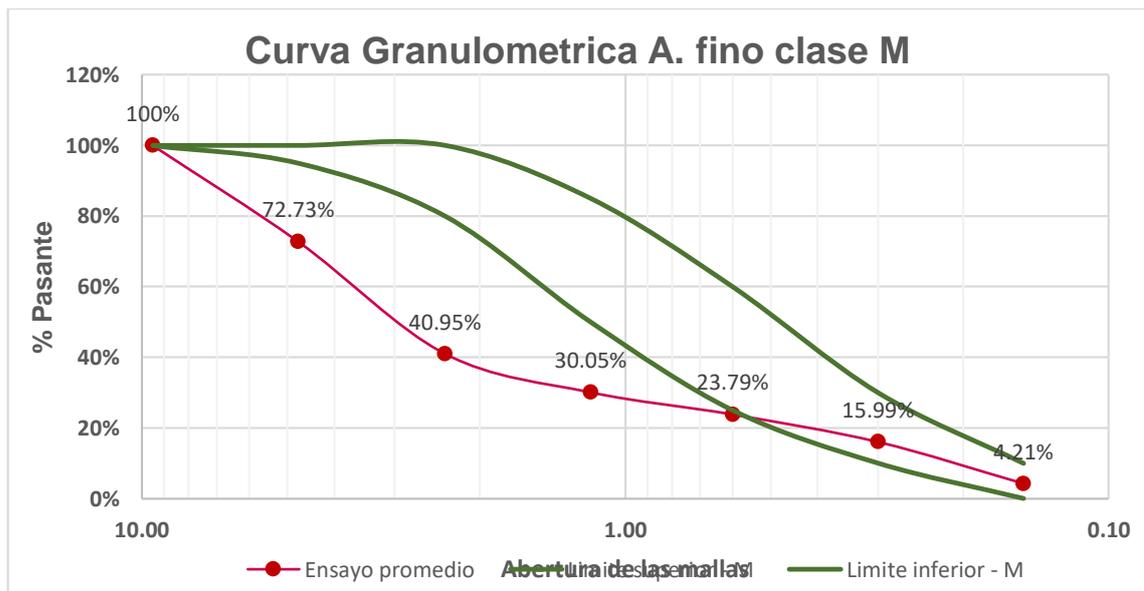


Figura 10. Curva granulométrica agregado fino clase M.

## **Elaboración de los ladrillos con adición de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado.**

- Se procedió a recolectar el porcelanato, así mismo su respectiva trituración y obtener sus características físicas.
- Se procedió a obtener las características físicas del tereftalato de polietileno para la realizar un diseño de mezcla adecuado con los demás insumos.
- Se elaboró un diseño de mezcla el cual se reemplaza el agregado fino clase M por los porcentajes de 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado, con la finalidad de obtener un diseño con agregado clase M, agregado clase C, cemento tereftalato de polietileno y porcelanato triturado.
- Una vez tenido el diseño de mezcla se procedió a pesar los agregados, PET, porcelanato, cemento, así mismo se pesó el agua para obtener ladrillos con el 10 % de PET y 10 % de porcelanato triturado.
- Una vez obtenido la mezcla se procedió a verter sobre el molde en tres capas diferentes para su compactado manual y después ser desmoldado para su respectivo fraguado durante 24 horas.
- Después de haber fraguado el ladrillo se procedió a realizar el curado, el cual estuvo sumergido en un recipiente de agua por el tiempo de 28 días, el mismo procedimiento se realizó a los demás porcentajes de ladrillo hecho con PET-porcelanato.

## Diseño de mezcla del ladrillo artesanal tereftalato de polietileno y porcelanato

La fabricación de ladrillos artesanales con la adición de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado. Se calculó el 10 %, 15 %, 20 % del agregado fino clase M, esta masa fue multiplicado por el peso específico del tereftalato de polietileno y así obtener el volumen requerido, mismo procedimiento para el porcelanato triturado y mediante una relación de cantidades y pesos se pudo obtener la cantidad necesaria para cada porcentaje de diseño.

Dependiendo de los requisitos específicos, las mezclas pueden contener como pigmentos para darles color.

Actualmente no existe un método específico de dosificación para ladrillos artesanales con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, el método que se utilizó para el diseño son apropiados. Sin embargo, SENCICO (2007), considera que la dosificación depende esencialmente de dos condiciones: la resistencia final requerida y las propiedades particulares de los agregados y su comportamiento en la mezcla. además, sugiere una dosificación óptima para los agregados de Lima 1:5:2 (cemento: arena: confitillo), por cada unidad de volumen de cemento añadir 4/8 de volumen de agua; dosificación a la que se ha llegado producto de sucesivas comprobaciones mediante ensayos de laboratorio.

Tabla 20 En la Tabla 19. Diseño de mezcla al 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado y Tabla 21 se muestra el diseño de mezcla hecho por el tesista, con sus respectivos porcentajes remplazados por el agregado fino clase M, por el tereftalato de polietileno(PET) y porcelanato triturado.

Tabla 19. Diseño de mezcla al 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado

Características	A. fino	A. fino	PET	Porcelanato	Und
	clase M	clase C			
P. Unitario suelto	1572.68	1465.09	314.30	1239.78	kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	2.49	2.62	1.33	2.25	gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.32	1.41	0.00	1.48	%
Contenido de humedad	3.06	2.01	0.00	0.20	%
Módulo de fineza	4.12	3.01	5.32	4.29	
	Cemento			Agua	
Peso Especifico	3.12			1.00	gr/cm <sup>3</sup>
	Proporción de los materiales de diseño				
Descripción	Proporción		En volumen		Peso por bolsa
Cemento	1	p3	0.014	m3	42.50 kg
A. f. clase M	2	p3	0.036	m3	89.07 kg/ bol
A. f. clase C	1	p3	0.016	m3	41.49 kg/ bol
PET	10	%	0.007	m3	8.91 kg/ bol

Porcelanato	10	%	0.004	m3	8.91	kg/ bol
Agua	27	lt/bol	0.027	m3	26.78	lt/bol
Cantidad por m3 para ladrillos con PET y porcelanato						
Materiales de diseño			Materiales corregido humedad			
Cemento	308.83	kg/m <sup>3</sup>	Cemento	7.27	bol	
Agregado fino clase M	1024.66	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase M	1056.06	kg/m <sup>3</sup>	
Agregado fino clase C	540.03	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase C	550.90	kg/m <sup>3</sup>	
PET	54.80	kg/m <sup>3</sup>	PET	54.80	kg/m <sup>3</sup>	
Porcelanato	92.69	kg/m <sup>3</sup>	Porcelanato	92.87	kg/m <sup>3</sup>	
Agua	194.56	lt/m <sup>3</sup>	Agua	174.57	lt/m <sup>3</sup>	
Cantidades absolutas de materiales						
En peso			En m <sup>3</sup>			
Cemento	7	bol	Cemento	0.10	m <sup>3</sup>	
Agregado fino clase M	1056	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase M	0.42	m <sup>3</sup>	
Agregado fino clase C	551	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase C	0.21	m <sup>3</sup>	
PET	55	kg/m <sup>3</sup>	PET	0.04	m <sup>3</sup>	
Porcelanato	93	kg/m <sup>3</sup>	Porcelanato	0.04	m <sup>3</sup>	
Agua	175	lt/m <sup>3</sup>	Agua	174.57	lt	
f' b resistencia 10 %			= 94.66 kg/cm <sup>2</sup>			

Tabla 20. Diseño de mezcla al 15 % de PET reciclado y 15 % de porcelanato

Características	A. fino clase M	A. fino clase C	PET	Porcelanato	Und
P. Unitario suelto	1572.68	1465.09	314.30	1239.78	kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	2.49	2.62	1.33	2.25	gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.32	1.41	0.00	1.48	%
Contenido de humedad	3.06	2.01	0.00	0.20	%
Módulo de fineza	4.12	3.01	5.32	4.29	
	Cemento		Agua		
Peso Especifico	3.12		1.00		
Proporción de los materiales de diseño					
Descripción	Proporción		En volumen		Peso por bolsa
Cemento	1	p3	0.014	m <sup>3</sup>	42.50 kg
A. f. clase M	2	p3	0.036	m <sup>3</sup>	89.07 kg/ bol
A. f. clase C	1	p3	0.016	m <sup>3</sup>	41.49 kg/ bol
PET	15	%	0.010	m <sup>3</sup>	13.36 kg/ bol
Porcelanato	15	%	0.006	m <sup>3</sup>	13.36 kg/ bol
Agua	27	lt/bol	0.027	m <sup>3</sup>	26.78 lt/bol
Cantidad por m3 para ladrillos con PET y porcelanato					
Materiales de diseño			Materiales corregido humedad		
Cemento	297.33	kg/m <sup>3</sup>	Cemento	7.00	bol
Agregado fino clase M	986.51	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase M	1016.74	kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino clase C	519.92	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase C	530.39	kg/m <sup>3</sup>
PET	79.13	kg/m <sup>3</sup>	PET	79.13	kg/m <sup>3</sup>
Porcelanato	133.86	kg/m <sup>3</sup>	Porcelanato	134.13	kg/m <sup>3</sup>
Agua	187.32	lt/m <sup>3</sup>	Agua	168.64	lt/m <sup>3</sup>
Cantidades absolutas de materiales					
En peso			En m <sup>3</sup>		
Cemento	7	bol	Cemento	0.10	m <sup>3</sup>
Agregado fino clase M	1017	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase M	0.41	m <sup>3</sup>
Agregado fino clase C	530	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase C	0.20	m <sup>3</sup>
PET	79	kg/m <sup>3</sup>	PET	0.06	m <sup>3</sup>
Porcelanato	134	kg/m <sup>3</sup>	Porcelanato	0.06	m <sup>3</sup>

Agua	169	lt/m <sup>3</sup>	Agua	168.64	lt
f'b resistencia 15 %	= 81.84 kg/cm <sup>2</sup>				

Tabla 21. Diseño de mezcla al 20 % de PET reciclado y 20 % de porcelanato

Características	A. fino clase M	A. fino clase C	PET	Porcelanato	Und
P. Unitario suelto	1572.68	1465.09	314.30	1239.78	kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	2.49	2.62	1.33	2.25	gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.32	1.41	0.00	1.48	%
Contenido de humedad	3.06	2.01	0.00	0.20	%
Módulo de fineza	4.12	3.01	5.32	4.29	
	Cemento		Agua		
Peso Especifico	3.12		1.00		gr/cm <sup>3</sup>
Proporción de los materiales de diseño					
Descripción	Proporción		En volumen		Peso por bolsa
Cemento	1	p3	0.014	m <sup>3</sup>	42.50 kg
A. f. clase M	2	p3	0.036	m <sup>3</sup>	89.07 kg/ bol
A. f. clase C	1	p3	0.016	m <sup>3</sup>	41.49 kg/ bol
PET	20	%	0.013	m <sup>3</sup>	17.81 kg/ bol
Porcelanato	20	%	0.008	m <sup>3</sup>	17.81 kg/ bol
Agua	27	lt/bol	0.027	m <sup>3</sup>	26.78 lt/bol
Cantidad por m3 para ladrillos con PET y porcelanato					
Materiales de diseño			Materiales corregido humedad		
Cemento	286.66	kg/m <sup>3</sup>	cemento	6.74	bol
Agregado fino clase M	951.10	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase M	980.24	kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino clase C	501.26	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase C	511.35	kg/m <sup>3</sup>
PET	101.72	kg/m <sup>3</sup>	PET	101.72	kg/m <sup>3</sup>
Porcelanato	172.07	kg/m <sup>3</sup>	porcelanato	172.41	kg/m <sup>3</sup>
Agua	180.59	lt/m <sup>3</sup>	agua	163.13	lt/m <sup>3</sup>
Cantidades absolutas de materiales					
En peso			En m <sup>3</sup>		
Cemento	7	bol	cemento	0.09	m <sup>3</sup>
Agregado fino clase M	980	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase M	0.39	m <sup>3</sup>
Agregado fino clase C	511	kg/m <sup>3</sup>	A. f. clase C	0.19	m <sup>3</sup>
PET	102	kg/m <sup>3</sup>	PET	0.08	m <sup>3</sup>
Porcelanato	172	kg/m <sup>3</sup>	porcelanato	0.08	m <sup>3</sup>
Agua	163	lt/m <sup>3</sup>	agua	163.13	lt
f'b resistencia 20 %	52.93 kg/cm <sup>2</sup>				

### Construcción de muretes de albañilería

El murete consistió en construir muretes a escala con los ladrillos hechos con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, del presente estudio, mediante ensayos mecánicos se sometió a una determinada fuerza diagonal y así se midió con mucha precisión la resistencia a compresión diagonal (v'm).

La NTP 399.604 recomienda el tamaño de esta muestra como el menor tamaño que sería razonable representativo de un muro de albañilería, así con este ensayo poder evaluar su comportamiento ante fuerzas aplicadas y que resultados nos pueden ayudar en el diseño sísmico.

Espesor de junta	: 1.5 cm
Espesor de junta horizontal	: 1.5 cm
Cantidad de unidades	: 2.5 por hilada
Cantidad de hiladas	: 5 hiladas por murete
Tiempo de ensayo	: 28 días

Para la construcción de muretes se utilizó mortero de mezcla 1:3 con espesor de junta de 1.5 cm. Terminado los muretes se procedió al curado al día siguiente, durante 7 días.

Pasado los 28 días se procedió al recubrimiento con yeso y cemento en ambas caras opuestas.

Para el ensayo se trasladó los muretes hasta el laboratorio de la UPLA donde finalmente se procedió a hacer ensayados.

### **Elaboración de pilas para los diferentes tipos de ladrillo**

Para la construcción de pilas se utilizaron los ladrillos hechos con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado), así mismo se elaboró pilas, con ladrillos de la ladrillera Palian para tener una comparación de propiedades mecánicas, sus características fueron:

Espesor de junta	:	1.5 cm
Cantidad de unidades	:	3 por pilas
Tiempo de ensayo	:	28 días
Curado	:	vía húmeda 3 veces por día

Para la construcción de las pilas se siguieron los siguientes pasos:

- 10 minutos antes se procedió a la hidratación de los ladrillos PET porcelanato, previo a su asentado para mejorar su adherencia con el mortero.
- Se elaboró las pilas de ladrillo de 3 unidades considerando aspectos verticales, espesor de junta y dimensiones especificadas; estas unidades se asentaron una con otra, con las superficies limpias de polvo y sin agua libre.
- Luego de terminar la construcción de pilas se procedió al día siguiente el curado durante 7 días, pasado los 28 días se procedió hacer el recubrimiento con yeso y cemento para las caras superiores.

En esta investigación se realizó el curado constante de pilas de albañilería (3 veces al día cada 8 horas), para la realización de los especímenes se utilizaron los siguientes materiales:

La norma E.070 establece un rango de esbelteces definiendo la corrección de la altura de las pilas: para ello se tuvo en cuenta:

- Su fácil construcción
- Lugar de almacenamiento, lugar seco
- Transporte a laboratorio de la UPLA

Teniendo en cuenta estos requisitos se hicieron un total de 12 pilas: 3 de ellos con un porcentaje de 10 % de tereftalato de polietileno, 3 pilas hecho con el porcentaje de 15 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, 3 pilas hechos con 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado y 3 pilas hechos de ladrillos artesanales de la ladrillera Palian. con un espesor de 1.5 cm de mortero.

La cantidad de pilas es en función a la zona sísmica, número de pisos y área techada según la norma E.070. Para la región Junín, según la E.030, esta clasifica como zona sísmica 3 y el análisis será

para edificaciones de 3 a 5 pisos por lo que se requiere 3 pilas por cada tipo de ladrillo. el espesor de junta horizontal será el mínimo de 10 mm especificado por la E.070.

Cada pila se ensayó a los 28 días como lo manifiesta la norma E.070, con lo cual también se mantuvo constante el tiempo de curado.

Por lo tanto, la construcción de 3 pilas (que corresponden a una serie de ladrillos) se realizó en 1 día.

### **3.7.2. Ensayos de laboratorio**

- Según la NTP 399.604 recomienda ensayar 3 especímenes como mínimo, por lo tanto, se ensayaron un total de 12 especímenes; (3 de cada tipo de ladrillo con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado), para el ensayo de resistencia compresión diagonal. Así mismo se ensayaron (3 de cada tipo de ladrillo tereftalato de polietileno porcelanato triturado) para el ensayo de resistencia axial en pilas.
- Las unidades llegaron a la rotura presentando dos tipos de fallas previstas: fallas por aplastamiento (de forma común en ladrillos de baja resistencia) y fallas por cortante debido al aplicación de la carga vertical.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación consideraron el enfoque cuantitativo de la investigación científica, mediante matrices de tabulación y gráficos esto en base a los resultados obtenidos en laboratorio, asimismo, se utilizó el programa Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 25. Consecuente, se utilizó para el análisis inferencial de las hipótesis el MANOVA.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Propiedades físicas de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado

##### 4.1.1. Propiedades físicas con 10 % de PET y 10 % de porcelanato Alabeo

Se determinó el alabeo de 5 unidades de albañilería, adicionando el (10 % de tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de alabeo, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 22. Cuadro estadístico de alabeo con la adición del 10 % PET y 10 % porcelanato.

Alabeo 10% de PET y 10% de porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Alabeo	10	0.86	0.84	15.15	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.03	1	3.03	48.4	0.0001
Tipos	3.03	1	3.03	48.4	0.0001
Error	0.5	8	0.06		
Total	3.53	9			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36461					
Error: 0.0625 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría

10 %	1.1	5	0.11	A	
0 %	2.2	5	0.11		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 23. Resumen del cálculo de alabeo con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Alabeo 10 %						
Especímen	Cara superior mm		Cara inferior mm		Alabeo (mm)	Tipo
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo		
10 % - 1	0	0.0	0	1.5	1.5	V
10 % - 2	0	1.0	0	0	1.0	V
10 % - 3	0	1.0	0	0	1.0	V
10 % - 4	0	0.0	0	1	1.0	V
10 % - 5	0	0.0	0	1	1.0	V
promedio					1.10	V

### Variación dimensional

Se determinó la variación dimensional de 5 unidades de albañilería, adicionando el (10 % de tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de variación dimensional, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 24. Cuadro estadístico de variación dimensional con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Variación dimensional 10 % PET y 10 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
V. dimensional	10	0.94291	0.93577	21.616	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.004840	1.000000	0.004840	132.123100	<0.0001
Tipos	0.004840	1.000000	0.004840	132.123110	<0.0001
Error	0.000290	8.000000	0.000040		
Total	0.005130	9.000000			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00883					
Error: 0.0000 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10 %	-0.50 %	5	0.00271	A	
0 %	-5.00 %	5	0.00271		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 25. Resumen del cálculo de variación dimensional con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Variación dimensional 10 %				
Espécimen	Lp ( mm)	VD %	Hp ( mm)	VD %
10 % - 1	240.50	-0.21%	81.00	-1.25%
10 % - 2	240.00	0.00%	79.50	0.63%
10 % - 3	240.50	-0.21%	80.50	-0.63%
10 % - 4	240.50	-0.21%	80.50	-0.63%
10 % - 5	240.50	-0.21%	80.50	-0.63%
Promedio	240.40	-0.17%	80.40	-0.50%
Variación dimensional 10 %				
Espécimen	Ap ( mm)	VD %	Tipo	
10 % - 1	119.50	0.42%	V	
10 % - 2	120.00	0.00%	V	
10 % - 3	120.00	0.00%	V	
10 % - 4	119.50	0.42%	V	
10 % - 5	120.50	-0.42%	V	
Promedio	119.90	0.08%	V	

### Densidad

Se determinó la densidad de 5 unidades de albañilería, adicionando el (10 % de tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de densidad, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 26. Cuadro estadístico Densidad con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Densidad 10 % PET y 10 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Densidad	10	0.99	0.99	0.92	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	374855.17	1	374855.17	1516.58	<0.0001
Tipos	374855.17	1	374855.17	1516.58	<0.0001
Error	1977.36	8	247.17		
Total	376832.54	9			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=22.92918					
Error: 247.1706 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10 %	1909.14	5	7.03	A	
0 %	1521.92	5	7.03		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 27. Resumen cálculo de densidad con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Especimen	Densidad 10 %			Densidad kg/m <sup>3</sup>
	Peso en Kg			
	24h inm	seco	sumergido	
10 % - 1	3.34	3.05	1.74	1906.25
10 % - 2	3.38	3.09	1.77	1919.25
10 % - 3	3.34	3.06	1.75	1924.53
10 % - 4	3.36	3.06	1.75	1900.62
10 % - 5	3.38	3.07	1.76	1895.06
	promedio			1909.14

### Absorción

Se determinó la absorción de 5 unidades de albañilería, adicionando el (10 % de tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de absorción, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 28. Cuadro estadístico absorción con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Absorción 10 % PET y 10 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable absorción	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
	10	0.9786	0.976	6.9102	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.0476	1	0.0476	366.2308	<0.0001
Tipos	0.0476	1	0.0476	366.2308	<0.0001
Error	0.001	8	0.0001		
Total	0.0487	9			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01663					
Error: 0.0001 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10 %	9.59 %	5	0.0051	A	
0 %	23.53 %	5	0.0051		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 29. Cálculo de resumen absorción con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Especimen	Absorción 10 %		Absorción
	Peso en Kg		
	24h inm	seco	
10 % - 1	3.34	3.05	9.51 %
10 % - 2	3.38	3.09	9.39 %
10 % - 3	3.34	3.06	9.15 %
10 % - 4	3.36	3.06	9.80 %

10 % - 5	3.38	3.07	10.10 %
Promedio			9.59 %

### Succión

Se determinó la succión de 5 unidades de albañilería, adicionando el (10 % de tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de succión, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 30. Cuadro estadístico de succión con la adición del 10 % PET y 10 % porcelanato.

Succión al 10 % de PET y 10 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Succión	10	0.77	0.74	20.33	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	345.16	1	345.16	26.34	0.0009
Tipos	345.16	1	345.16	26.34	0.0009
Error	104.82	8	13.1		
Total	449.98	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.27916  
Error: 13.1024 gl: 8

Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10%	12.07	5	1.62	A	
0%	23.68	5	1.62		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 31. Cálculo de succión con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Especimen	Peso en gr		Área cm <sup>2</sup>	Succión gr/200/min
	succión	seco		
10 % - 1	3065	3050	287.40	10.44
10 % - 2	3105	3090	288.00	10.42
10 % - 3	3077	3060	288.60	11.78
10 % - 4	3080	3060	287.40	13.92
10 % - 5	3090	3070	289.80	13.80
promedio				12.07

#### 4.1.2. Propiedades físicas con 15 % de PET y 15 % de porcelanato

## Alabeo

Se determinó el alabeo de 5 unidades de albañilería, adicionando el (15 % de tereftalato de polietileno y 15 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 % para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de alabeo, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 32. Cuadro estadístico de Alabeo con la adición del 15 % PET y 15 % porcelanato.

Alabeo 15 % PET y 15 % de porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Alabeo	10	0.65	0.6	21.19	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.03	1	2.03	14.73	0.005
Tipos	2.03	1	2.03	14.73	0.005
Error	1.1	8	0.14		
Total	3.13	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.54081					
Error: 0.1375 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
15 %	1.3	5	0.17	A	
0 %	2.2	5	0.17		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 33. Resumen del cálculo de alabeo con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Alabeo 15 %						
Especímen	Cara superior mm		Cara inferior mm		Alabeo (mm)	Tipo
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo		
15 % - 1	0	0.0	0	1	1.0	V
15 % - 2	0	1.5	0	0	1.5	V
15 % - 3	0	0.0	0	1	1.0	V
15 % - 4	0	2.0	0	0	2.0	V
15 % - 5	0	1.0	0	0	1.0	V
	promedio				1.30	V

## Variación dimensional

Se determinó la variación dimensional de 5 unidades de albañilería, adicionando el (15 % de tereftalato de polietileno y 15 %

porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de variación dimensional, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 34. Cuadro estadístico de variación dimensional con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Variación dimensional 15 % PET y 15 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
V. dimensional	10	0.965	0.9606	16.5225	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.0048	1	0.0048	220.6969	<0.0001
Tipos	0.0048	1	0.0048	220.6969	<0.0001
Error	0.0002	8	0.000022		
Total	0.0049	9			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00678					
Error: 0.0000 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
15 %	0.25 %	5	0.0021	A	
0 %	-5.00 %	5	0.0021		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Tabla 35. Resumen del cálculo de variación dimensional con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Variación dimensional 15 %				
Espécimen	Lp ( mm)	VD %	Hp ( mm)	VD %
15 % - 1	239.50	0.21%	80.50	-0.63%
15 % - 2	240.50	0.21%	79.50	0.63%
15 % - 3	239.50	0.21%	79.50	0.63%
15 % - 4	239.50	0.21%	80.00	0.00%
15 % - 5	240.50	0.21%	79.50	0.63%
Promedio	239.90	0.21%	79.80	0.25%
Variación dimensional 15 %				
Espécimen	Ap ( mm)	VD %	Tipo	
15 % - 1	120.00	0.00%	V	
15 % - 2	120.50	-0.42%	V	
15 % - 3	119.00	0.83%	V	
15 % - 4	120.50	-0.42%	V	
15 % - 5	120.50	-0.42%	V	
Promedio	120.10	-0.08%	V	

## Densidad

Se determinó la densidad de 5 unidades de albañilería, adicionando el (15 % de tereftalato de polietileno y 15 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de densidad, se muestra en las tablas siguiente:

Tabla 36. Cuadro estadístico densidad con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Densidad 15 % PET y 15 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Densidad	10	0.99	0.99	1.05	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	318172.84	1	318172.84	990.27	<0.0001
Tipos	318172.84	1	318172.84	990.27	<0.0001
Error	2570.4	8	321.3		
Total	320743.24	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=26.14240					
Error: 321.3000 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
15 %	1878.67	5	8.02	A	
0 %	1521.92	5	8.02		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 37. Resumen cálculo de densidad con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Especimen	Peso en Kg			Densidad kg/m <sup>3</sup>
	24h inm	seco	sumergido	
15 % - 1	3.3	3.02	1.71	1899.37
15 % - 2	3.29	3.01	1.70	1893.08
15 % - 3	3.28	2.99	1.67	1857.14
15 % - 4	3.29	2.99	1.69	1868.75
15 % - 5	3.28	3.00	1.68	1875.00
	promedio			1878.67

## Absorción

Se determinó la absorción de 5 unidades de albañilería, adicionando el (15 % de tereftalato de polietileno y 15 % porcelanato

triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El análisis estadístico y cálculo, de absorción, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 38. Cuadro estadístico absorción con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Absorción 15 % PET y 15 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
absorción	10	0.98	0.98	6.95	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	1	0.05	376.92	<0.0001
Tipos	0.05	1	0.05	376.92	<0.0001
Error	0.001	8	0.00013		
Total	0.05	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01663					
Error: 0.0001 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoria	categoria
15 %	9.53 %	5	0.01	A	
0 %	23.53 %	5	0.01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 39. Calculo detallado de absorción con 15 % PET reciclado y 15 % porcelanato triturado.

Absorción 15 %				
Especimen	Peso en Kg		Absorción	
	24h inm	seco		
15 % - 1	3.3	3.02	9.27 %	
15 % - 2	3.29	3.01	9.30 %	
15 % - 3	3.28	2.99	9.70 %	
15 % - 4	3.29	2.99	10.03 %	
15 % - 5	3.28	3.00	9.33 %	
Promedio			9.53 %	

### Succión

Se determinó la succión de 5 unidades de albañilería, adicionando el (15 % de tereftalato de polietileno y 15 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El

análisis estadístico y cálculo, de succión, se muestra en las tablas siguientes:

Cuadro estadístico de succión con la adición del 15 % PET y 15 % porcelanato.

Succión al 15 % de PET y 15 % porcelanato análisis de la varianza				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Succión	10	0.71	0.67	22.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	320.36	1	320.36	19.13	0.0024
Tipos	320.36	1	320.36	19.13	0.0024
Error	133.99	8	16.75		
Total	454.34	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.96861

Error: 16.7482 gl: 8

Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
15%	12.66	5	1.83	A	
0%	23.68	5	1.83		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 40. Cálculo de succión con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Especimen	Peso en gr		Área cm <sup>2</sup>	Succión gr/200/min
	succión	seco		
15 % - 1	3033	3020	287.40	9.05
15 % - 2	3026	3010	289.60	11.09
15 % - 3	3012	2990	285.01	15.44
15 % - 4	3015	2990	288.60	17.33
15 % - 5	3015	3000	289.80	10.35
	promedio			12.66

#### 4.1.3. Propiedades físicas con 20 % de PET y 20 % de porcelanato

##### Alabeo

Se determinó el alabeo de 5 unidades de albañilería, adicionando el (20 % de tereftalato de polietileno y 20 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y el cálculo, de alabeo, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 41. Cuadro estadístico de alabeo con la adición del 20 % PET y 20 % porcelanato.

Alabeo 20 % PET y 20 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Alabeo	10	0.49	0.42	21.79	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.23	1	1.23	7.54	0.0252
Tipos	1.23	1	1.23	7.54	0.0252
Error	1.3	8	0.16		
Total	2.53	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.58792					
Error: 0.1625 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20 %	1.5	5	0.18	A	
0 %	2.2	5	0.18		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 42. Resumen del cálculo de alabeo con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Alabeo 20 %						
Especimen	Cara superior mm		Cara inferior mm		Alabeo (mm)	Tipo
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo		
20 % - 1	0	1	0	0	1.0	V
20 % - 2	0	0	0	1.5	1.5	V
20 % - 3	0	2	0	0	2.0	V
20 % - 4	0	0	0	2	2.0	V
20 % - 5	0	1	0	0	1.0	V
	promedio				1.50	V

### Variación dimensional

Se determinó la variación dimensional de 5 unidades de albañilería, adicionando el (20 % de tereftalato de polietileno y 20 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de variación dimensional, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 43. Cuadro estadístico de variación dimensional con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Variación dimensional 20 % PET y 20 % porcelanato análisis de la varianza				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
V. dimensional	10	0.9501	0.9438	19.9127

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.0048	1	0.0048	152.1919	<0.0001
Tipos	0.0048	1	0.0048	152.1919	<0.0001
Error	0.0003	8	0.000031		
Total	0.005	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00689

Error: 0.0000 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20 %	0.25 %	5	0.0025	A	
0 %	-5.00 %	5	0.0025		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 44. Resumen del cálculo de variación dimensional con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Variación dimensional 20 %				
Espécimen	Lp ( mm)	VD %	Hp ( mm)	VD %
20 % - 1	239.00	0.42%	79.00	1.25%
20 % - 2	239.50	0.21%	80.50	-0.63%
20 % - 3	239.50	0.21%	80.50	-0.63%
20 % - 4	239.50	0.21%	79.50	0.63%
20 % - 5	239.50	0.21%	80.00	0.00%
Promedio	239.40	0.25%	79.90	0.13%

Variación dimensional 20 %			
Espécimen	Ap ( mm)	VD %	Tipo
20 % - 1	119.50	0.42%	V
20 % - 2	119.50	0.42%	V
20 % - 3	120.50	-0.42%	V
20 % - 4	120.00	0.00%	V
20 % - 5	119.50	0.42%	V
Promedio	119.80	0.17%	V

### Densidad

Se determinó la densidad de 5 unidades de albañilería, adicionando el (20 % de tereftalato de polietileno y 20 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de densidad, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 45. Resumen cálculo de densidad con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Densidad 20 % PET y 20 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Densidad	10	0.99	0.99	0.91	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	297782.1	1	297782.1	1257.53	<0.0001
Tipos	297782.1	1	297782.1	1257.53	<0.0001
Error	1894.39	8	236.8		
Total	299676.49	9			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=21.55167					
Error: 218.3643 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20 %	1867.05	5	6.88	A	
0 %	1521.92	5	6.88		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 46. Calculo detallado de densidad con 20 % PET reciclado y 20 % porcelanato triturado.

Densidad 20 %				
Especimen	Peso en Kg			Densidad kg/m3
	24h inm	seco	sumergido	
20 % - 1	3.07	2.81	1.56	1860.93
20 % - 2	3.10	2.82	1.58	1855.26
20 % - 3	3.14	2.90	1.60	1883.12
20 % - 4	3.08	2.81	1.57	1860.93
20 % - 5	3.11	2.85	1.59	1875.00
promedio				1867.05

### Absorción

Se determinó la absorción de 5 unidades de albañilería, adicionando el (20 % de tereftalato de polietileno y 20 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de absorción, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 47. Cuadro estadístico absorción con 20% PET y 20 % porcelanato.

Absorción 20 % PET y 20 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
absorción	10	0.977	0.974	7.514	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	1	0.05	336.067	<0.0001
Tipos	0.05	1	0.05	336.067	<0.0001

Error	0.001	8	0.00015		
Total	0.052	9			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.86970					
Error: 1.6435 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20 %	9.24 %	5	0.005	A	
0 %	23.53 %	5	0.005		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 48. Cálculo de resumen absorción con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Absorción 20 %				
Espécimen	Peso en Kg		Absorción	
	24h inm	seco		
20 % - 1	3.07	2.81	9.25 %	
20 % - 2	3.10	2.82	9.93 %	
20 % - 3	3.14	2.90	8.28 %	
20 % - 4	3.08	2.81	9.61 %	
20 % - 5	3.11	2.85	9.12 %	
Promedio			9.24 %	

### Succión

Se determinó la succión de 5 unidades de albañilería, adicionando el (20 % de tereftalato de polietileno y 20 % porcelanato triturado), así mismo se hizo una comparación con el ladrillo artesanal el cual fue denominado 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y cálculo, de succión, se muestra en las tablas siguientes:

Cuadro estadístico de succión con la adición del 20 % PET y 20 % porcelanato.

Succión al 20 % de PET Y 20 % de porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Succión	10	0.51	0.45	30.67	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	272.07	1	272.07	8.48	0.0195
Tipos	272.07	1	272.07	8.48	0.0195
Error	256.6	8	32.07		
Total	528.66	9			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.25982					
Error: 32.0745 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20%	13.39	5	2.53	A	
0%	23.68	5	2.53		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 49. Cálculo de succión con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Especimen	Peso en gr		Área cm <sup>2</sup>	Succión gr/200/min
	succión	seco		
20 % - 1	2823	2810	285.61	9.10
20 % - 2	2836	2820	286.20	11.18
20 % - 3	2917	2900	288.60	11.78
20 % - 4	2825	2810	287.40	10.44
20 % - 5	2885	2850	286.20	24.46
	promedio			13.39

#### 4.2. Resistencia a compresión de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato

##### 4.2.1. Ensayo de resistencia a compresión f'b con 10 % de PET y 10 % de porcelanato triturado

Se determinó la resistencia a compresión f'b de 3 unidades de albañilería, con la adición de (10 % tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se realizó el mismo análisis para el ladrillo artesanal el cual se denominó 0 %, para el análisis estadístico. Se muestra el cuadro estadístico y el respectivo cálculo de clasificación según la norma E.070, de resistencia a compresión f'b, en las tablas siguientes:

Tabla 50. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Resistencia a compresión f'b 10 % PET y 10 % porcelanato análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
f'b	6	0.94	0.92	11.82		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	5086.68	1	5086.68	60.79	0.0015	
Tipos	5086.68	1	5086.68	60.79	0.0015	
Error	334.68	4	83.67			
Total	5421.37	5				
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=20.73637						
Error: 83.6710 gl: 4						
Tipos	Medias	n	E.E.	categoria	categoria	
10 %	106.51	3	5.28	A		
0 %	48.28	3	5.28		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 51. Cálculo de resistencia a compresión f'b con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Resistencia a compresión f'b 10 %						
Especimen	Largo cm Lp	Ancho cm Ap	Area cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'b kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
10 % - 1	24.05	11.95	287.40	27317.76	95.05	III
10 % - 2	24.05	11.95	287.40	30397.26	105.77	

10 % - 3	24.00	12.00	288.00	34190.54	118.72
Promedio					106.51
Desviación estándar					11.85
f'b					94.66
Coefficiente de variación %					11.13 %

#### 4.2.2. Ensayo de resistencia a compresión f'b con 15 % de PET y 15 % de porcelanato

Se determinó la resistencia a compresión f'b de 3 unidades de albañilería, con la adición de (10 % tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se realizó el mismo análisis para el ladrillo artesanal el cual se denominó 0 %, para el análisis estadístico. Se muestra el cuadro estadístico y el respectivo cálculo de clasificación según la norma E.070, de resistencia a compresión f'b, en las tablas siguientes:

Tabla 52. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 15 % PET y 15 % porcelanato. Resistencia a compresión f'b 15 % PET y 15 % porcelanato análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
f'b	6	0.92	0.9	11.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2830.12	1	2830.12	45.49	0.0025
Tipos	2830.12	1	2830.12	45.49	0.0025
Error	248.88	4	62.22		
Total	3079	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.88187					
Error: 62.2208 gl: 4					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
15 %	91.72	3	4.55	A	
0 %	48.28	3	4.55		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 53. Cálculo detallado de resistencia a compresión f'b con 15 % PET y 15 % porcelanato. Resistencia a compresión f'b 15 %

Espécimen	Largo cm Lp	Ancho cm Ap	Area cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'b kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
15 % - 1	23.95	12.00	287.40	25094.82	87.32	III
15 % - 2	23.95	12.05	288.60	29734.45	103.03	
15 % - 3	23.95	12.05	288.60	24472.80	84.80	
Promedio					91.72	
Desviación estándar					9.88	

f'b	81.84
Coeficiente de variación %	10.77 %

#### 4.2.3. Ensayo de resistencia a compresión f'b con 20 % de PET y 20 % de porcelanato

Se determinó la resistencia a compresión f'b de 3 unidades de albañilería, con la adición de (10 % tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se realizó el mismo análisis para el ladrillo artesanal el cual se denominó 0 % para el análisis estadístico. Se muestra el cuadro estadístico y el respectivo cálculo de clasificación según la norma E.070, de resistencia a compresión f'b, en las tablas siguientes:

Tabla 54. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Resistencia a compresión f'b 20 % PET y 20 % porcelanato análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
f'b	6	0.55	0.43	8.03	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84	1	84	4.81	0.0933
Tipos	84	1	84	4.81	0.0933
Error	69.83	4	17.46		
Total	153.83	5			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.47170					
Error: 17.4568 gl: 4					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20 %	55.76	3	2.41	A	
0 %	48.28	3	2.41	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 55. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Resistencia a compresión f'b 20 %						
Espécimen	Largo cm Lp	Ancho cm Ap	Área cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'b kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
20 % - 1	23.95	12.00	287.40	16906.63	58.83	II
20 % - 2	23.95	11.95	286.20	15234.32	53.23	
20 % - 3	24.00	12.00	288.00	15907.32	55.23	
Promedio					55.76	
Desviación estándar					2.84	
f'b					52.93	
Coeficiente de variación %					5.09 %	

### 4.3. Resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado

#### 4.3.1. Ensayo a compresión axial en pilas f'm con 10 % de PET y 10 % de porcelanato

Se determinó la resistencia a compresión axial en pilas f'm de 3 unidades de albañilería, con la adición de (10 % tereftalato de polietileno y 10 % porcelanato triturado), así mismo se realizó el mismo análisis para el ladrillo artesanal el cual se denominó 0 % para el análisis estadístico. Se muestra el cuadro estadístico y el cuadro calculado la resistencia a compresión f'm, en las tablas siguientes:

Tabla 56. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial f'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
f'm	6	0.81	0.77	24.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4766.93	1	4766.93	17.55	0.0138
Tipos	4766.93	1	4766.93	17.55	0.0138
Error	1086.21	4	271.55		
Total	5853.14	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=37.35704

Error: 271.5528 gl: 4					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10 %	94.53	3	9.51	A	
0 %	38.15	3	9.51		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 57. Cálculo de resistencia a compresión axial en pilas f'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Espécimen	Área cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'm kg/cm <sup>2</sup>	E=Hp/Ap	CC	f'm corregido	Tipo
10 % - 1	287.40	20190.06	70.25	2.20	0.759	69.49	
10 % - 2	287.40	32436.66	112.86	2.21	0.759	112.10	
10 % - 3	288.00	29591.69	102.75	2.22	0.761	101.99	
Promedio						94.53	Tipo IV
Desviación estándar						22.26	
f'm						72.26	
Coefficiente de variación %						23.55%	

### 4.3.2. Ensayo a compresión axial pilas f'm con 15 % de PET y 15 % de porcelanato

Se determinó la resistencia a compresión axial en pilas f'm de 3 unidades de albañilería, con la adición de (15 % tereftalato de polietileno y 15 % porcelanato triturado), así mismo se realizó el mismo análisis para el ladrillo artesanal el cual se denominó 0 %, para el análisis estadístico. Se muestra el cuadro estadístico y el cuadro calculado la resistencia a compresión f'm, en las tablas siguientes:

Tabla 58. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial f'm con 15 % PET y 15 % porcelanato

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
f'm	6	0.91	0.89	9.67	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	970.79	1	970.79	40.09	0.0032
Tipos	970.79	1	970.79	40.09	0.0032
Error	96.86	4	24.22		
Total	1067.65	5			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.15572					
Error: 24.2161 gl: 4					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
15 %	63.59	3	2.84	A	
0 %	38.15	3	2.84		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 59. Cálculo de resistencia a compresión axial en pilas f'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Resistencia f'm 15 % PET- 15 % Porcelanato							
Espécimen	Area cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'm kg/cm <sup>2</sup>	E=Hp/Ap	CC	f'm corregido	Tipo
15 % - 1	287.40	18823.66	65.50	2.21	0.760	64.74	
15 % - 2	288.60	18364.80	63.63	2.19	0.758	62.88	
15 % - 3	288.60	18446.37	63.92	2.20	0.759	63.16	
Promedio						63.59	Tipo IV
Desviación estándar						1.00	
f'm						62.59	
Coeficiente de variación %						1.58%	

### 4.3.3. Ensayo a compresión axial pilas f'm con 20 % de PET y 20 % de porcelanato

Se determinó la resistencia a compresión axial en pilas f'm de 3 unidades de albañilería, con la adición de (20 % tereftalato de polietileno y 20 % porcelanato triturado), así mismo se realizó el mismo análisis para el ladrillo artesanal el cual se denominó 0 %, para el análisis estadístico. Se muestra el cuadro estadístico y el cuadro calculado, la resistencia a compresión f'm, en las tablas siguientes:

Tabla 60. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial f'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
f'm	6	0.85	0.82	10.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	581.15	1	581.15	23.46	0.0084
Tipos	581.15	1	581.15	23.46	0.0084
Error	99.09	4	24.77		
Total	680.24	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.28306

Error: 24.7721 gl: 4					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20 %	57.84	3	2.87	A	
0 %	38.15	3	2.87		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 61. Cálculo de resistencia a compresión axial en pilas f'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Resistencia f'm 20 % PET- 20 % Porcelanato							
Espécimen	Área cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'm kg/cm <sup>2</sup>	E=Hp/Ap	CC	f'm corregido	Tipo
20 % - 1	287.40	16366.19	56.95	2.22	0.760	56.19	
20 % - 2	286.20	17090.17	59.71	2.21	0.759	58.95	
20 % - 3	288.00	17028.99	59.13	2.20	0.759	58.37	
Promedio						57.84	Tipo III
Desviación estándar						1.46	
f'm						56.38	
Coeficiente de variación %						2.52%	

#### 4.4. Resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado

##### 4.4.1. Ensayo a compresión diagonal en muretes v'm al 10 % de PET y 10 % de porcelanato

El método establecido en la norma NTP 399.621: para el ensayo a compresión diagonal en muretes v'm, establece realizar como un mínimo de 03 muretes. En ese sentido se construyeron 3 murete con la adición de (10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado), así mismo se construyeron 3 muretes de ladrillo artesanal, el cual se denominó 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y el respectivo cálculo de resistencia a compresión diagonal en muretes, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 62. Cuadro estadístico de resistencia a la compresión diagonal v'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Variable v'm	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
v'm	6	0.97	0.97	7.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	33.94	1	33.94	146.94	0.0003	
Tipos	33.94	1	33.94	146.94	0.0003	
Error	0.92	4	0.23			
Total	34.86	5				

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.08948

Error: 0.2310 gl: 4						
Tipos	Medias	n	E.E.	categoria	categoria	
10 %	9.22	3	0.28	A		
0 %	4.46	3	0.28		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 63. Cálculo de resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm con 10 % PET y 10 % porcelanato.

Espécimen	Pu kg	D (cm)	Area cm <sup>2</sup>	v'm kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
10 % - 1	9454.15	81.77	981.25	9.63	
10 % - 2	9084.00	81.05	972.58	9.34	
10 % - 3	8531.01	81.81	981.73	8.69	
Promedio				9.22	Tipo IV
Desviación estándar v'm				0.48	
				8.74	
Coeficiente de variación %				5.24%	

#### 4.4.2. Ensayo a compresión diagonal en muretes v'm con 15 % de PET y 15 % de porcelanato

El método establecido en la norma NTP 399.621: para el ensayo a compresión diagonal en muretes v'm, establece realizar como un mínimo de 03 muretes. En ese sentido se construyeron 3 murete con la adición de (15 % de tereftalato de polietileno y 15 % de porcelanato triturado), así mismo se construyeron 3 muretes de ladrillo artesanal, el cual se denominó 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y el respectivo cálculo de resistencia a compresión diagonal en muretes, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 64. Cuadro estadístico de resistencia a la compresión diagonal v'm con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Variable v'm	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
	6	0.97	0.96	6.35	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.41	1	18.41	118.06	0.0004
Tipos	18.41	1	18.41	118.06	0.0004
Error	0.62	4	0.16		
Total	19.03	5			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.89519					
Error: 0.1559 gl: 4					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
15 %	7.97	3	0.23	A	
0 %	4.46	3	0.23		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 65. Cálculo de resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm con 15 % PET y 15 % porcelanato.

Resistencia a compresión diagonal v'm 15 % PET- 15 % Porcelanato					
Espécimen	Pu kg	D (cm)	Área cm <sup>2</sup>	v'm kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
15 % - 1	7456.76	81.62	975.38	7.64	
15 % - 2	7978.64	81.35	976.17	8.17	
15 % - 3	7887.38	81.60	975.18	8.09	
Promedio				7.97	Tipo III
Desviación estándar				0.28	
v'm				7.69	
Coefficiente de variación %				3.56%	

#### 4.4.3. Ensayo a compresión diagonal en muretes v'm con 20 % de PET y 20 % de porcelanato

El método establecido en la norma NTP 399.621: para el ensayo a compresión diagonal en muretes v'm, establece realizar como un mínimo de 03 muretes. En ese sentido se construyeron 3 murete con la adición de (20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado), así mismo se construyeron 3 muretes de ladrillo artesanal, el cual se denominó 0 %, para el análisis estadístico. El cuadro estadístico y el respectivo cálculo de resistencia a compresión diagonal en muretes, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 66. Cuadro estadístico de resistencia a la compresión diagonal v'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Variable v'm	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
	6	0.68	0.6	13.76		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	4.56	1	4.56	8.46	0.0437	
Tipos	4.56	1	4.56	8.46	0.0437	
Error	2.15	4	0.54			
Total	6.71	5				
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.66392						
Error: 0.5387 gl: 4						
Tipos	Medias	n	E.E.	categoria	categoria	
20 %	6.21	3	0.42	A		
0 %	4.46	3	0.42		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 67. Cálculo de resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm con 20 % PET y 20 % porcelanato.

Resistencia a compresión diagonal v'm 20 % PET- 20 % Porcelanato					
Espécimen	Pu kg	D (cm)	Área cm <sup>2</sup>	v'm kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
20 % - 1	5044.25	82.20	978.20	5.16	
20 % - 2	6727.67	81.66	975.87	6.89	
20 % - 3	6469.49	82.11	985.28	6.57	
Promedio				6.21	Tipo I
Desviación estándar v'm				0.92 5.28	
Coefficiente de variación %				14.88%	

#### 4.5. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato

##### 4.5.1. Propiedades físicas

##### Alabeo

Se determinó el alabeo de 5 unidades por cada ladrillo con (10 %, 15 %, 20 % con tereftalato de polietileno y 10 %, 15 %, 20 % porcelanato triturado), también se incluyó el ladrillo artesanal lo cual se denominó 0 % para el análisis estadístico. El ladrillo artesanal, es realizado con tierra natural, arena fina y demás insumos, en la ladrillera Palian, el cálculo detallado se presenta en el anexo 2. Se presenta el cuadro estadístico del alabeo, y el cuadro de clasificación según la norma E.070, en las tablas siguientes:

Tabla 68. Cuadro estadístico de alabeo.

Alabeo análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Alabeo	20	0.6	0.52	24.86	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.44	3	1.15	7.97	0.0018
Tipos	3.44	3	1.15	7.97	0.0018
Error	2.3	16	0.14		
Total	5.74	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.68605

Error: 0.1438 gl: 16

Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10 %	1.1	5	0.17	A	
15 %	1.3	5	0.17	A	
20 %	1.5	5	0.17	A	
0 %	2.2	5	0.17		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 69. Clasificación según la propiedad de alabeo.

Alabeo		
Tipo de ladrillo	(mm)	Tipo
10 % PET- porcelanato	1.10	V
15 % PET- porcelanato	1.30	V
20 % PET- porcelanato	1.50	V
Ladrillo artesanal (0%)	2.20	IV

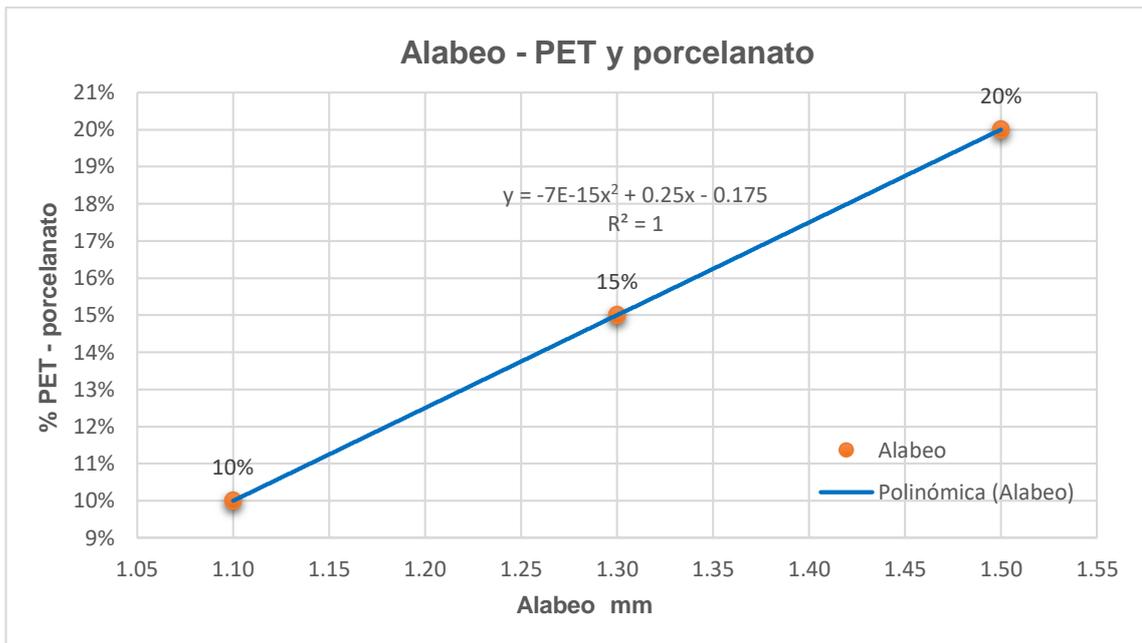


Figura 11. Línea de tendencia de la propiedad de alabeo con PET y porcelanato

En la Figura 12 se presenta el cuadro y beneficio, entre los tres diferentes porcentajes de tereftalato de polietileno y porcelanato, en comparacion con el ladrillo artesanal, dentro de la propiedad física de alabeo.

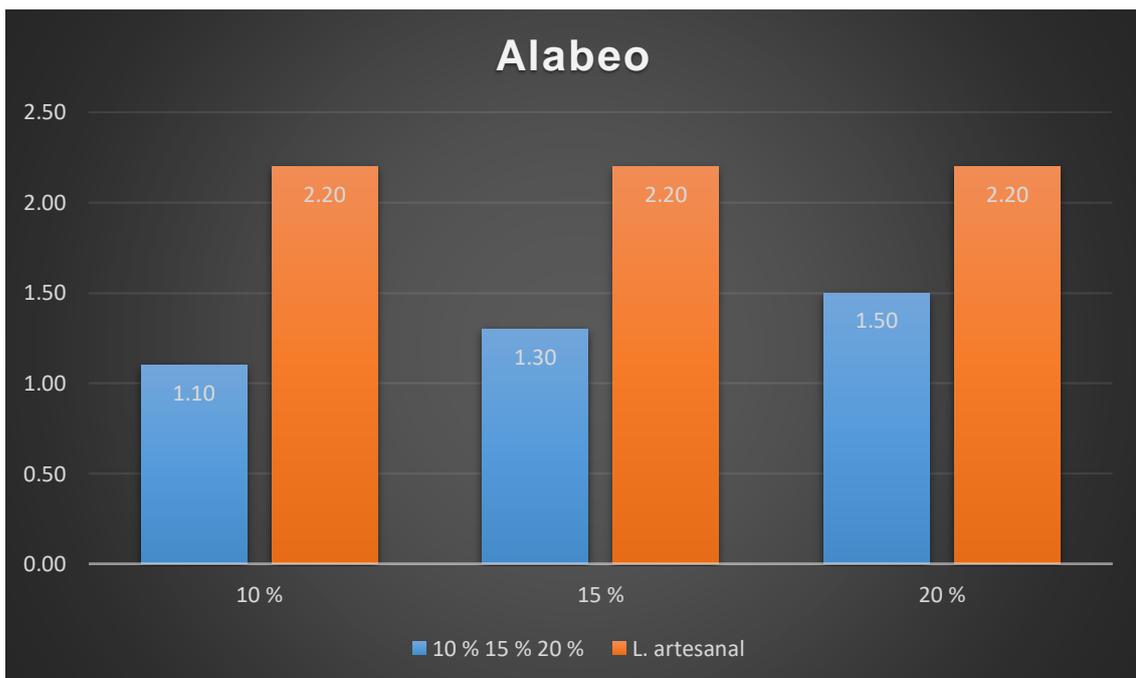


Figura 12. Cuadro comparativo de alabeo PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.

## Variación dimensional

Se determinó la variación dimensional de 5 unidades por cada ladrillo con (10 %, 15 %, 20 % de tereftalato de polietileno y 10 %, 15 %, 20 % porcelanato triturado), también se incluyó el ladrillo artesanal, lo cual se denominó 0 %. El ladrillo artesanal es hecho con tierra natural y arena fina y demás insumos, en la ladrillera Palian, el cálculo detallado se presenta en el anexo 3. Se presenta el cuadro estadístico de variación dimensional, y el cuadro de clasificación según la norma E.070, en las tablas siguientes:

Tabla 70. Cuadro estadístico de variación dimensional.

Variación dimensional análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
V. dimensional	20	0.95	0.94	47.49	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	0.0032	94.33	<0.0001
Tipos	0.01	3	0.0032	94.33	<0.0001
Error	0.00055	16	0.000034		
Total	0.01	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01057

Error: 0.0000 gl: 16

Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10%	-0.50%	5	0.0026	A	
20%	0.25%	5	0.0026	A	
15%	0.25%	5	0.0026	A	
0%	-5.00%	5	0.0026		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 71. Cuadro de clasificación de la variación dimensional.

Especimen	Variación dimensional						
	Lp (mm)	L %	Hp (mm)	H %	Ap (mm)	A %	Tipo
10 % PET- porcelanato	240.40	-0.17%	80.40	-0.50%	119.9	0.08%	V
15 % PET- porcelanato	239.90	0.04%	79.80	0.25%	120.10	-0.08%	V
20 % PET- porcelanato	239.40	0.25%	79.90	0.13%	119.80	0.17%	V
Ladrillo artesanal (0%)	241.40	0.75%	81.50	1.88%	126.00	-5.00%	II

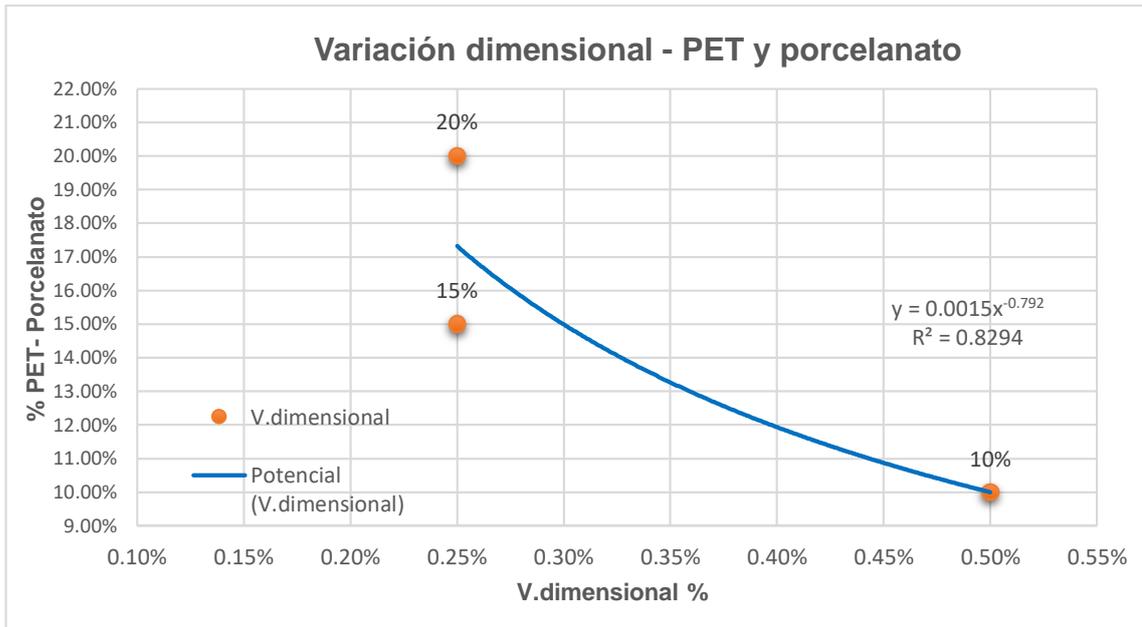


Figura 13. Línea de tendencia de la variación dimensional con PET y porcelanato.

En la Figura 14 se presenta el cuadro comparativo de variación dimensional, entre los tres diferentes porcentajes de tereftalato de polietileno y porcelanato, en comparación con el ladrillo artesanal, lo cual trae buenas mejoras en la propiedad física de variación dimensional.

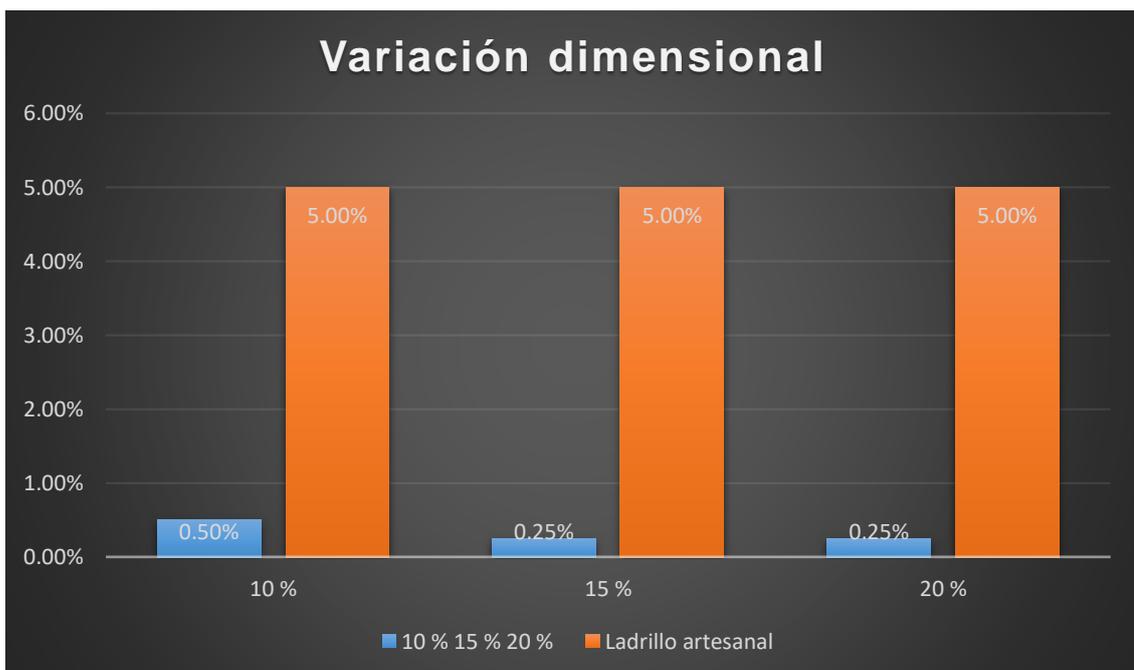


Figura 14. Cuadro comparativo de variación dimensional PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.

## Densidad

Se determinó la densidad de 5 unidades por cada ladrillo con (10 %, 15 %, 20 % tereftalato de polietileno y 10 %, 15 %, 20 % porcelanato triturado), también se incluyó el ladrillo artesanal lo cual se denominó 0 %. El ladrillo artesanal hecho con tierra natural, arena fina y demás insumos, en la ladrillera Palian, el cálculo detallado se presenta en el anexo 4. Se presenta el cuadro estadístico, y el cálculo de densidad, en las tablas siguientes:

Tabla 72. Cuadro estadístico de densidad.

Densidad análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
Densidad	20	0.99	0.99	0.85		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	498948.68	3	166316.23	714.57	<0.0001	
Tipos	498948.68	3	166316.23	714.57	<0.0001	
Error	3724.01	16	232.75			
Total	502672.69	19				
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=27.60556						
Error: 232.7508 gl: 16						
Tipos	Medias	n	E.E.	categoria	categoria	categoria
10 %	1909.14	5	6.82	A		
15 %	1878.67	5	6.82		B	
20 %	1867.05	5	6.82		B	
0 %	1521.92	5	6.82			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 73. Cuadro de resumen de densidad.

Densidad	
Tipo de ladrillo	kg/m <sup>3</sup>
10 % PET-Porcelanato	1909.14
15 % PET-Porcelanato	1878.67
20 % PET-Porcelanato	1867.05
Ladrillo artesanal (0%)	1521.92

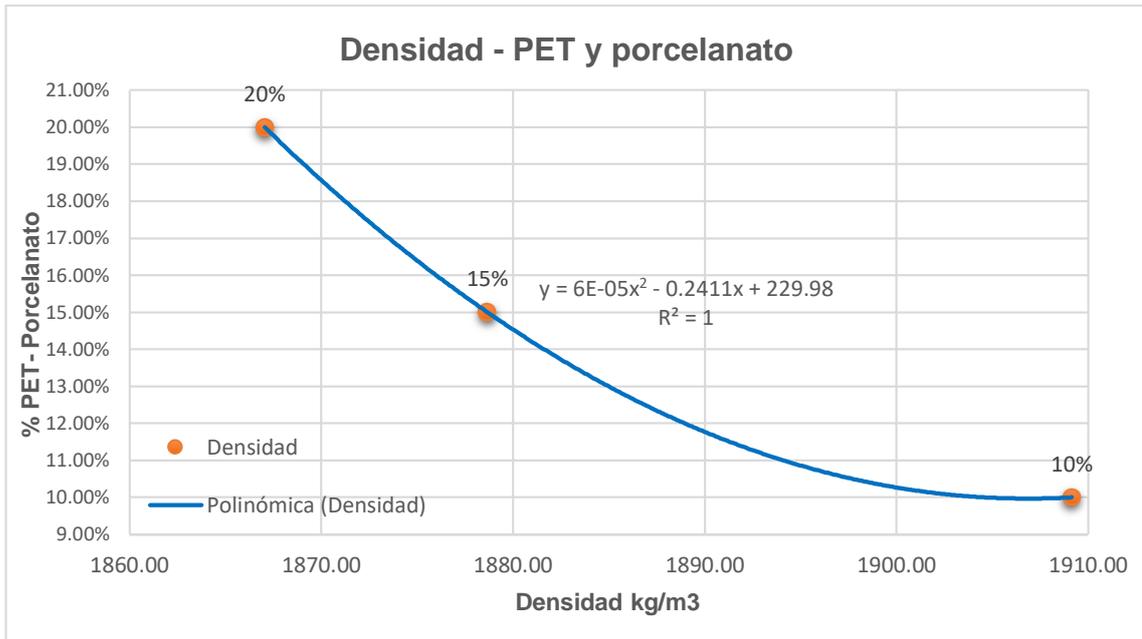


Figura 15. Línea de tendencia de densidad con PET y porcelanato.

En la Figura 16 se presenta el cuadro comparativo de densidad, entre los tres diferentes porcentajes de tereftalato de polietileno y porcelanato, en comparación con el ladrillo artesanal, lo cual trae buenas mejoras en la propiedad física de densidad.

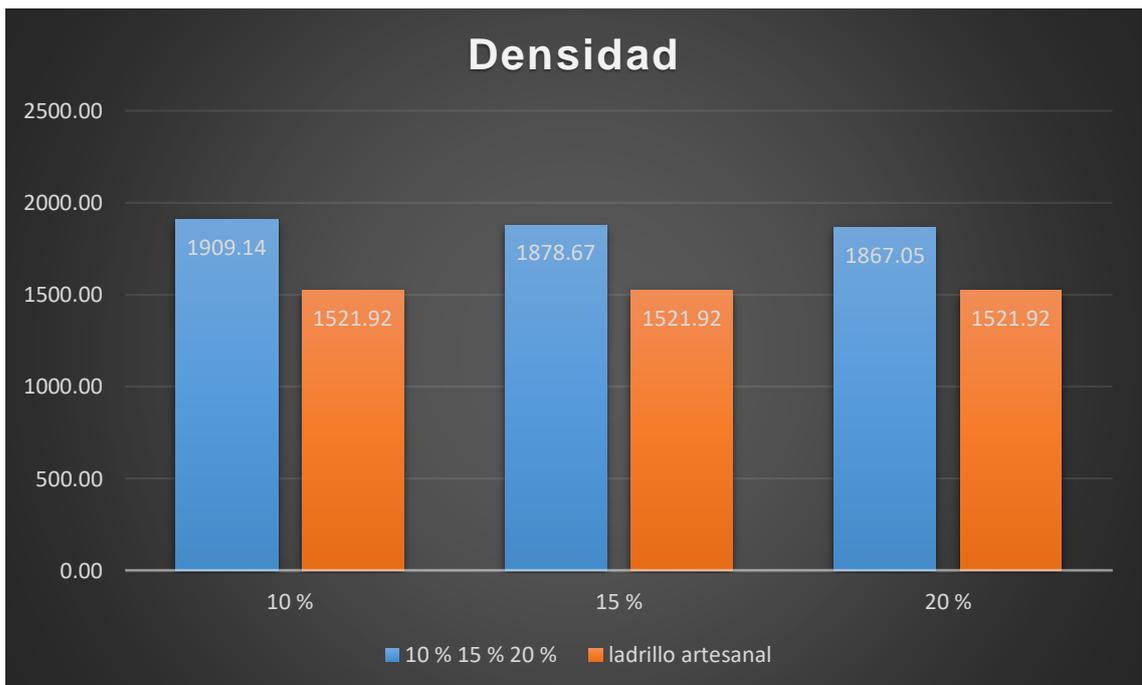


Figura 16. Cuadro comparativo de densidad PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.

## Absorción

Se determinó la absorción de 5 unidades por cada ladrillo con (10 %, 15 %, 20 % de tereftalato de polietileno y 10 %, 15 %, 20 % porcelanato triturado), también se incluyó el ladrillo artesanal lo cual se denominó 0 %. EL ladrillo artesanal es hecho con tierra natural, arena fina y demás insumos, en la ladrillera Palian, el cálculo detallado se presenta en el anexo 5. Se presenta el cuadro estadístico de, y el cálculo de absorción, en las tablas siguientes:

Tabla 74. Cuadro estadístico de Absorción.

Absorción análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Absorción	20	0.981	0.977	7.354	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.074	3	0.025	272.37	<0.0001
Tipos	0.074	3	0.025	272.37	<0.0001
Error	0.001	16	0.00009		
Total	0.075	19			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01717					
Error: 0.0001 gl: 16					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
20 %	9.24 %	5	0.004	A	
15 %	9.53 %	5	0.004	A	
10 %	9.59 %	5	0.004	A	
0 %	23.53 %	5	0.004		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 75. Diferentes porcentajes de ladrillo y su absorción.

Absorción	
Tipo de ladrillo	%
10 % PET- Porcelanato	9.59%
15 % PET- Porcelanato	9.53%
20 % PET- Porcelanato	9.24%
Ladrillo artesanal (0%)	23.53%

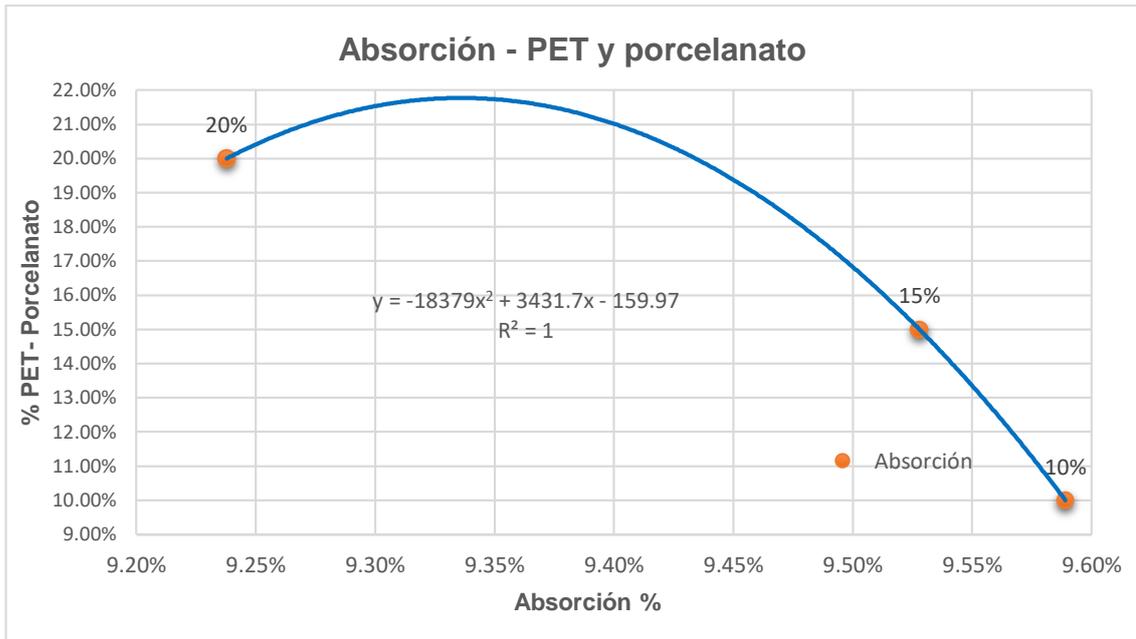


Figura 17. Línea de tendencia absorción con PET y porcelanato.

En la Figura 18 se presenta el cuadro comparativo de absorción entre los tres diferentes porcentajes de tereftalato de polietileno y porcelanato en comparación con el ladrillo artesanal, lo cual trae buenas mejoras en la propiedad física de absorción.

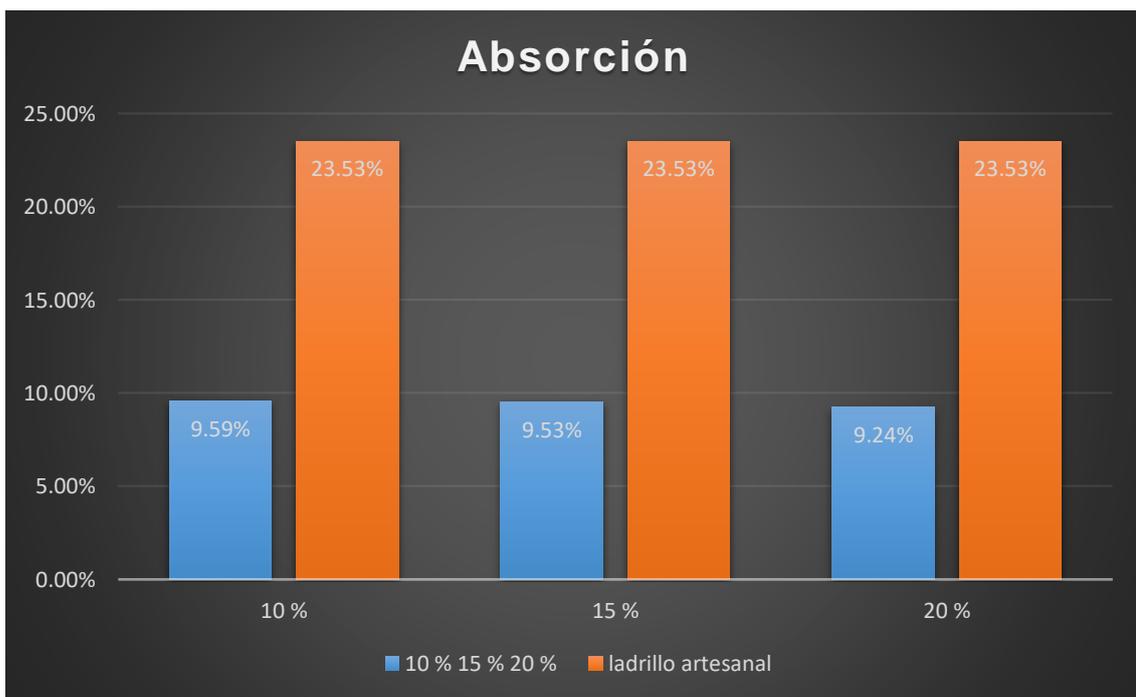


Figura 18. Cuadro comparativo de absorción con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.

## Succión

Se determinó la succión de 5 unidades por cada ladrillo con (10 %, 15 %, 20 % de tereftalato de polietileno y 10 %, 15 %, 20 % porcelanato triturado), también se incluyó el ladrillo artesanal lo cual se denominó 0 %. EL ladrillo artesanal es hecho con tierra natural, arena fina y demás insumos, en la ladrillera Palian, el cálculo detallado se presenta en el anexo 6. Se presenta el cuadro estadístico, y el cálculo de succión, en las tablas siguientes:

Tabla 76. Cuadro estadístico de succión.

Succión análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Succión	20	0.61	0.53	28.54	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	472.18	3	157.39	8.24	0.0015
Tipos	472.18	3	157.39	8.24	0.0015
Error	305.51	16	19.09		
Total	777.69	19			
Test:Bonferroni Alfa=0.05 DMS=8.31401					
Error: 19.0946 gl: 16					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10%	12.07	5	1.95	A	
15%	12.66	5	1.95	A	
20%	13.39	5	1.95	A	
0%	23.68	5	1.95		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 77. Diferentes porcentajes de ladrillo y su succión.

Succión	
Tipo de ladrillo	gr/200cm <sup>2</sup> /min
10 % PET-Porcelanato	12.07
15 % PET-Porcelanato	12.66
20 % PET-Porcelanato	13.39
Ladrillo artesanal (0%)	23.68

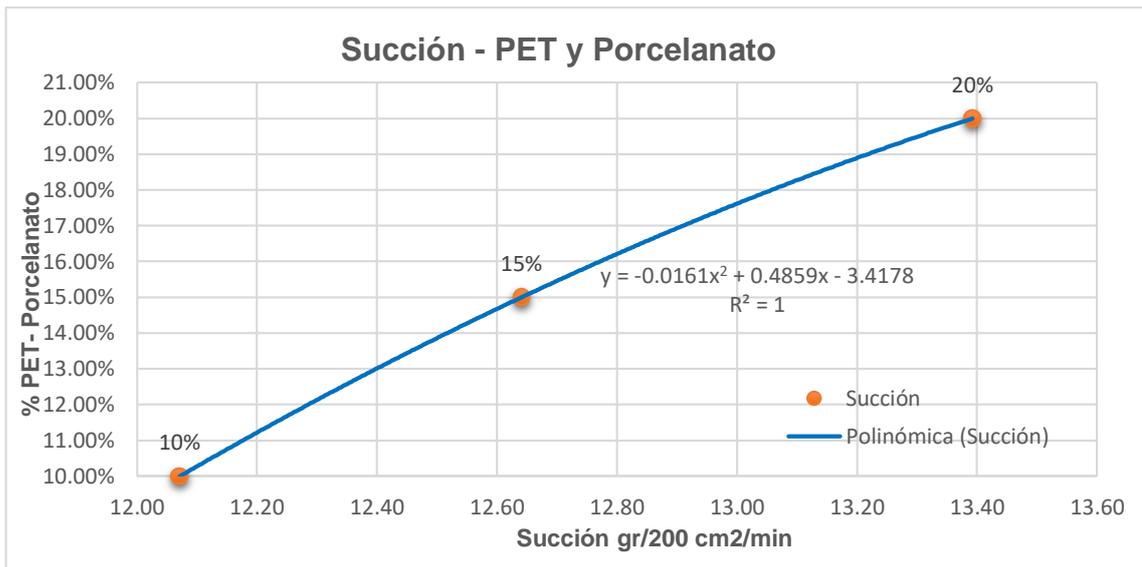


Figura 19. Línea de tendencia succión con PET y porcelanato.

En la Figura 20 se presenta la comparación de succión, del ladrillo hecho con tereftalato de polietileno y porcelanato, haciendo un versus comparativo con el ladrillo artesanal, lo cual se nota gran mejora en la propiedad física de succión.

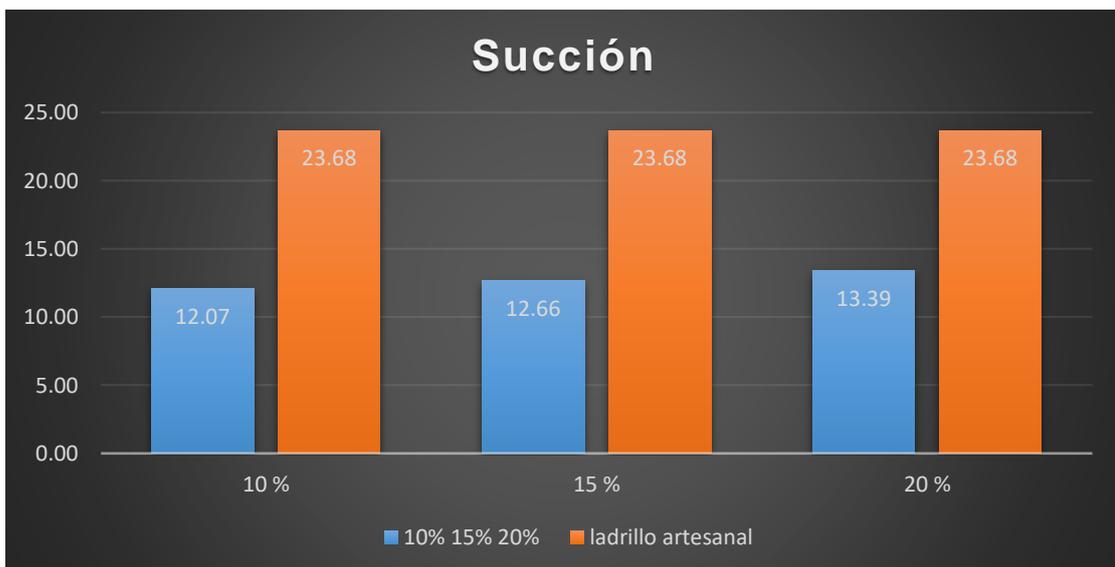


Figura 20. Cuadro comparativo succión con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.

#### 4.5.2. Propiedades mecánicas

##### Ensayo resistencia a compresión ( $f'_b$ )

Se determinó la resistencia a compresión de 3 unidades de ladrillo de (10 %, 15 %, 20 % con tereftalato de polietileno y 10 %,

15 %, 20 % porcelanato triturado), también se ensayó el ladrillo artesanal lo cual se denominó 0 %. El ladrillo artesanal con tierra natural, arena fina y demás insumos, hecho en la ladrillera Palian, los cálculos detallados se muestran en el anexo 6. El cuadro estadístico de la resistencia a compresión (f'b) y la clasificación según la E.070, se presenta en las tablas siguientes:

Tabla 78. Cuadro estadístico de resistencia a compresión f'b.

Resistencia a compresión (f'b) análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
f'b	12	0.93	0.9	10.93	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7065.76	3	2355.25	34.51	0.0001
Tipos	7065.76	3	2355.25	34.51	0.0001
Error	545.95	8	68.24		
Total	7611.71	11			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=21.60012					
Error: 68.2441 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoría	categoría
10 %	106.51	3	4.77	A	
15 %	91.72	3	4.77	A	
20 %	55.76	3	4.77		B
0%	48.28	3	4.77		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 79. Clasificación según la resistencia a compresión f'b.

Resistencia a compresión f'b				
Tipo de ladrillo	f'b kg/cm <sup>2</sup>	σ	f'b kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
10 % PET-Porcelanato	106.51	11.85	94.66	III
15 % PET-Porcelanato	91.72	9.88	81.84	III
20 % PET-Porcelanato	55.76	2.84	52.93	I
Ladrillo artesanal (0%)	48.28	5.18	43.10	I

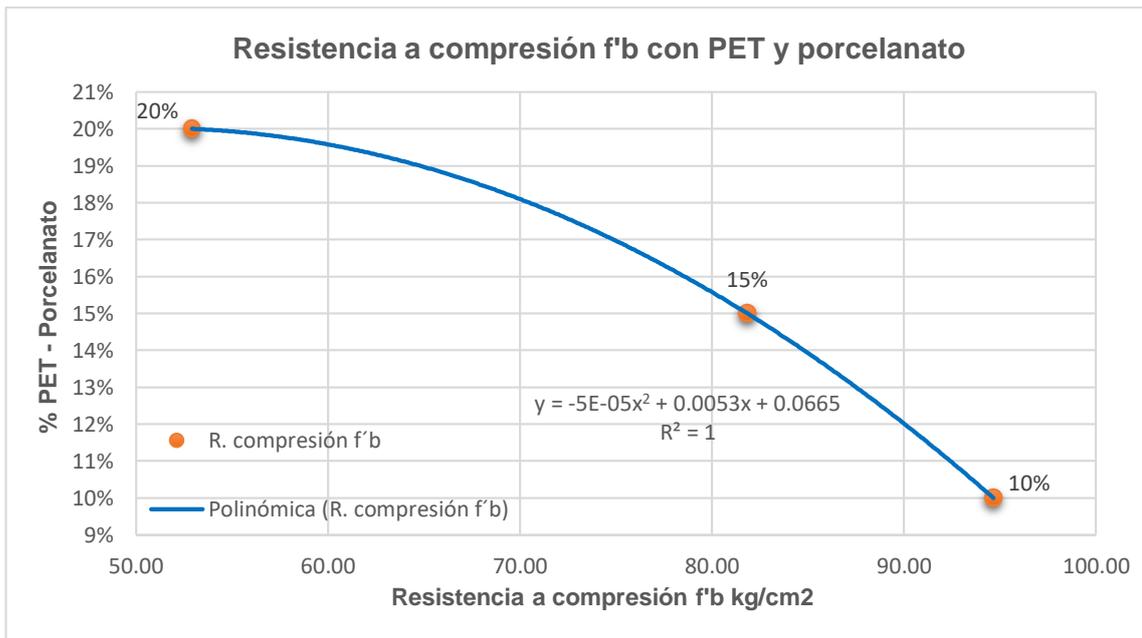


Figura 21. Curva de resistencia a compresión f'b con PET y porcelanato.

En la Figura 22 se presenta la comparación de resistencia a compresión f'b de ladrillos hechos con tereftalato de polietileno y porcelanato triturado, haciendo un versus comparativo con el ladrillo artesanal, lo cual se nota gran mejora en la propiedad mecánica mencionada.

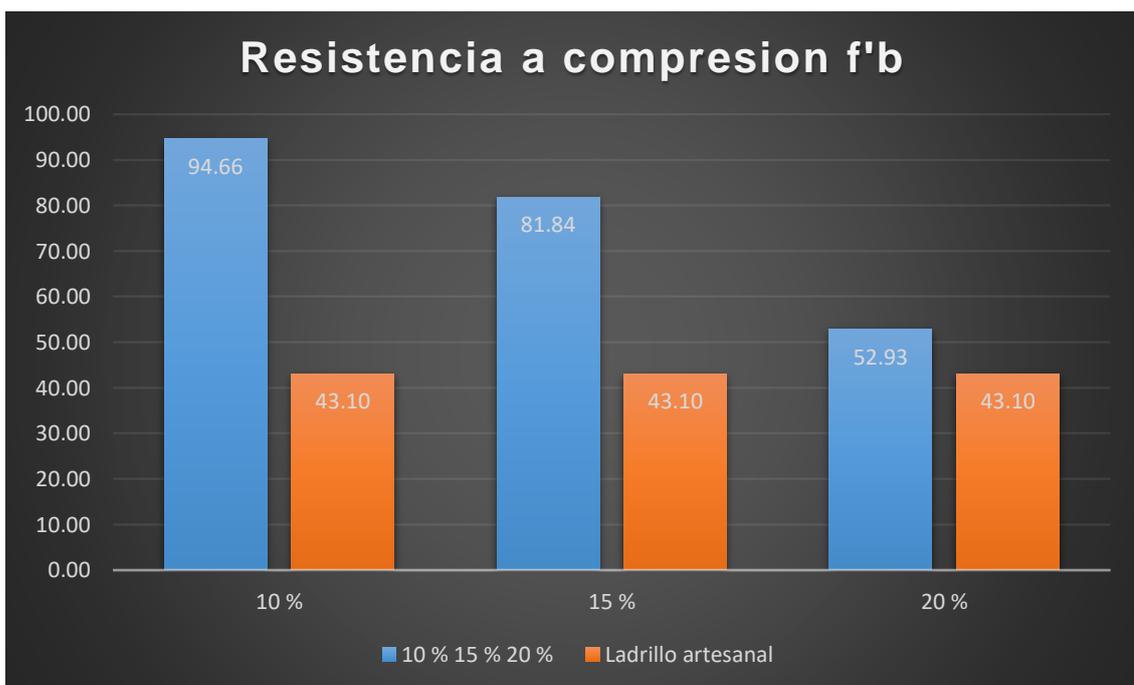


Figura 22. Cuadro comparativo resistencia a compresión f'b con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal.

## Ensayo a compresión axial en pilas (f'm)

Se determinó la resistencia a compresión axial de 3 unidades de ladrillo de (10 %, 15 %, 20 % con tereftalato de polietileno y 10 %, 15 %, 20 % porcelanato triturado), también se ensayó el ladrillo artesanal lo cual se denominó 0 %. El ladrillo artesanal con tierra natural, arena fina y demás insumos, hecho en la ladrillera Palian, los cálculos se muestran en el anexo 7. El cuadro estadístico de la resistencia a compresión axial en pilas f'm y su respectivo calculo, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 80. Cuadro estadístico de resistencia a compresión axial en pilas f'm.

Resistencia a compresión axial en pilas (f'm) análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
f'm	12	0.82	0.75	18.39	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4911.56	3	1637.19	11.99	0.0025
Tipos	4911.56	3	1637.19	11.99	0.0025
Error	1092.46	8	136.56		
Total	6004.02	11			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=30.55490					
Error: 136.5573 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoria	categoria
10 %	94.53	3	6.75	A	
15 %	63.59	3	6.75		B
20 %	57.84	3	6.75		B
0 %	38.15	3	6.75		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 81. Cuadro de resumen resistencia a compresión axial en pilas f'm.

Resistencia a compresión diagonal f'm				
Tipo de ladrillo	f'm kg/cm <sup>2</sup>	Ø	f'm kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
10 % PET-Porcelanato	94.53	22.26	72.26	Tipo IV
15 % PET-Porcelanato	63.59	1.00	62.59	Tipo IV
20 % PET-Porcelanato	57.84	1.46	56.38	Tipo III
Ladrillo artesanal convencional	38.15	6.88	31.27	No clasifica

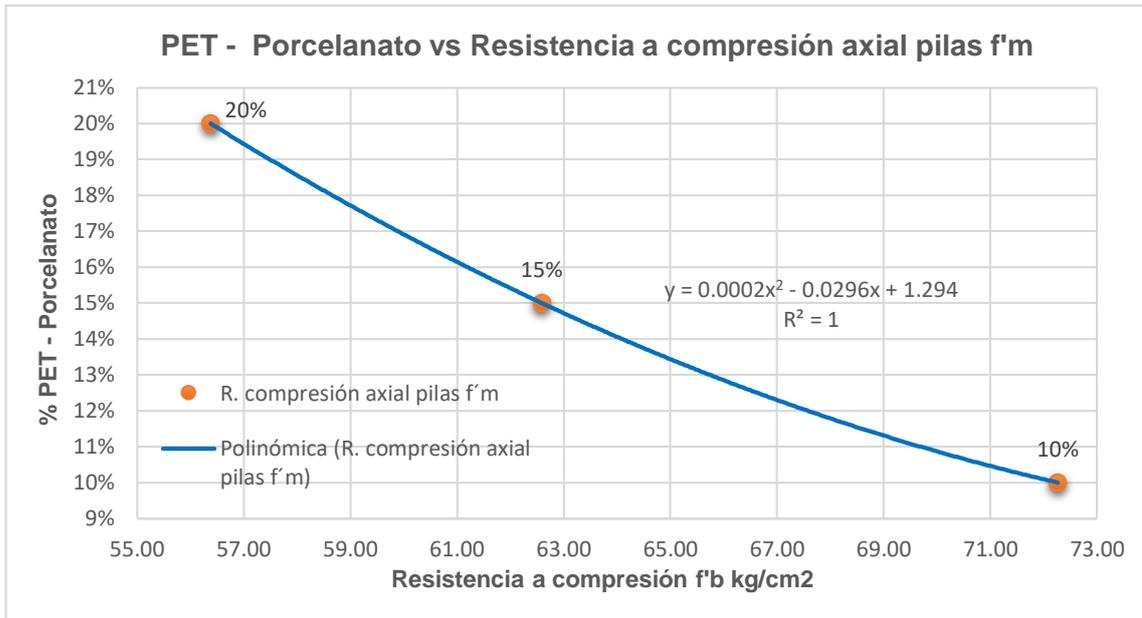


Figura 23. Curva de resistencia a compresión axial en pilas f'm con PET y porcelanato

En la Figura 24 se presenta la comparación de resistencia a compresión f'm de ladrillos hechos con tereftalato de polietileno y porcelanato, haciendo un versus comparativo con el ladrillo artesanal, lo cual se nota gran mejora en la propiedad mecánica mencionada.

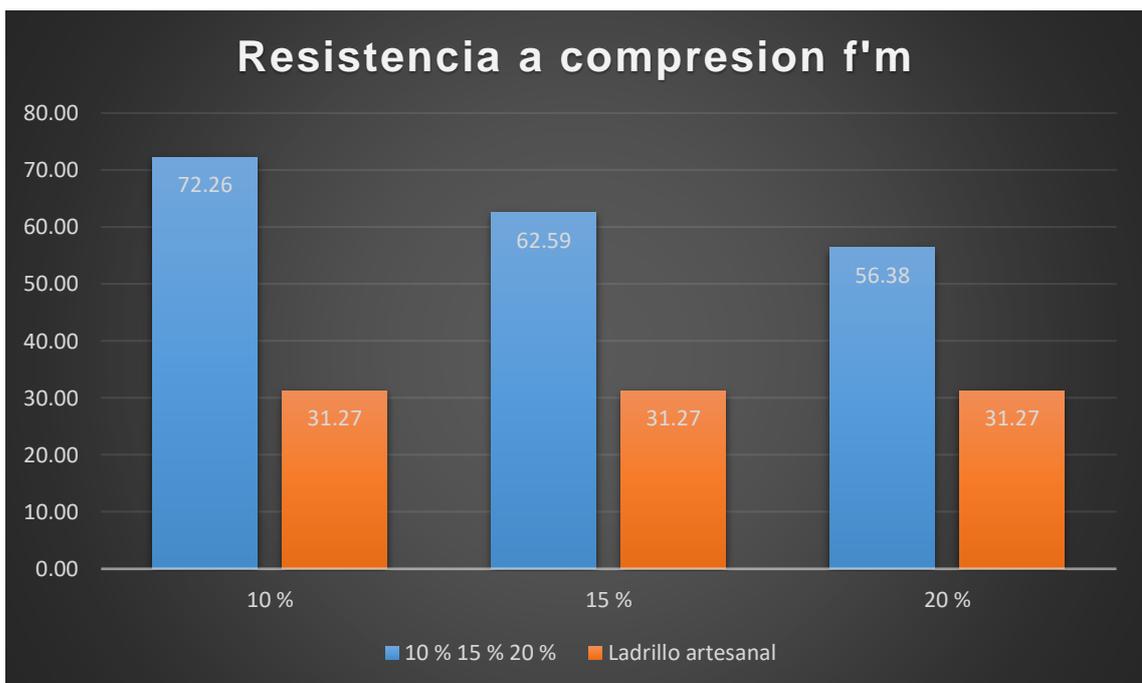


Figura 24. Cuadro comparativo resistencia a compresión f'm con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal

## Ensayo a compresión diagonal en muretes (v'm)

El ensayo se realizó en 03 muretes de ladrillo de (10 %, 15 %, 20 % de tereftalato de polietileno y 10 %, 15 %, 20 % porcelanato triturado), también se ensayó el ladrillo artesanal el cual se denominó 0 %. Para cada ladrillo artesanal está hecho con tierra natural, arena fina y demás insumos, hecho en la ladrillera Palian, los cálculos se muestran en el anexo 8. El cuadro estadístico de resistencia al corte diagonal en muretes, y su respectivo cálculo, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 82. Cuadro estadístico resistencia a compresión diagonal en muretes.

Resistencia a compresión diagonal en muretes (v'm) análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
v'm	12	0.93	0.91	8.47	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38.77	3	12.92	37.16	<0.0001
Tipos	38.77	3	12.92	37.16	<0.0001
Error	2.78	8	0.35		
Total	41.55	11			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.54179					
Error: 0.3477 gl: 8					
Tipos	Medias	n	E.E.	categoria	categoria
10 %	9.22	3	0.34	A	
15 %	7.97	3	0.34	A	
20 %	6.21	3	0.34		B
0 %	4.46	3	0.34		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 83. Diferentes porcentajes de ladrillo y su resistencia a compresión axial en pilas f'm.

Resistencia a corte diagonal v'm				
Tipo de ladrillo	v'm kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$	v'm kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
10 % PET-Porcelanato	9.22	0.48	8.74	Tipo IV
15 % PET-Porcelanato	7.97	0.28	7.69	Tipo III
20 % PET-Porcelanato	6.21	0.92	5.28	Tipo I
Ladrillo artesanal convencional	4.46	0.48	3.98	No clasifica

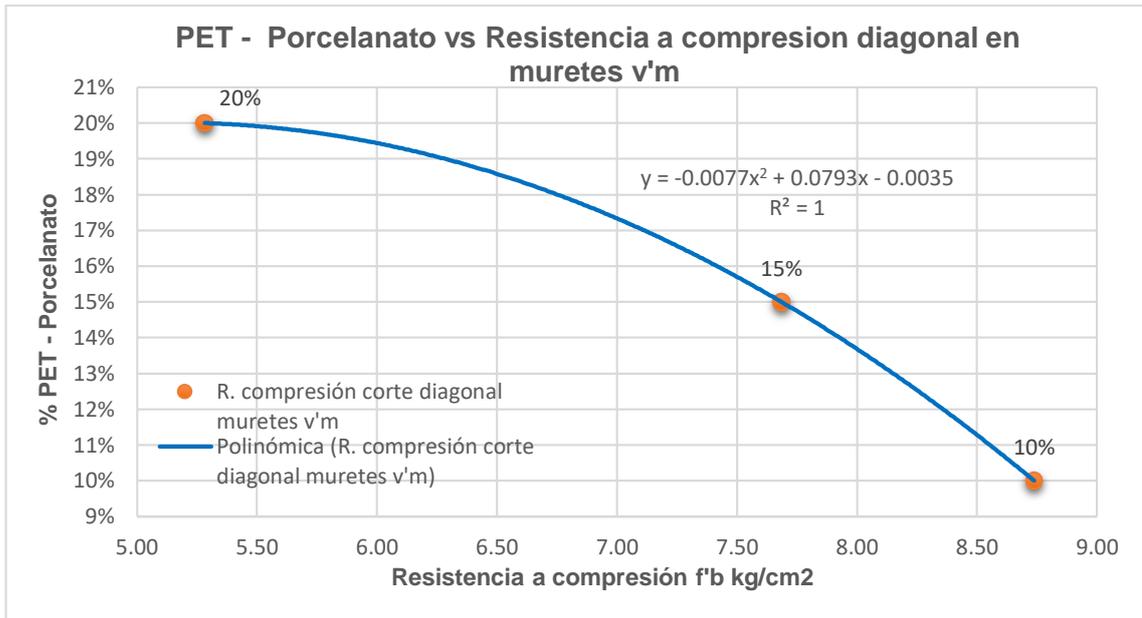


Figura 25. Curva PET porcelanato vs resistencia a compresión en muretes

En la Figura 26 se presenta la comparación de resistencia a compresión (v'm) de ladrillos hechos con tereftalato de polietileno y porcelanato, haciendo un versus comparativo con el ladrillo artesanal, lo cual se nota gran mejora en la propiedad mecánica mencionada.

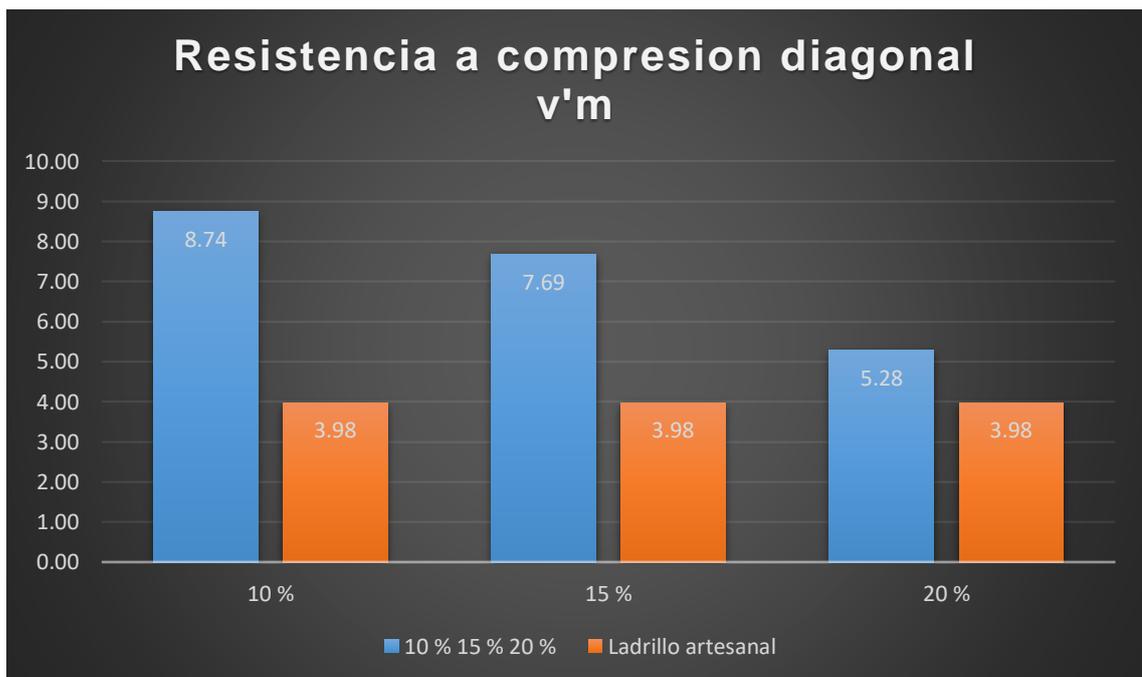


Figura 26. Cuadro comparativo resistencia a compresión v'm con PET y porcelanato vs ladrillo artesanal

## 4.6. Prueba de hipótesis

### 4.6.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico para la prueba se basó en el análisis multivariante de la varianza (MANOVA por sus siglas en inglés), la cual se utiliza cuando hay una o más variables dependientes que no pueden ser combinadas de manera simple, además se puede identificar si los cambios en estas variables son significativos; en este sentido antes de empezar con el análisis MANOVA, es necesario determinar la normalidad de las muestras, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 84. Prueba de normalidad de acuerdo a Shapiro-Wilk.

Porcentaje	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Alabeo	0,750	3	0,109
	0,750	3	0,108
	1,000	3	1,000
V.D	1,000	3	1,000
	0,964	3	0,637
	0,818	3	0,157
Densidad	0,944	3	0,543
	0,859	3	0,264
	0,895	3	0,370
Absorción	0,964	3	0,637
	0,802	3	0,119
	0,990	3	0,807
f'b	0,997	3	0,896
	0,851	3	0,244
	0,974	3	0,688
f'm	0,916	3	0,437
	0,860	3	0,267
	0,899	3	0,383
v'm	0,953	3	0,584
	0,860	3	0,268
	0,883	3	0,334

La tabla anterior muestra la prueba de normalidad, la cual por tratarse de muestras con pequeñas cantidades menores a 50 ó 30 se usó el método propuesto por Shapiro-Wilk; en tal sentido de esta tabla se deduce que: La significancia en todos los casos es mayor que 0.05, por lo que la distribución de los datos proviene de una

distribución normal; lo que de acuerdo a Ccanto (2010) da cabida a escoger pruebas paramétricas para probar la hipótesis.

#### 4.6.2. Contrastación de hipótesis específica 1

**Hipótesis nula:** Adicionar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado no influye en las propiedades físicas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Hipótesis alterna:** Adicionar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye positivamente en las propiedades físicas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La contrastación de la hipótesis específica 1 se determinó de acuerdo al análisis multivariante MANOVA, cuyo resultado es:

Tabla 85. Análisis MANOVA hipótesis específica 1.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado	Alabeo	1.5	1	1.5	18	0.013
	Variación Dimensional	0.003	1	0.003	64.834	0.001
	Densidad	219424.95	1	219424.95	231.112	0
	Absorción	251.942	1	251.942	1619.688	0
15 % de tereftalato de polietileno y 15 % de porcelanato triturado	Alabeo	1.5	1	1.5	18	0.013
	Variación Dimensional	0.003	1	0.003	64.834	0.001
	Densidad	182691.03	1	182691.03	589.1	0
	Absorción	249.099	1	249.099	1486.568	0
20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado	Alabeo	0.667	1	0.667	4	0.116
	Variación Dimensional	0.003	1	0.003	91.612	0.001
	Densidad	165565.16	1	165565.16	1041.546	0
	Absorción	259.647	1	259.647	538.054	0

#### a) Conclusión estadística:

Según los resultados en laboratorio y la comparación entre la variable independiente y las variables dependientes de acuerdo al nivel de significancia, el 10 % y 15 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influyen positivamente en las propiedades

físicas de los ladrillos artesanales; no obstante, con el 20 % tereftalato de polietileno y porcelanato triturado no se presenta esta influencia; por lo tanto, se acepta parcialmente la hipótesis alterna.

**b) Conclusión técnica:**

De acuerdo a los análisis en laboratorio se concluye que la adición del 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en ladrillos artesanales se encuentran dentro de lo establecido por la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**4.6.3. Contrastación de hipótesis específica 2**

**Hipótesis nula:** La adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado no influye en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Hipótesis alterna:** La adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye de manera positiva en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La contrastación de la hipótesis específica 2 se determinó de acuerdo al análisis multivariante MANOVA, cuyo resultado es:

Tabla 86. Análisis MANOVA hipótesis específica 2.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
10 % de tereftalato de polietileno 10 % de porcelanato triturado	f'b	5086.682	1	5086.682	60.794	0.001
15 % de tereftalato de polietileno y 15 % de porcelanato triturado	f'b	2830.116	1	2830.116	45.485	0.003
20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado	f'b	84	1	84	4.812	0.093

**a) Conclusión estadística:**

Según los resultados en laboratorio y la comparación entre la variable independiente y las variables dependientes de acuerdo al nivel de significancia, el 10 % y 15 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influyen positivamente en la resistencia a compresión de los ladrillos artesanales; no obstante, con el 20 % tereftalato de polietileno y porcelanato triturado no se presenta esta influencia; por lo tanto, se acepta parcialmente la hipótesis alterna.

**b) Conclusión técnica:**

De acuerdo a los análisis en laboratorio se concluye que la adición del 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en ladrillos artesanales se encuentran dentro de lo establecido por la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**4.6.4. Contrastación de hipótesis específica 3**

**Hipótesis nula:** La incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado no manifiesta incidencia en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Hipótesis alterna:** La incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado manifiesta favorable incidencia en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 87. Análisis MANOVA hipótesis específica 3.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
10 % de tereftalato de polietileno 10 % de porcelanato triturado	f'm 4766.929	1	4766.929	17.554	0.014
15 % de tereftalato de polietileno y 15 % de porcelanato triturado	f'm 970.79	1	970.79	40.089	0.003
20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado	f'm 581.15	1	581.15	23.46	0.008

**a) Conclusión estadística:**

Según los resultados en laboratorio y la comparación entre la variable independiente y las variables dependientes de acuerdo al nivel de significancia, el 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado inciden positivamente en la resistencia a compresión axial de los ladrillos artesanales; por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

**b) Conclusión técnica:**

De acuerdo a los análisis en laboratorio se concluye que la adición del 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en ladrillos artesanales se encuentran dentro de lo establecido por la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**4.6.5. Contrastación de hipótesis específica 4**

**Hipótesis nula:** Incorporar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado no influye en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Hipótesis alterna:** Incorporar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye positivamente en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos

artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La contrastación de la hipótesis específica 4 se determinó de acuerdo al análisis multivariante MANOVA, cuyo resultado es:

Tabla 88. Análisis MANOVA hipótesis específica 4.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
10 % de tereftalato de polietileno 10 % de porcelanato triturado	v'm	33.939	1	33.939	146.942	0
15 % de tereftalato de polietileno y 15 % de porcelanato triturado	v'm	18.41	1	18.41	118.063	0
20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado	v'm	4.559	1	4.559	8.462	0.044

**a) Conclusión estadística:**

Según los resultados en laboratorio y la comparación entre la variable independiente y las variables dependientes de acuerdo al nivel de significancia, el 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado inciden positivamente en la resistencia a compresión diagonal de los ladrillos artesanales; por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

**b) Conclusión técnica:**

De acuerdo a los análisis en laboratorio se concluye que la adición del 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en ladrillos artesanales se encuentran dentro de lo establecido por la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Propiedades físicas de ladrillos artesanales adicionando 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato**

##### **5.1.1. Alabeo**

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo, conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas, según Bartolomé,(2005).

Al adicionar 10 %, de tereftalato de polietileno y 10 %, de porcelanato triturado en la fabricación de ladrillo, se pudo observar que la propiedad física de alabeo, obtuvo como resultado 1.1 mm en alabeo; Lo que no se obtuvo el mismo resultado, cuando se incorporó 15 %, de tereftalato de polietileno y 15 %, de porcelanato triturado, dicho porcentaje añadido obtuvo como resultado 1.3 mm en alabeo. En la fabricación de ladrillos con 20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado, se pudo observar que dicha propiedad física de alabeo, dio como resultado 1.5 mm en alabeo. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Echevarría en su tesis: “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado” el cual presenta tres tipos de ladrillo con PET, siendo el 6

% con mayor alabeo: de 2.06 mm clasificando como ladrillo tipo IV. En la presente tesis se obtuvo 1.5 mm, siendo el mayor alabeo.

Cabe mencionar que el ensayo de alabeo realizado a la unidad de ladrillo artesanal hecho con tierra natural, arena fina y de más insumos, en la ladrillera de Palian, obtuvo 2.20 mm de alabeo. Este ladrillo clasifica como tipo IV, según la E.070.

### **5.1.2. Variación dimensional**

La variación dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente reglamentado, que es de 1.0 a 1.5 cm, según E.070.

De los ensayos realizados, al añadir 10 %, de tereftalato de polietileno y 10 %, de porcelanato triturado, en la fabricación de ladrillos, se pudo observar que la propiedad física de variación dimensional, obtuvo un resultado de -0.5 % de variación en altura. En cuanto, al ladrillo que contiene 15 %, de tereftalato de polietileno y 15 %, de porcelanato triturado, dio como resultado 0.25 % de variación en altura. Del mismo modo al incorporar 20 %, de PET reciclado y 20 %, de porcelanato triturado en la fabricación de ladrillos, nos dio como resultado 0.25 % de variación en longitud. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Risco en su tesis: "Propiedades físico-mecánico de ladrillos fabricados con residuos de plásticos y material agregado, Chiclayo", siendo la mayor variación en altura con 1.11 %, en el porcentaje de 7 % de PET añadido, en comparación con el -0.5 % de variación dimensión obtenido por el ladrillo de 10 % de PET-porcelanato.

Cabe mencionar que el ensayo de variación dimensional realizado a la unidad de ladrillo artesanal hecho con tierra natural y de más insumos, en la ladrillera de Palian, tiene -5 % de variación dimensional en ancho, este resultado lo clasifica como ladrillo tipo II, según la norma E.070.

### 5.1.3. Densidad

La norma NTP 399.601,(2015), recomienda que la unidad de albañilería de peso normal debe tener una densidad de 2000 kg/m<sup>3</sup> o más. Según Bartolomé, (2005), manifiesta que la densidad está relacionada directamente con la resistencia a compresión.

De la adición de 10 %, de tereftalato de polietileno y 10 %, de porcelanato triturado, para la fabricación de ladrillos, se pudo observar que la unidad de albañilería alcanzo una densidad de 1909.14 kg/m<sup>3</sup>. Pero cuando se incorporó 15 %, de tereftalato de polietileno y 15 %, de porcelanato triturado, la unidad de albañilería alcanzo una densidad de 1878.67 kg/m<sup>3</sup>; resultado que va disminuyendo al añadir 20 % de tereftalato de polietileno y 20 %, de porcelanato triturado, el cual dio como resultado unidades de albañilería con densidad de 1867.05 kg/m<sup>3</sup>.

Según la recomendación de la NTP 399.601,(2015), la unidad de albañilería (ladrillo) debe contar con una densidad de 2000 kg/cm<sup>3</sup> como mínimo.

Cabe mencionar que el ladrillo artesanal hecho con tierra natural y de más insumos, de la ladrillera de Palian, cuenta con una densidad de 1521.92 kg/m<sup>3</sup>, muy inferior a lo recomendado por la NTP 399.601,(2015).

### 5.1.4. Absorción

La norma E.070 manifiesta: las unidades de arcilla y silicio calcáreas no será mayor de 22 % de absorción. El bloque de concreto y ladrillo de concreto, no serán mayor del 12 % de absorción.

Los ladrillos fabricados con la adición de 10 %, de tereftalato de polietileno y 10 %, de porcelanato triturado, manifestaron un resultado de 9.59 % en absorción. En cambio, los ladrillos hechos con el 15 %, de tereftalato de polietileno y 15 %, de porcelanato

triturado, dieron como resultado 9.53 % en absorción. Pero cuando se añadió 20 %, de tereftalato de polietileno y 20 %, de porcelanato triturado, se obtuvo el resultado de 9.24 % en absorción. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Risco en su tesis: "Propiedades físico-mecánico de ladrillos fabricados con residuos de plásticos y material agregado, Chiclayo", obtuvo la mayor absorción de 10.92 % que le corresponde al 3 % de PET añadido, siendo mucho mayor a la absorción de 9.59 % correspondiente al 10 % de PET-porcelanato añadido, en la presente tesis.

Cabe mencionar que el ladrillo artesanal hecho con tierra natural y de más insumos, de la ladrillera de Palian, cuenta con 23.53 % en absorción. lo cual se encuentra desfasado con los parámetros de la norma E.070.

#### **5.1.5. Succión**

Cuando la succión es muy alta el mortero pierde agua siendo absorbida por la unidad de albañilería, esta se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad teniendo un resultado de adhesión pobre, dejando uniones de baja resistencia, según Gallegos y Casabonne,(2005).

Las unidades de albañilería (ladrillo) hechos con la adición de 10 %, de tereftalato de polietileno y 10 %, de porcelanato triturado, dio como resultado una succión de 12.07 gr/200cm<sup>2</sup>/min. En cambio, los ladrillos hechos con el 15 %, de tereftalato de polietileno y 15 %, de porcelanato triturado, dio como resultado, succión de 12.66 gr/200cm<sup>2</sup>/min. Pero cuando se añadió 20 %, de tereftalato de polietileno y 20 %, de porcelanato triturado, se obtuvo el resultado de 13.39 gr/200cm<sup>2</sup>/min, en succión. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Echevarría en su tesis: "Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado" el cual presenta tres tipos de ladrillo con PET, siendo el 9 % de PET añadido, el que con mayor succión

presento: de 18.92 gr/200cm<sup>2</sup>/min. En la presente tesis se obtuvo 13.25 gr/200cm<sup>2</sup>/min, siendo el mayor en succión.

Cabe mencionar que el ladrillo artesanal hecho con tierra natural y de más insumos, de la ladrillera de Palian, cuenta con 23.68 gr/200cm<sup>2</sup>/min en succión.

## **5.2. Resistencia a compresión de ladrillos artesanales con la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado**

La resistencia a la compresión es por si sola la principal propiedad de albañilería. Los valores altos de resistencia a compresión señalan buena calidad para fines estructurales y de exposición. Los valores bajos son muestras de unidades que producirán poca resistencia y poco durable. Lamentablemente esta propiedad de durabilidad es difícil de medir adecuadamente, según Gallegos y Casabonne,(2005).

Cuando se realizó el ensayo de resistencia a compresión ( $f'b$ ), a los ladrillos con la adición de 10 %, de tereftalato de polietileno y 10 %, de porcelanato triturado, se pudo observar que la propiedad mecánica, resistencia a compresión  $f'b$ , dio como resultado 94.66 kg/cm<sup>2</sup>. Mientras que los ladrillos con 15 %, de tereftalato de polietileno y 15 %, de porcelanato triturado, obtuvo la resistencia a compresión ( $f'b$ ) de 81.84 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, esta resistencia disminuye al agregar 20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado, cuyo resultado dio 52.93 kg/cm<sup>2</sup>. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Echevarría en su tesis: "Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado" en el cual la mejor resistencia a compresión lo obtuvo el ladrillo con 3 % de PET añadido, el cual fue 127.08 kg/cm<sup>2</sup>, resultado mayor al 94.66 kg/cm<sup>2</sup> que le pertenece al ladrillo con 10 % de PET-porcelanato, de la presente tesis.

Cabe mencionar que el ladrillo artesanal hecho con tierra natural, arena fina y de más insumos, de la ladrillera de Palian, cuenta con una resistencia a compresión de 43.10 kg/cm<sup>2</sup>.

### **5.3. Resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado**

Cabe destacar que las pilas fallan principalmente por tracción debido a la compresión aplicada (grieta vertical); esto se debe a que el mortero trata de expandirse lateralmente en mayor proporción que la unidad y puesto que debe existir compatibilidad de deformación entre ambos elementos, según Gallegos y Casabonne,(2005).

El ensayo realizado de compresión axial en pilas ( $f'm$ ), con la adición de 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado, manifestó una resistencia ( $f'm$ ) de 72.26 kg/cm<sup>2</sup>. Con el mismo procedimiento se realizó el ensayo a compresión ( $f'm$ ), con adición de 15 % de tereftalato de polietileno y 15 % de porcelanato triturado, lo cual dio como resultado una resistencia ( $f'm$ ) de 62.59 kg/cm<sup>2</sup>. Para el ensayo realizado con 20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado, se obtuvo una resistencia ( $f'm$ ) de 56.38 kg/cm<sup>2</sup>.

Cabe mencionar al momento de realizar el ensayo de resistencia a compresión axial en pilas ( $f'm$ ), en ladrillos artesanales, se obtuvo una resistencia ( $f'm$ ), de 31.27 kg/cm<sup>2</sup>.

### **5.4. Resistencia a compresión diagonal con adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado**

El ensayo para determinar la resistencia diagonal es probablemente, de corte a compresión diagonal. seguramente por la similitud de la forma de falla de muros de edificios ante acciones sísmicas, muchos investigadores lo han considerado como un ensayo representativo ideal, según Gallegos y Casabonne,(2005).

Los ladrillos, hechos con adición de 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato triturado, dio como resultado 8.74 kg/cm<sup>2</sup>, de resistencia a compresión diagonal ( $v'm$ ). La resistencia diagonal en muretes ( $v'm$ ), hechos en unidades de albañilería (ladrillo), con la adición de 15 % de de tereftalato de polietileno reciclado y 15 % de porcelanato triturado,

dio como resultado la resistencia ( $v'm$ ) de  $7.69 \text{ kg/cm}^2$ . Lo que dicha resistencia diagonal en muretes ( $v'm$ ), va disminuyendo al incorporar 20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato triturado, obteniendo una resistencia ( $v'm$ ) de  $5.28 \text{ kg/cm}^2$ . Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Echevarría en su tesis: "Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado". El ( $v'm$ ) de mayor resistencia lo obtuvo el ladrillo con 3 % de Pet añadido, lo cual fue de  $12.83 \text{ kg/cm}^2$ , siendo mayor al  $8.74 \text{ kg/cm}^2$  que pertenece al 10 % de PET-porcelanato de la presente tesis.

Cabe mencionar que también se realizó el ensayo a compresión diagonal en muretes en ladrillos artesanales, lo cual obtuvo una resistencia de  $3.98 \text{ kg/cm}^2$ , este tipo de ladrillo común no cuenta con una clasificación dentro de la norma E.070.

## CONCLUSIONES

1. De la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería, la adición tereftalato de polietileno y porcelanato influye positivamente en los ladrillos artesanales, además cumple con lo establecido en la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
2. La adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato, influye positivamente en las propiedades físicas de ladrillos PET-porcelanato; siendo el ladrillo con 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato, el que obtuvo las mejores propiedades de alabeo, variación dimensional, absorción, densidad; las cuales se encuentran dentro de los parámetros de la norma E.070. Cabe mencionar, que el ladrillo artesanal común se clasifica como tipo II, mientras que los tres ladrillos con los respectivos porcentajes de PET-porcelanato se clasifican como ladrillo tipo V.
3. Adicionar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato influye positivamente en la resistencia a compresión ( $f'b$ ) de ladrillos PET-porcelanato. Se pudo constatar que los tres ladrillos con los porcentajes mencionados mejoran la resistencia a compresión ( $f'b$ ), en comparación con el ladrillo artesanal. los ladrillos con el 10 % y 15 % de PET-porcelanato, fueron quienes presentaron mejores propiedades ( $f'b$ ), clasificando, como ladrillo tipo III. Mientras el ladrillo con 20 % de PET-porcelanato clasifican como tipo I. Así mismo se ensayó el ladrillo artesanal, lo cual no clasifica a ningún tipo de ladrillo. Estas unidades de albañilería fueron reglamentadas por la norma E.070.
4. Incorporar el 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato inciden positivamente en la resistencia a compresión diagonal en pilas  $f'm$ , en comparación con las pilas hechos con ladrillo artesanales, los ladrillos con 10 % y 15 % de PET-porcelanato se clasifican como ladrillo tipo IV, mientras

que el ladrillo con 20 % de PET-porcelanato, se clasifica como ladrillo tipo III. El ladrillo artesanal convencional no cuenta con clasificación.

5. La incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato influye positivamente en la resistencia a compresión diagonal en muretes v´m, en comparación con los muretes hechos con ladrillo artesanales convencionales. En este sentido los ladrillos con 10 % de PET-porcelanato clasifican como ladrillo tipo IV y el ladrillo con el 15 % de PET-porcelanato clasifican como ladrillo tipo III, así mismo el ladrillo con 20 % de PET-porcelanato se clasifica como ladrillo tipo I. Los cuales estos especímenes cuentan con clasificación respectiva dentro de la norma E.070. Con respecto al ladrillo artesanal convencional que no cuentan con clasificación.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar ladrillos con el 10 % de tereftalato de polietileno y 10 % de porcelanato para la construcción de muros portantes y muros donde se requieran durabilidad.
2. Se recomienda usar ladrillos con el 15 % de tereftalato de polietileno y 15 % de porcelanato en muros portantes con moderada carga o en la construcción de viviendas con hasta 3 pisos.
3. Se recomienda que los ladrillos artesanales con el 20 % de tereftalato de polietileno y 20 % de porcelanato, se puede emplear en el diseño de muros portantes de zonas con baja sismicidad, debido a su moderada resistencia a compresión, axial y resistencia a compresión diagonal. También es dable resaltar que, se pueden usar en cercos perimétricos, parapetos y muros divisores.
4. Se recomienda usar los ladrillos artesanales con el 10 %,15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y 10 %,15 % y 20 % de porcelanato cuando el acceso al agua sea restringido, pues estos ladrillos han demostrado una baja absorción del agua.
5. Se recomienda no usar ladrillos artesanales hechos de arcilla para la zona sísmica 4,3 y 2.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angumba, P. (2016). Ladrillos elaborados con plásticos reciclado (PET), para mampostería no portante.
- Arquiñigo, W. (2011). *Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de huanuco.*
- Bartolomé, A. (2005). *Edificación E . 070 Albañilería Informe Final* (p. 147). p. 147.
- Bove-ag. (2017). *Plásticos y elastómeros.*
- Caballero, B., & Florez, O. (2016). *Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietilen-tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción.*
- Ccanto, G. (2010). *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil.* Lima - Perú: Gerccantom.
- Echevarría, E. (2017). Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado.
- Estrucplan. (2000). Reciclado de envases PET. Retrieved from <https://estrucplan.com.ar/articulos/reciclado-de-envases-pet/>
- Flores, N. (2018). *Influencia de la dosificación en las características físico - mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados 2018.*
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *GALLEGOS Y CASSABONE - Albañilería Estructural.pdf.*
- González Laría, J., Kreiker, J., Gaggino, R., Peisino, L. E., & Argüello, R. (2016). Desechos industriales RPP como material de adición en morteros para la fabricación de ladrillos de plástico PET. *VII CONGRESO INTERNACIONAL 21a REUNIÓN TÉCNICA DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN.*
- HARO, E. C. Q. (2017). *Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de nuevo Chimbote, Áncash.*
- Hernández, B. (2010). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: Plástico y llantas.*
- Leyva, M. (2011). El reciclaje de PET.
- MVCS. (2010). *Reglamento Nacional de Edificaciones* (Tercera; Empresa Editora Macro E.I.R.L., Ed.). Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- NTP 399.601. (2015). *Unidades de.*
- NTP 399.604. (2015). *Unidades de albañilería métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.*

- NTP, 399.605. (2013). *Unidades de albañilería métodos de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.*
- NTP 399.613. (2017). *Unidades de albañilería métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.*
- NTP 399.621. (2015). *Unidades de albañilería métodos de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería* (p. 10). p. 10.
- NTP 400.037. (2015). *PERUANA AGREGADOS . Especificaciones normalizadas para.*
- Peralta, F. (2002). *Ensayos a la unidad de albañilería* (p. 56). p. 56.
- Pérez, J., & Merino, M. (2013). Porcelanato. Retrieved from <https://definicion.de/porcelanato/>
- Risco, P. (2018). *Propiedades físico mecánico de ladrillos fabricados con residuos plásticos y material agregado, Chiclayo.* cesar vallejo.
- Saez, E. (2016). Panorama mundial de la construcción. Retrieved from <http://www.construccion-pa.com/noticias/panorama-mundial-la-construccion/>
- Vargas, L. (2015). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del mortero tradicional y el mortero no convencional en muretes de albañilería* (p. 10). p. 10. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

## **ANEXOS**

## **Anexo 1: matriz de consistencia**

### Matriz de consistencia

#### Título de la investigación: “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es el resultado de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿Cómo influye la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en las propiedades físicas de ladrillos artesanales? b) ¿Cuál es la influencia de la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales? c) ¿De qué forma incide la incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales? d) ¿En qué medida influye incorporar el 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería adicionando tereftalato de polietileno y porcelanato.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> a) Determinar la influencia de la adición del 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en las propiedades físicas de ladrillos artesanales. b) Estimar la influencia de la adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales. c) Establecer la incidencia de la incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales. d) Determinar cómo influye incorporar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales.</p>	<p><b>Hipótesis:</b> De la evaluación las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales en muros de albañilería, la adición de tereftalato de polietileno y porcelanato influyen positivamente, además cumple con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> a) Adicionar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye positivamente en las propiedades físicas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. b) La adición de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye de manera positiva en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. c) La incorporación de 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado manifiesta favorable incidencia en la resistencia a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. d) Incorporar 10 %, 15 % y 20 % de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado influye positivamente en la resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillos artesanales, además de cumplir con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</p>	<p><b>Variable independiente (X):</b> Tereftalato de polietileno y porcelanato.</p> <p><b>Variable dependiente (Y):</b> Propiedades físicas y mecánicas para ladrillos.</p>	<p>- Peso de PET reciclado y peso de porcelanato triturado</p> <p>- Alabeo. - Variación dimensional - Densidad. - Absorción. - Succión. - Resistencia a compresión. - Resistencia a compresión axial. - Resistencia a compresión diagonal.</p>	<p>- Peso de PET - Peso de porcelanato</p> <p>- Altura de alabeo. - Variación porcentual de longitud del ladrillo. - Peso - Volumen - Porcentaje de absorción del agua. - Porcentaje de succión del agua. - Fuerza - Sección transversal de ladrillo. - Sección transversal de pila. - Sección transversal de murete.</p>	<p><b>Método de investigación:</b> Científico.</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Explicativo-correlacional.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Experimental.</p> <p><b>Población:</b> La población correspondió a un total de 238 unidades de albañilería.</p> <p><b>Población:</b> La población esta conformado por 500 unidades de ladrillos artesanales</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra esta conformado por 56 unidades de acuerdo a la norma E.070.</p>

## **Anexo 2: cálculo de alabeo**

Se determinó el alabeo de 5 unidades de ladrillo artesanal, ladrillos de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. El alabeo promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 89. Calculo de alabeo en ladrillos artesanal.

Alabeo ladrillo artesanal						
Espécimen	Cara superior mm		Cara inferior mm		Alabeo (mm)	Tipo
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo		
L.A. - 1	0	0.0	0	2	2.0	IV
L.A. - 2	0	2.5	0	0	2.5	IV
L.A. - 3	0	0.0	0	2	2.0	IV
L.A. - 4	0	2.5	0	0	2.5	IV
L.A. - 5	0	0.0	0	2	2.0	IV
promedio					2.20	IV

### **Anexo 3: cálculo de variación dimensional**

Se determinó la variación dimensional de 5 unidades de ladrillo artesanal de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. La variación dimensional promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 90. Calculo: variación dimensional en ladrillos artesanal.

Espécimen	Variación dimensional ladrillo artesanal												Tipo
	Longitud(mm)				Altura(mm)				Ancho(mm)				
	L1	L2	Lp	% VD	H1	H2	Hp	% VD	A1	A2	Ap	% VD	
L.A. - 1	238.00	240.00	239.00	0.42 %	82.00	81.00	81.50	1.88 %	126.00	128.00	127.00	-5.83 %	II
L.A. - 2	245.00	244.00	244.50	1.88 %	78.00	83.00	80.50	0.63 %	125.00	127.00	126.00	-5.00 %	II
L.A. - 3	242.00	239.00	240.50	0.21 %	83.00	81.00	82.00	2.50 %	125.00	125.00	125.00	-4.17 %	II
L.A. - 4	243.00	240.00	241.50	0.63 %	80.00	83.00	81.50	1.88 %	125.00	126.00	125.50	-4.58 %	II
L.A. - 5	240.00	243.00	241.50	0.63 %	82.00	82.00	82.00	2.50 %	127.00	126.00	126.50	-5.42 %	II
Promedio			241.40	0.75%			81.50	1.88 %			126.00	5.00 %	II

## **Anexo 4: cálculo de la densidad**

Se determinó la densidad de 5 unidades de ladrillo artesanal de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. La densidad promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 91. Calculo de densidad en ladrillos artesanal.

Densidad Ladrillo artesanal				
Espécimen	Peso en Kg			Densidad kg/m <sup>3</sup>
	24h inm	seco	sumergido	
L.C. - 1	3.93	3.20	1.84	1531.10
L.C. - 2	3.94	3.22	1.83	1526.07
L.C. - 3	4.14	3.40	1.94	1545.45
L.C. - 4	4.06	3.24	1.91	1506.98
L.C. - 5	4.10	3.27	1.92	1500.00
	promedio			1521.92

## **Anexo 5: cálculo de absorción**

Se determinó la absorción de 5 unidades de ladrillo artesanal de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. La absorción promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 92. Calculo de absorción en ladrillos artesanales.

Espécimen	Absorción Ladrillo artesanal		Absorción
	Peso en Kg		
	24h inm	seco	
L.A. - 1	3.93	3.20	22.81 %
L.A. - 2	3.94	3.22	22.36 %
L.A. - 3	4.14	3.40	21.76 %
L.A. - 4	4.06	3.24	25.31 %
L.A. - 5	4.10	3.27	25.38 %
Promedio			23.53 %

## **Anexo 6 : cálculo de succión**

Se determinó la succión de 5 unidades de ladrillo artesanal de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. La succión promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 93. Calculo de absorción en ladrillos artesanales

Espécimen	Peso en gr		Área cm <sup>2</sup>	Succión gr/200/min
	succión	seco		
L.A. - 1	3242	3200.00	303.53	27.67
L.A. - 2	3245	3220.00	308.07	16.23
L.A. - 3	3433	3400.00	300.63	21.95
L.A. - 4	3275	3240.00	303.08	23.10
L.A. - 5	3315	3270.00	305.50	29.46
promedio				23.68

Se muestra la succión de 5 diferentes ladrillos artesanales, lo cual se obtuvo un promedio de 23.68 gr/200cm<sup>2</sup>/min.

## **Anexo 7: cálculo detallado de resistencia a compresión $f'_b$**

Se determinó la resistencia a compresión de 5 unidades de ladrillo artesanal de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. La resistencia a compresión promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 94. Calculo: resistencia a compresión f'b ladrillo artesanal.

f'b Ladrillo artesanal						
Espécimen	Largo cm Lp	Ancho cm Ap	Area cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'b kg/cm <sup>2</sup>	Tipo
L.A. - 1	23.70	12.40	293.88	15815.55	53.82	
L.A. - 2	23.75	12.50	296.88	14092.25	47.47	
L.A. - 3	23.60	12.50	295.00	12848.22	43.55	
Promedio					48.28	II
Desviación estándar					5.18	
f'b					43.10	
Coeficiente de variación %					10.73 %	

**Anexo 8: cálculo detallado resistencia a compresión axial en  
pilas f'm**

Se determinó la resistencia a compresión axial en pilas de 5 unidades de ladrillo artesanal de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. La resistencia a compresión axial en pilas promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 95. Calculo detallado de resistencia a compresión axial en pilas f'm en ladrillos artesanal

Resistencia compresión axial en pilas f'm Ladrillo artesanal						
Espécimen	Area cm <sup>2</sup>	Pu kg	f'm kg/cm <sup>2</sup>	E=Hp/Ap	CC	f'm corregido
L.A. - 1	293.88	9156.91	31.16	2.17	0.756	30.40
L.A. - 2	296.88	12246.60	41.25	2.12	0.752	40.50
L.A. - 3	295.00	13072.55	44.31	2.16	0.756	43.56
Promedio						38.15
Desviación estándar						6.88
f'm						31.27
Coeficiente de variación %						18.04 %

**Anexo 9: cálculo detallado de la resistencia a compresión  
diagonal en muretes v'm**

Se determinó la resistencia a compresión diagonal en muretes de 5 unidades de ladrillo artesanal de la ladrillera Palian, lo cual se realizó los ensayos a cada espécimen. La resistencia a compresión diagonal en muretes, promedio para el ladrillo artesanal es:

Tabla 96. Calculo detallado de resistencia a compresión diagonal en muretes v'm en ladrillos artesanales

Resistencia a compresión diagonal en muretes v'm Ladrillo artesanal				
Espécimen	Pu kg	D (cm)	Area cm <sup>2</sup>	v'm kg/cm <sup>2</sup>
L.A. - 1	4082.37	83.76	1038.58	3.93
L.A. - 2	5196.60	84.16	1068.85	4.86
L.A. - 3	4838.88	84.22	1052.79	4.60
Promedio				4.46
Desviación estándar				0.48
v'm				3.98
Coefficiente de variación %				10.75 %

**Anexo 10: cálculo detallado de los agregados y sus  
características**

### **Características físicas del agregado fino clase C**

En la Tabla 97 se observa el resumen de las características físicas del agregado fino clase C de la cantera roca fuente. Para la realización de la presente investigación se ha considerado muestra de 10 kg, los cuales cumplen con los requisitos estipulados en la NTP 400.037, (2015).

Tabla 97. Características físicas del agregado fino clase C.

Agregado fino : clase C	Unidad
Porcentaje de humedad	2.01 %
Porcentaje de absorción	1.41 %
Peso unitario suelto	1465.09 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1544.55 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	2.62 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de fineza	3.01

### **Características físicas del agregado fino clase M**

En la Tabla 98 se observa el resumen de las características físicas del agregado fino clase M de la cantera roca fuente. Para la realización de la presente investigación se ha considerado muestra de 10 kg, los cuales cumplen con los requisitos estipulados en la NTP 400.037, (2015).

Tabla 98. Características físicas del agregado fino clase M.

Agregado fino : clase M	Unidad
Porcentaje de humedad	3.06 %
Porcentaje de absorción	1.32 %
Peso unitario suelto	1572.68 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1691.81 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	2.62 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de fineza	4.12

**Anexo 11: características físicas del PET (tereftalato de polietileno) y porcelanato**

### **Características físicas del tereftalato de polietileno**

En la Tabla 99 se presenta el resumen de las características físicas del PET, características que fueron obtenidas en el laboratorio.

Tabla 99. Características físicas del PET reciclado.

PET(tereftalato de polietileno)	Unidad
Peso unitario suelto	314.30 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	379.87 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	1.33 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de fineza	5.32

### **Características físicas del porcelanato**

En la Tabla 100 se presenta el resumen de las características físicas del porcelanato triturado artesanalmente, con una previa tamizada por la malla número 3/8.

Tabla 100. Características físicas del porcelanato triturado.

Porcelanato	Unidad
Porcentaje de humedad	0.20 %
Porcentaje de absorción	1.48 %
Peso unitario suelto	1239.78 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1376.69 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	2.25 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de fineza	4.29

## **Anexo 12: peso de los ladrillos y porcentaje de vacíos**

## Peso

En la Tabla 101 se registró los pesos naturales por cada porcentaje de PET y porcelanato añadido para cada ladrillo, los pesos promedios de cada porcentaje de ladrillo son los siguientes:

Tabla 101. Peso para cada ladrillo de PET– porcelanato.

Peso de ladrillo PET reciclado- porcelanato triturado				
Tipo de ladrillo PET-porcelanato	10 %	15 %	20 %	L. artesanal
Peso promedio gr	3252.00	3112.00	2894.00	3312.00
Desviación estándar	8.367	13.038	13.416	84.083
Peso gr	3243.63	3098.96	2880.58	3227.92
coeficiente de variación	0.26%	0.42%	0.46%	2.54%

## Porcentaje de vacíos

Se obtuvo el porcentaje de vacíos de 5 unidades por cada porcentaje de PET -porcelanato, los porcentajes de vacíos promedio por cada tipo son los siguientes:

Tabla 102. Porcentaje de vacíos por cada tipo de ladrillo PET-porcelanato.

% Vacíos	
Tipo de ladrillo	%
10 % PET-porcelanato	24.57 %
15 % PET-porcelanato	24.68 %
20 % PET-porcelanato	24.41 %
Ladrillo artesanal	6.71 %

De la Tabla 102, como se muestra las unidades de PET -porcelanato, clasifican como solidas o macizas pues no superan el 30 %,como lo especifica la norma E.070.

**Anexo 13: resistencia a compresión del mortero y resistencia a compresión del ladrillo patrón**

### Resistencia a compresión del mortero

Se determinó la resistencia a la compresión de 3 dosificaciones diferentes, optando por la dosificación de 1:3 tomando como referencia la norma E.070 lo cual manifiesta que las resistencias de los morteros deben ser igual o ligeramente mayores a las resistencias de las unidades de albañilería.

Tabla 103. Resultado del ensayo a compresión de los morteros.

Resistencia a compresión de las proporciones de mortero				
Proporción	Área bruta	Carga máxima	Carga máxima	Carga máxima
	cm	kN	kg	kg/cm <sup>2</sup>
1 : 2	25	54.10	5516.58	220.66
1 : 3	25	53.30	5435.00	217.40
1 : 4	25	32.00	3263.04	130.52

### Resistencia a compresión para el diseño de mezcla patrón

En la Tabla 104 se presentan los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a compresión de los ladrillos, de los ensayos obtenidos, la dosificación más adecuada fue 1:2:1, esta dosificación es la más óptima en cuanto a resistencia y pos durabilidad y una adecuada trabajabilidad así mismo se encuentra dentro de los parámetros de resistencia establecidos en la norma E070.

Tabla 104. Resultados de los ensayos a compresión para el diseño de mezcla patrón.

Resistencia a compresión para el diseño de mezcla patrón				
Proporción	Área bruta	Carga máxima	Carga máxima	Carga máxima
	cm	kN	kg	kg/cm <sup>2</sup>
1 : 1.5 : 1	288	395.70	40349.53	140.10
1 : 2 : 1	288	400.70	40859.38	141.87
1 : 3 : 1	288	186.70	19037.80	66.10
1 : 3 : 2	288	154.60	15764.56	54.74
1 : 5 : 2	288	60.00	6118.20	21.24

**Anexo 14: costo de los diferentes porcentajes añadidos en los  
ladrillos PET -porcelanato**

Uno de los aspectos determinantes fue el empleo de tereftalato de polietileno y porcelanato triturado. En los ladrillos PET-porcelanato, conocer el costo de su fabricación es sin duda importante dentro del análisis de costos; en ese sentido se ha realizado el análisis por cada porcentaje empleado, en una cantidad de millar cumpliendo con las normas peruanas y la E.070.

Tabla 105. Costo por millar para ladrillos 10 % de PET-porcelanato.

Costo por millar de ladrillo 10 % PET- 10 % porcelanato			
Materiales	Precio por und	Cantidad por millar	Precio s/.
Cemento Portland tipo I	0.32	579.85	321.99
Agregado fino clase M	0.11	1982.82	112.65
Agregado fino clase C	0.11	1034.35	112.65
PET reciclado	0.31	102.89	308.67
porcelanato triturado	0.17	174.37	174.37
precio total por millar			1030.34

La Tabla 105 muestra el cálculo del costo de ladrillos hechos con 10 % de PET y 10 % de porcelanato triturado, el cual asciende a un monto de S/ 1030.34 soles por millar.

Tabla 106. Costo por millar de los ladrillos 15 % de PET -porcelanato.

Costo por millar de ladrillo 15 % PET- 15 % porcelanato			
Materiales	Precio por und	Cantidad por millar	Precio s/.
Cemento Portland tipo I	0.31	558.26	310.00
Agregado fino clase M	0.11	1909.00	112.65
Agregado fino clase C	0.11	995.84	112.65
PET reciclado	0.45	148.57	445.72
porcelanato triturado	0.25	251.84	251.84
precio total por millar			1232.86

La Tabla 106 muestra el cálculo del costo de ladrillos hechos con 15 % de PET y 15 % de porcelanato triturado, el cual asciende a un costo de S/ 1232.86 soles por millar.

Tabla 107. Costo por millar de los ladrillos 20 % de PET-porcelanato.

Costo por millar de ladrillo 20 % PET- 20 % porcelanato			
Materiales	Precio por und	Cantidad por millar	Precio s/.
Cemento Portland tipo I	0.30	538.22	298.87
Agregado fino clase M	0.11	1840.48	112.65
Agregado fino clase C	0.11	960.09	112.65
PET reciclado	0.57	190.99	572.96
porcelanato triturado	0.32	323.71	323.71
precio total por millar			1420.85

La Tabla 107 muestra el cálculo del costo de ladrillos hechos con 20 % de PET y 20 % de porcelanato triturado, el cual asciende a un costo de S/ 1420.85 soles por millar.

Cabe resaltar que a mayor cantidad de PET-porcelanato aumenta el costo. Siendo el más rentable en cuestiones de costo y favorable en propiedades físicas y mecánicas, es el ladrillo de 10 % PET y 10 % porcelanato, lo cual es considerado como un ladrillo tipo III con un precio de S/ 1030.34 soles por millar.

**Anexo 15: certificado de los ensayos en laboratorio**



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

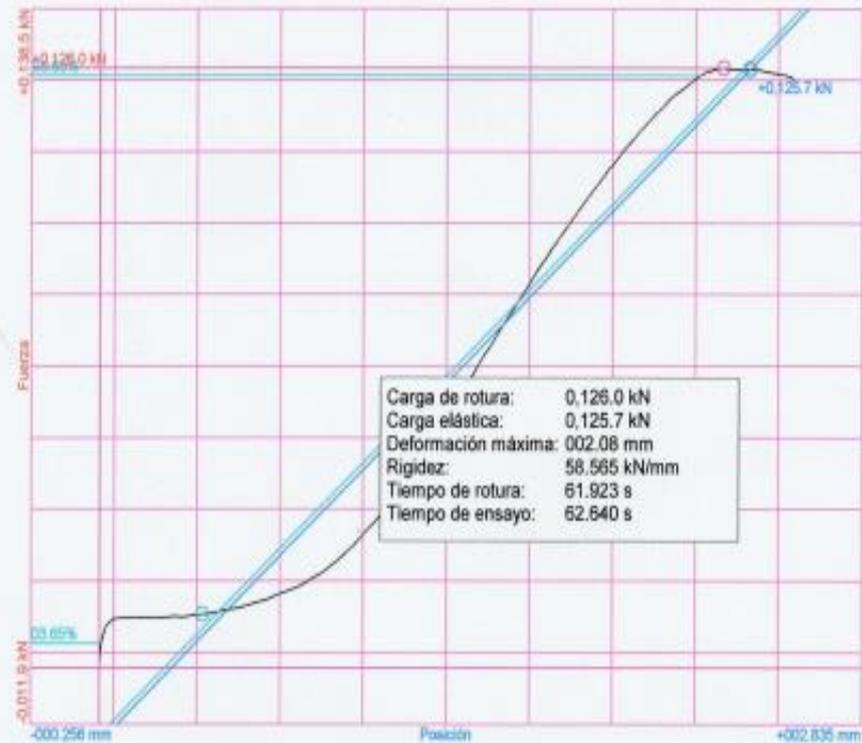
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - M - 3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - M - 3



*Handwritten signature*



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

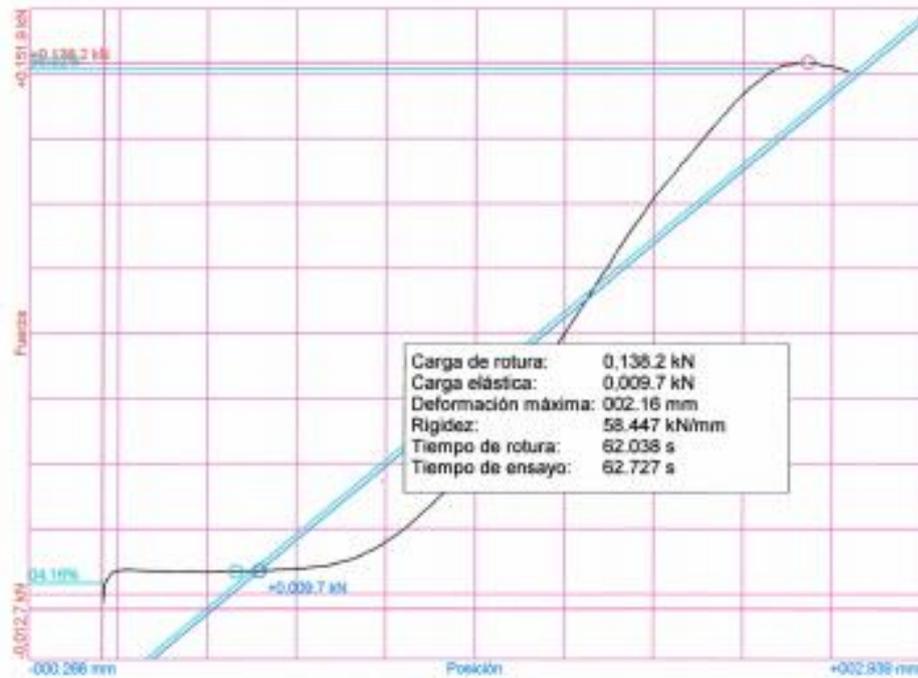
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F<sup>b</sup> - M - 2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F<sup>b</sup> - M - 2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

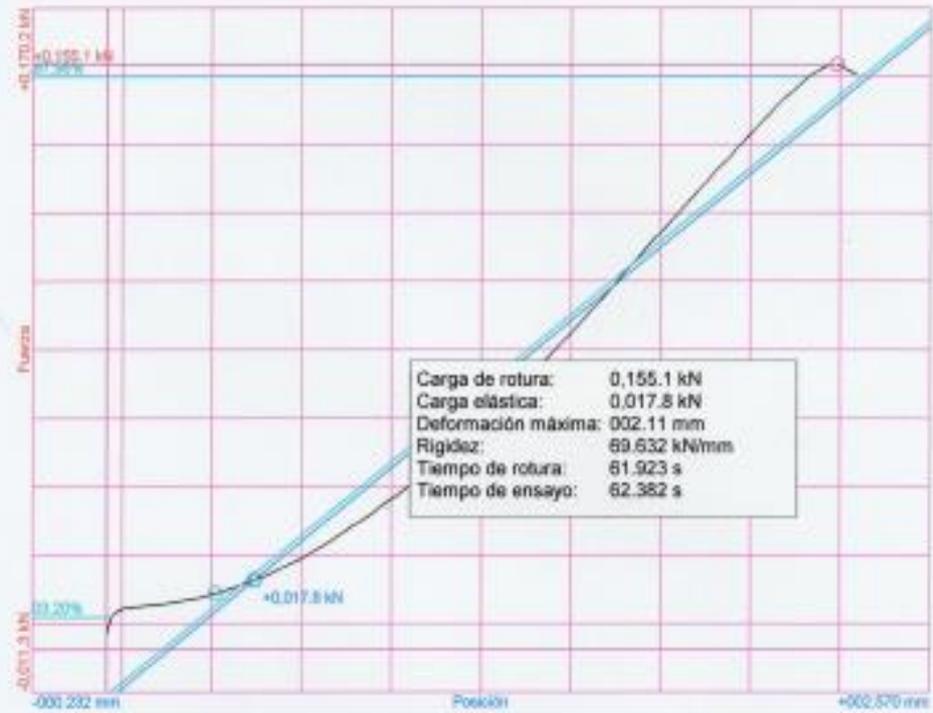
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - M - 1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - M - 1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

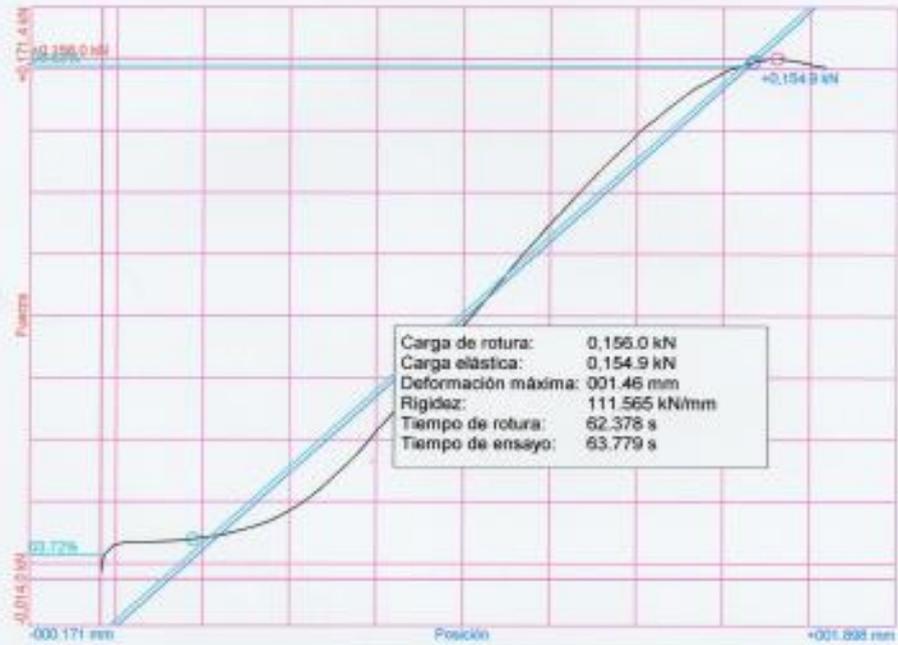
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 20% - 3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 20% - 3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

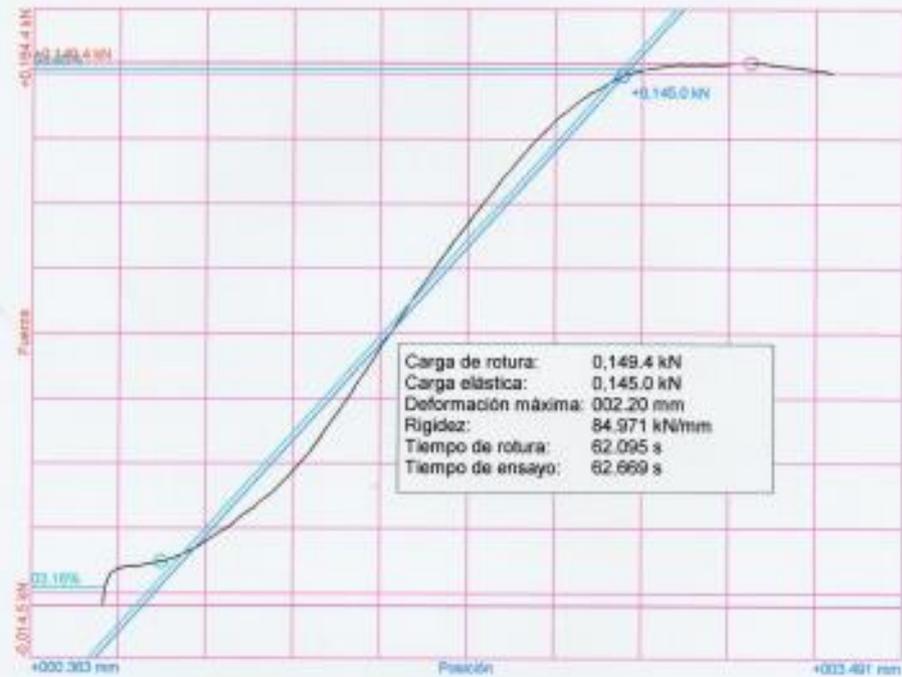
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 20% - 2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 20% - 2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

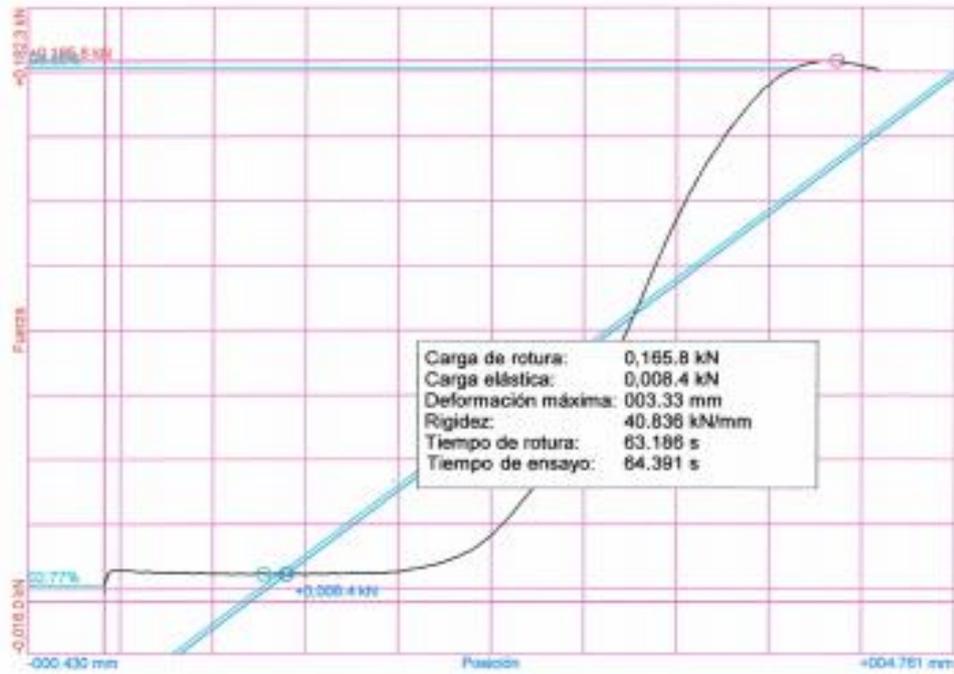
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 20% - 1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 20% - 1



*[Handwritten signature]*



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

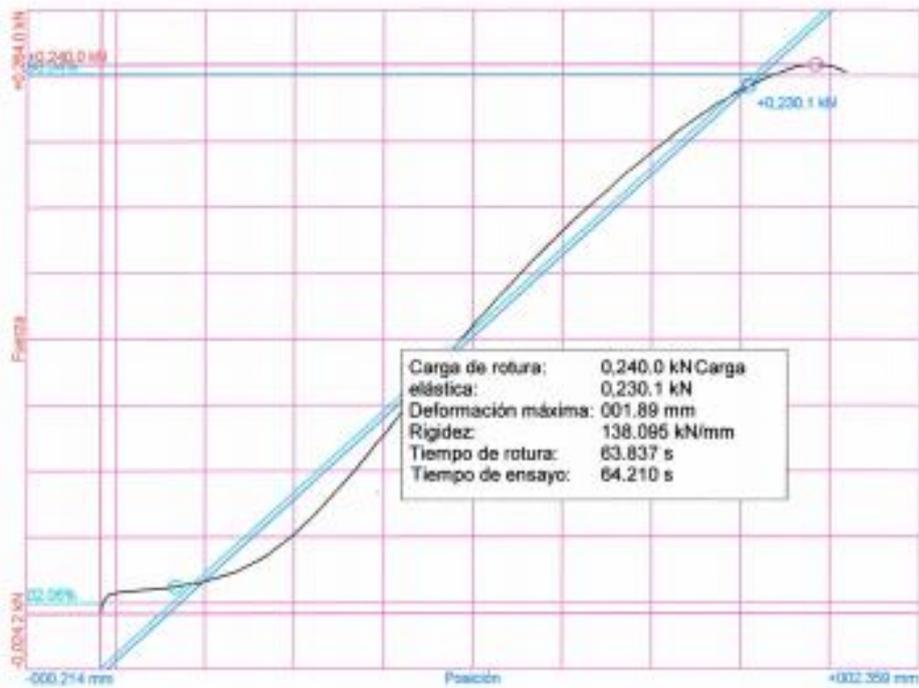
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 15% - 3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 15% - 3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

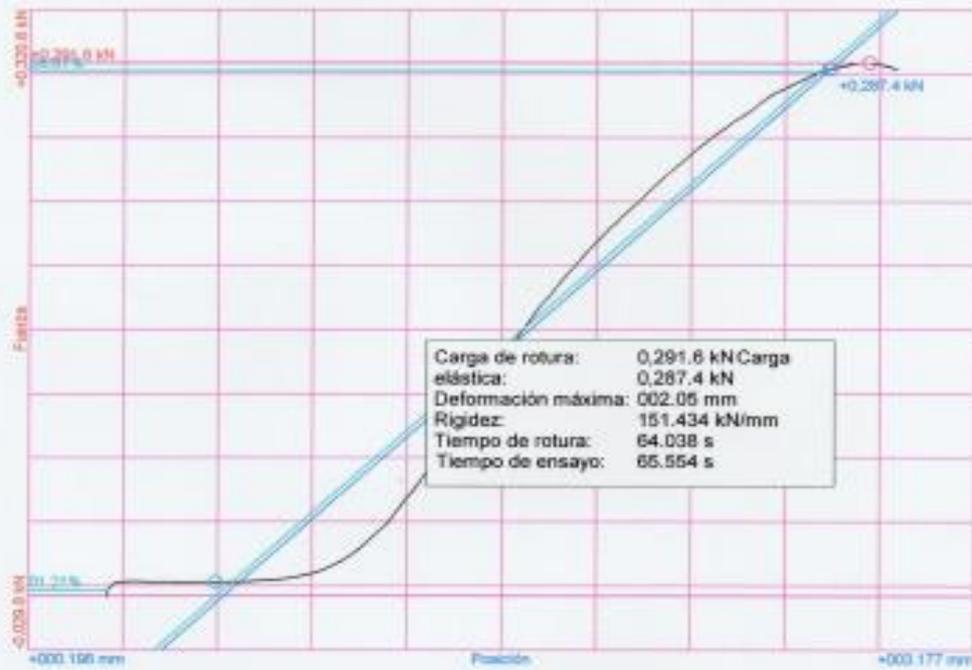
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 15% - 2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 15% - 2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

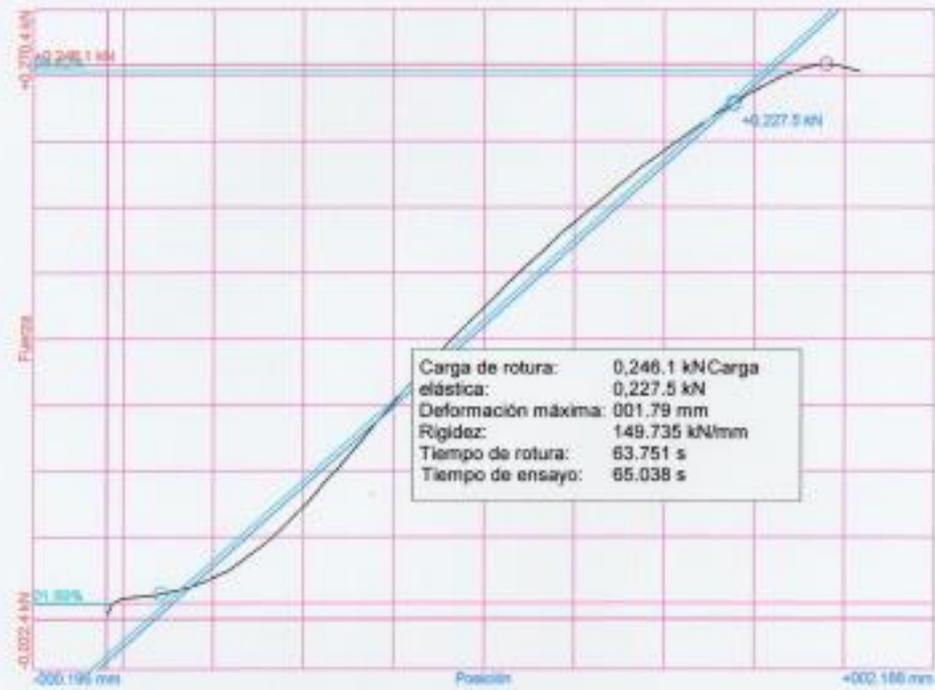
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 15% - 1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 15% - 1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

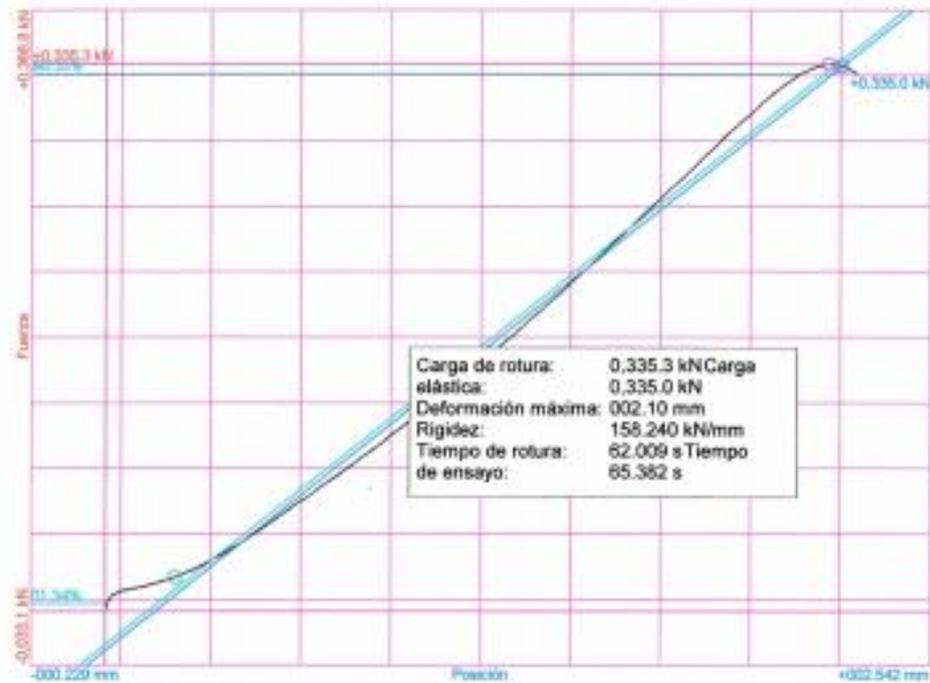
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 10% - 3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 10% - 3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

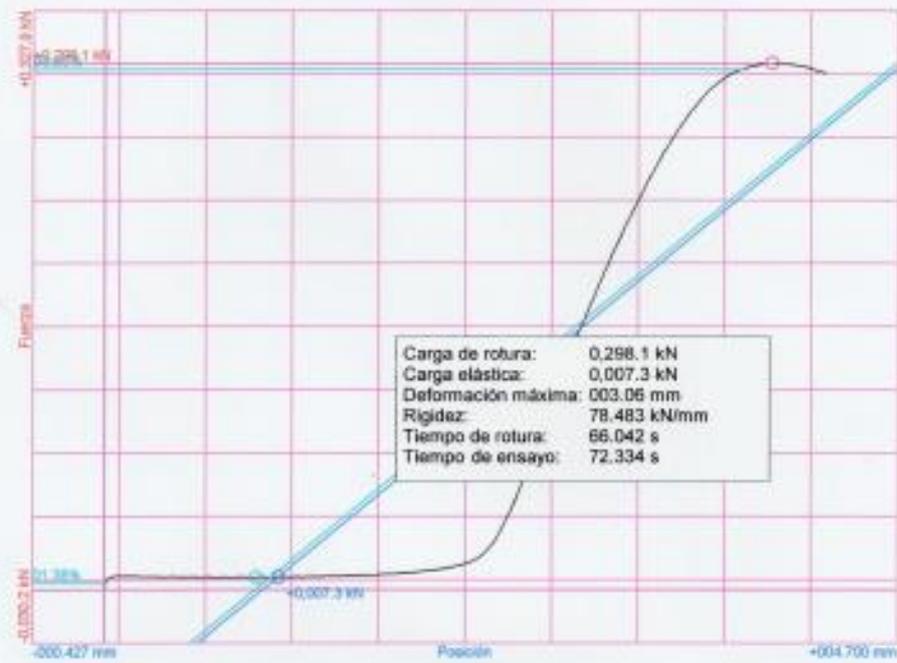
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 10% - 2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 10% - 2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: F'b - 10% - 1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: F'b - 10% - 1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

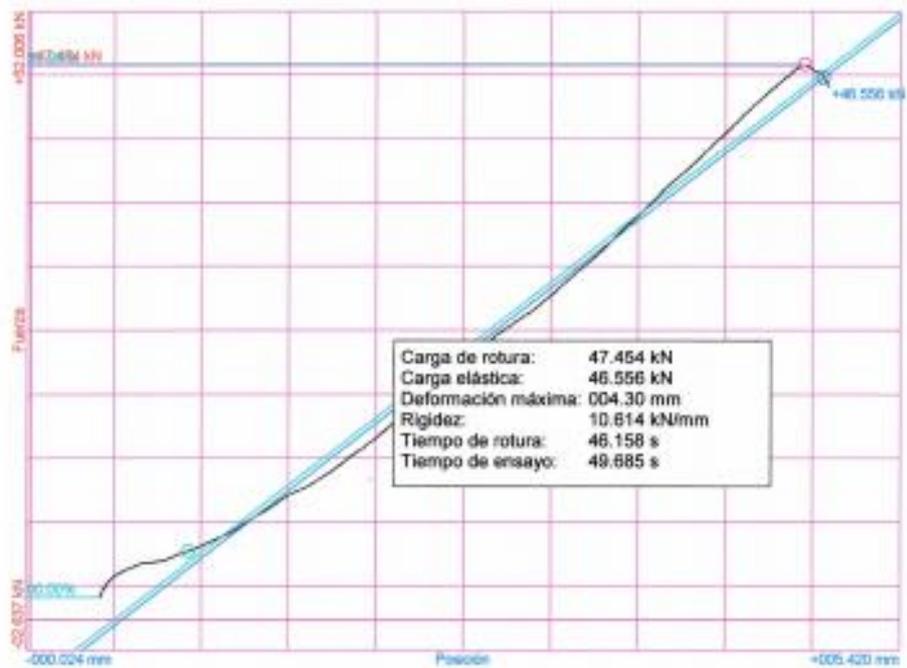
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: MURETE M-3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.99 % Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 050.00 mm

Nombre de archivo: MURETE M-3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

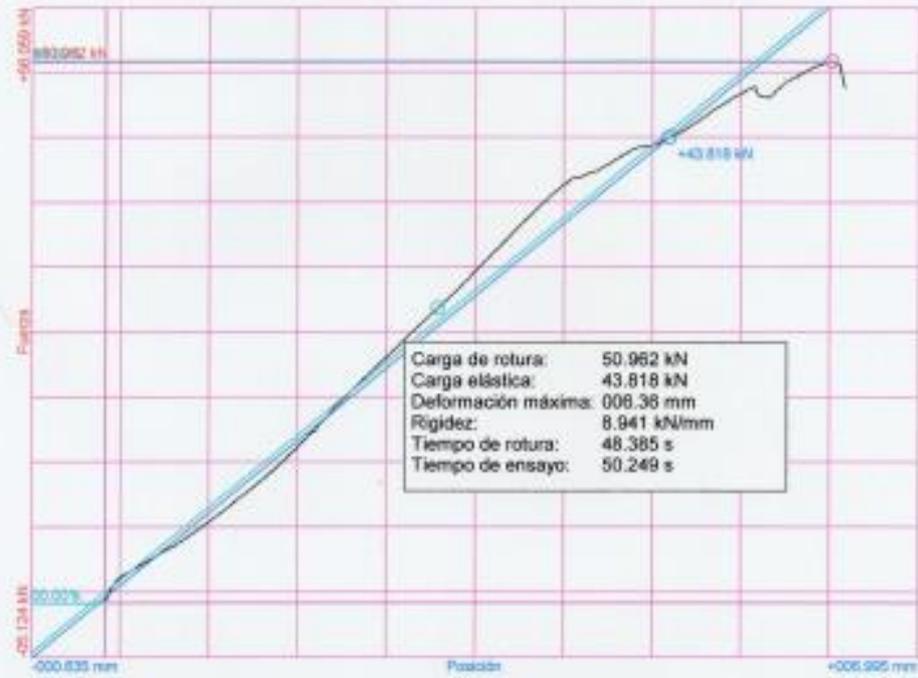
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: MURETE M-2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.99 %  
Límite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 050.00 mm

Nombre de archivo: MURETE M-2



## Informe de Ensayo de Tracción - Compresión [B]

Universidad Peruana Los Andes

### Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

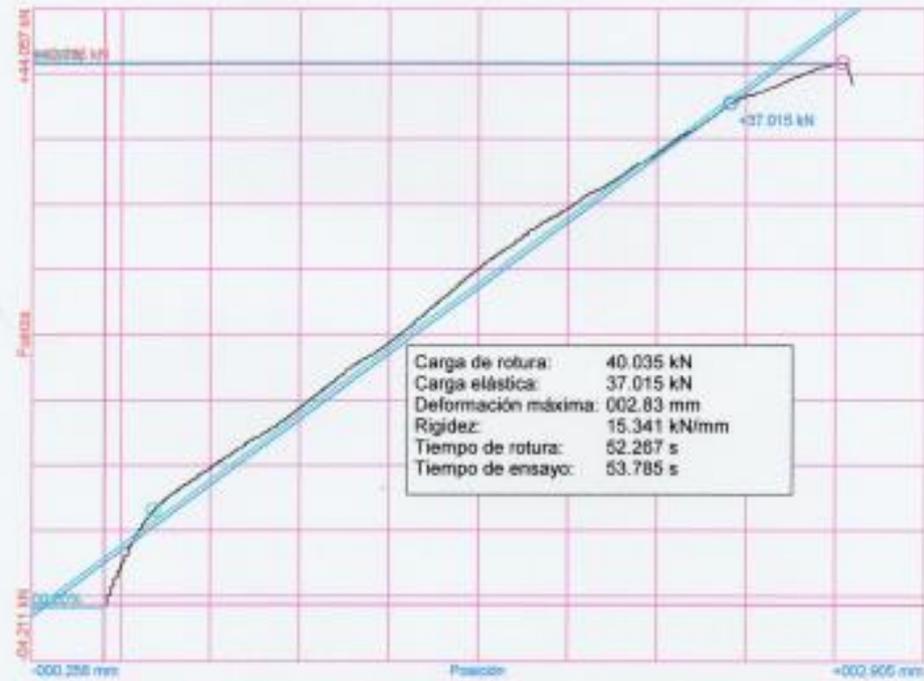
### Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MURETE M-1

### Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.90 %  
Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 400.00 mm

Nombre de archivo: MURETE M-1



# Informe de Ensayo de Tracción - Compresión [B]

Universidad Peruana Los Andes

## Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

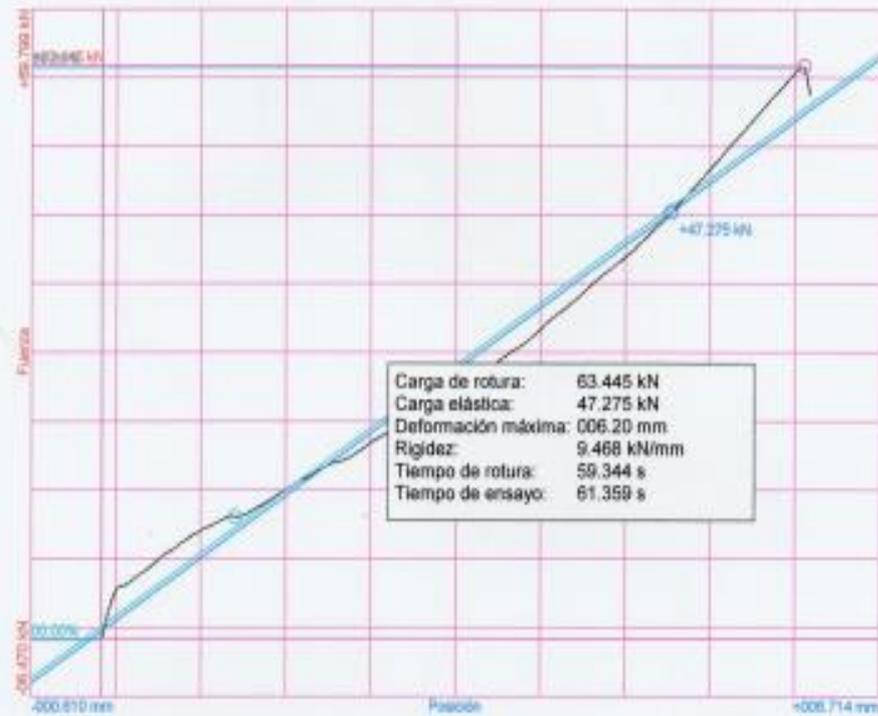
## Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MURETE 20%-3

## Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.90 %  
Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 400.00 mm

Nombre de archivo: MURETE 20%-3



# Informe de Ensayo de Tracción - Compresión [B]

Universidad Peruana Los Andes

## Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN    Posición: 400.000 mm    Auxiliar 1: 10.000 V    Auxiliar 2: 10.000 V

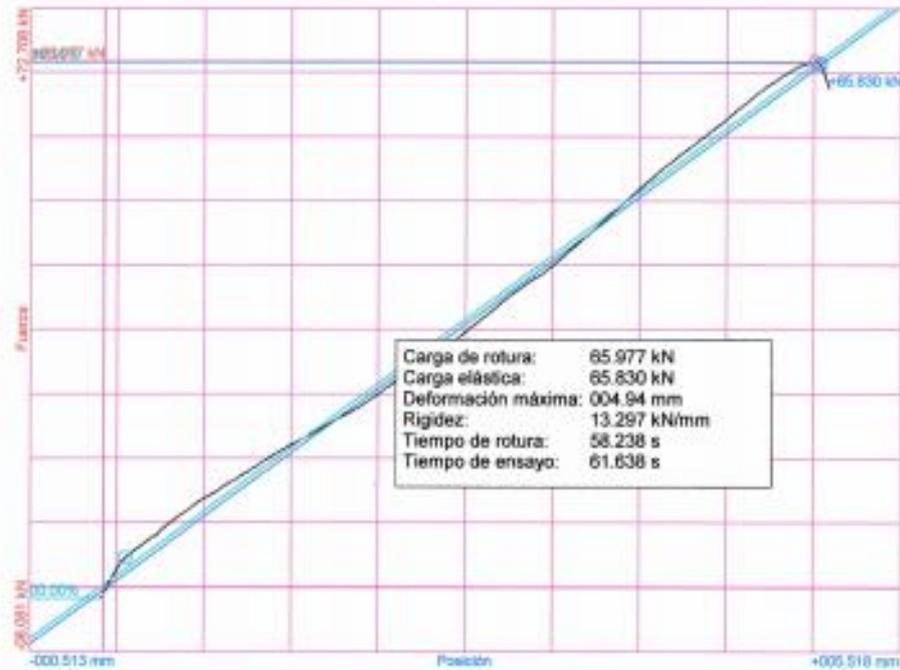
## Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MURETE 20%-2

## Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.90 %  
Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 400.00 mm

Nombre de archivo: MURETE 20%-2



# Informe de Ensayo de Tracción - Compresión [B]

Universidad Peruana Los Andes

## Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

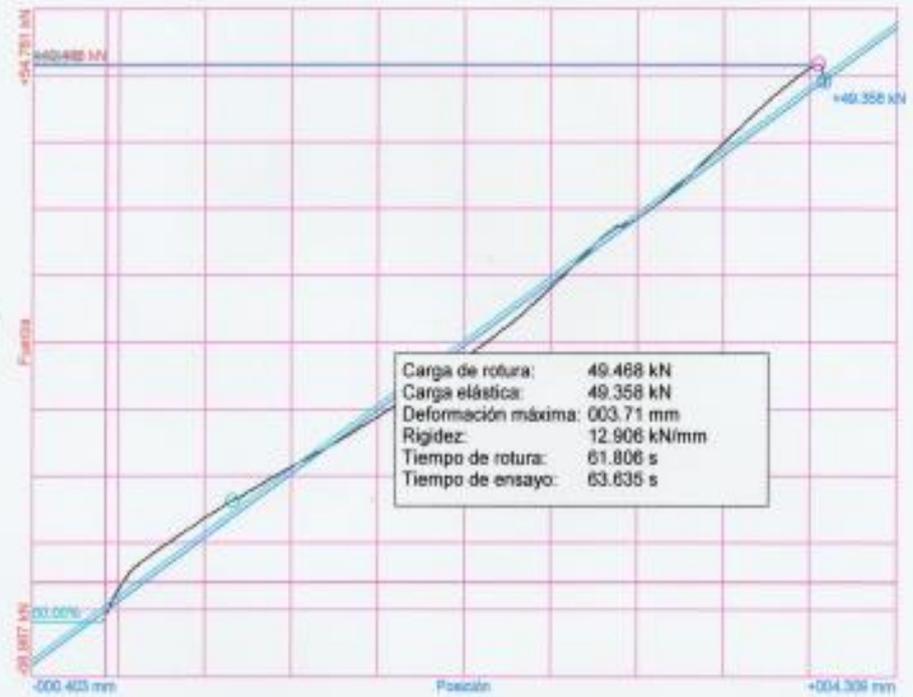
## Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MURETE 20%-1

## Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.90 % Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 400.00 mm

Nombre de archivo: MURETE 20%-1



**Informe de Ensayo de Tracción -  
Compresión [B]  
Universidad Peruana Los Andes**

**Fondos de escala de los canales analógicos:**

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

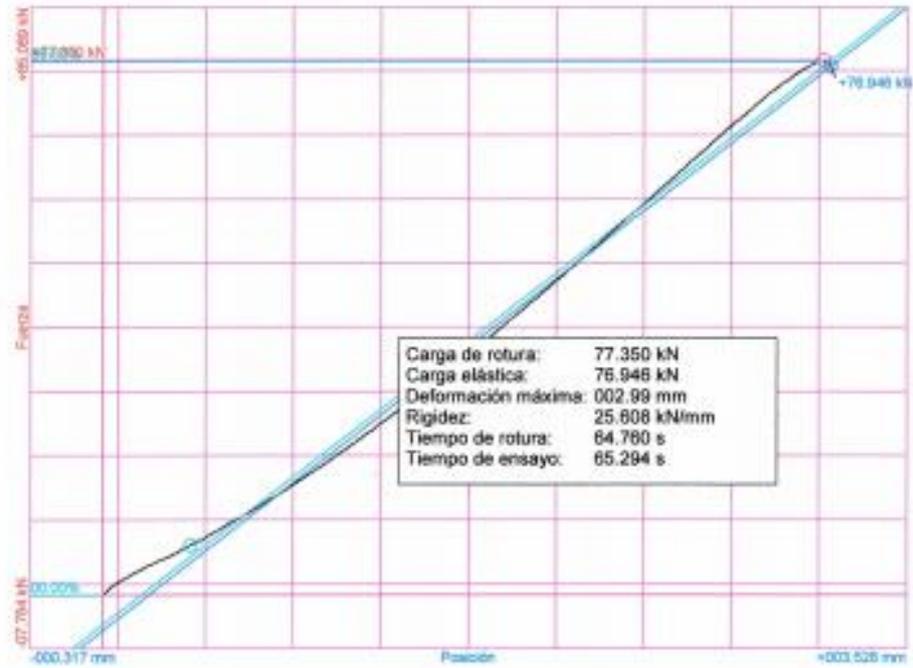
**Referencias:**

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MURETE 15%-3

**Parámetros:**

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.90 %  
Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Fuerza  
Destino relativo: 98.066 kN

Nombre de archivo: MURETE 15%-3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

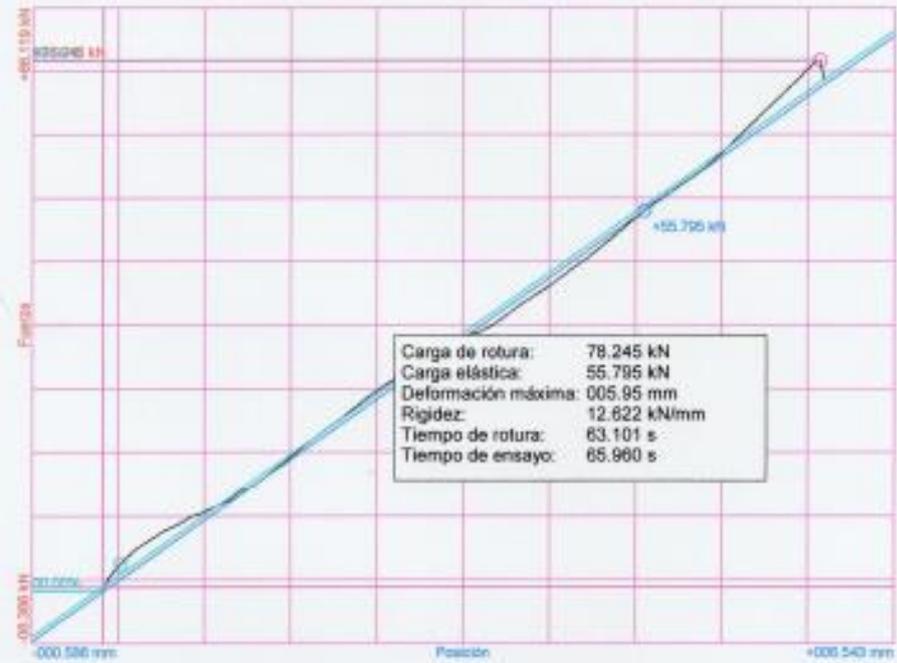
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: MURETE 15%-2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.99 %  
Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 050.00 mm

Nombre de archivo: MURETE 15%-2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

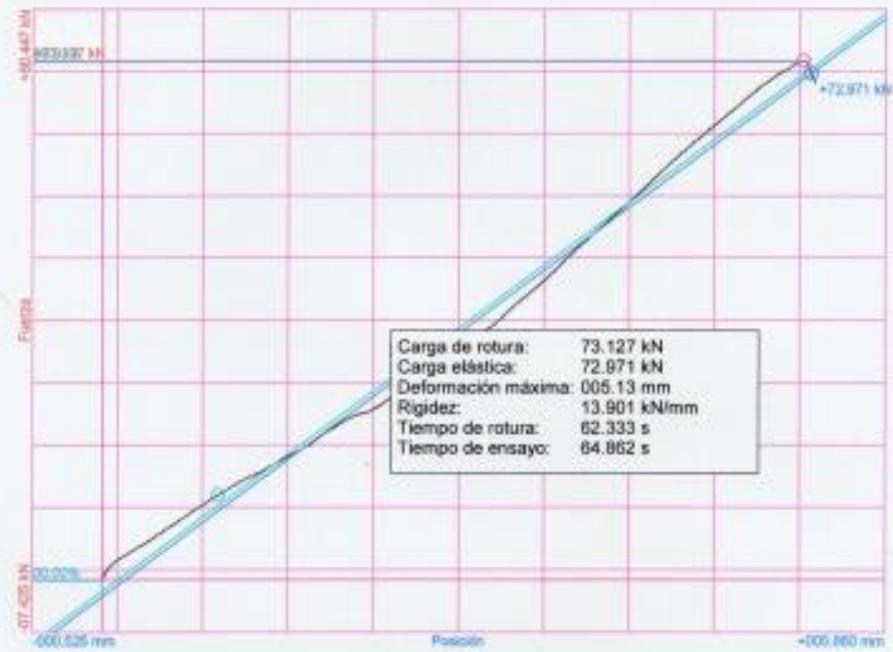
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: MURETE 15%-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.99 %  
Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 050.00 mm

Nombre de archivo: MURETE 15%-1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

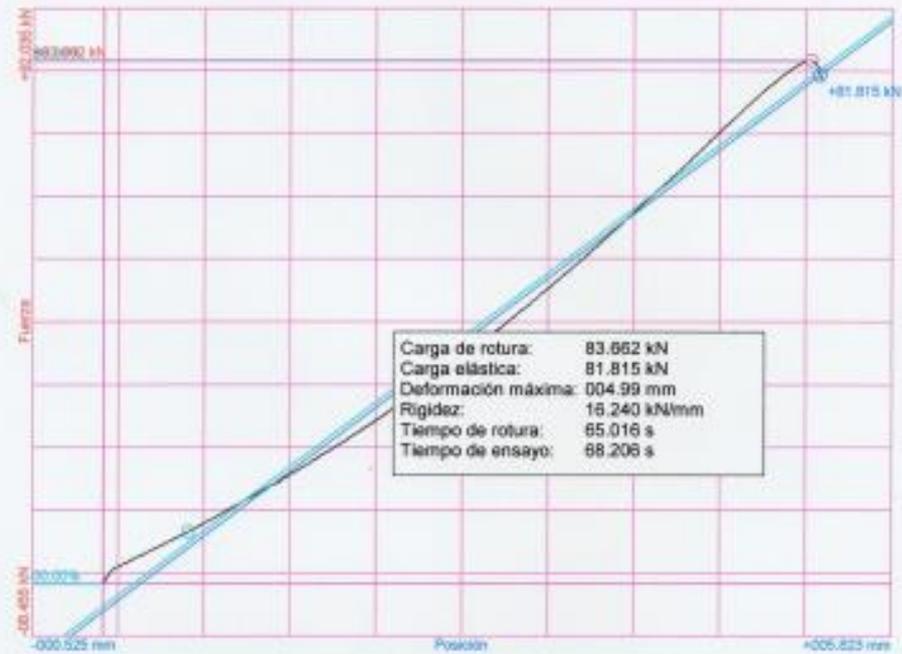
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MURETE 10%-3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.99 % Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 080.00 mm

Nombre de archivo: MURETE 10%-3



Informe de Ensayo de Tracción -  
Compresión [B]  
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

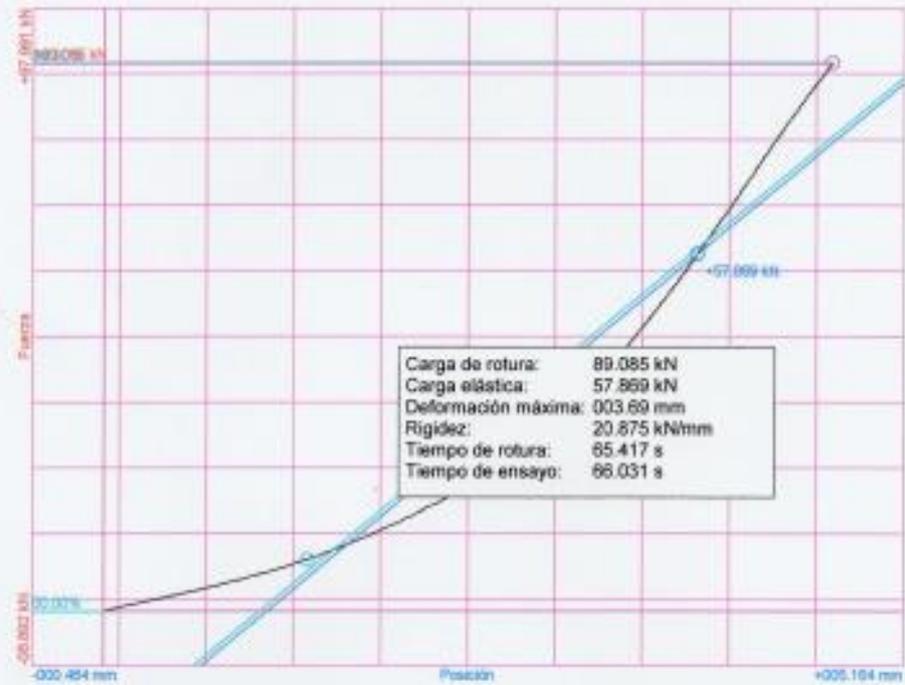
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MURETE 10%-2-0

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.90 % Límite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Fuerza Destino relativo: 98.086 kN

Nombre de archivo: MURETE 10%-2-0





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

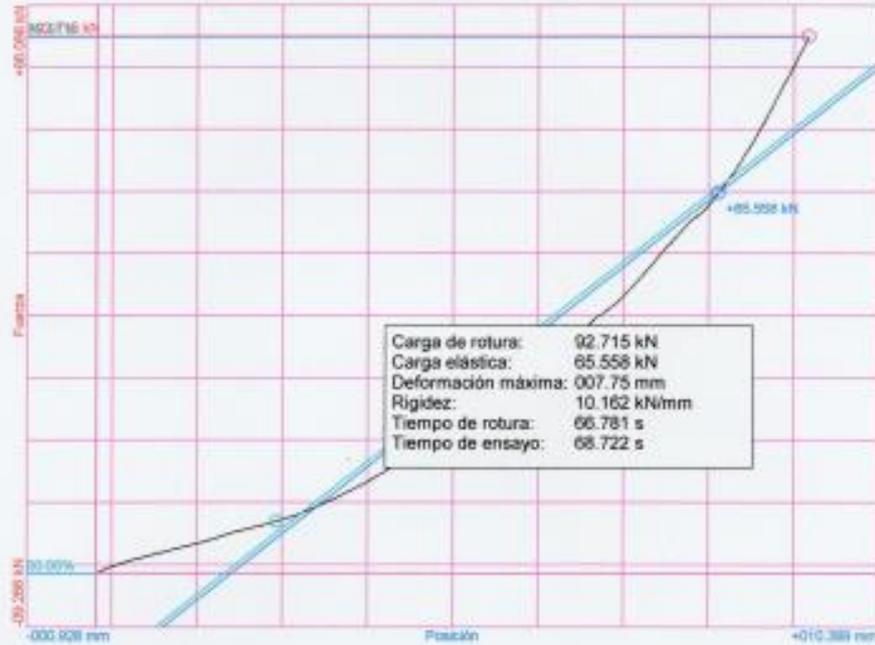
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: MURETE 10%-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.99 %  
Limite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 050.00 mm

Nombre de archivo: MURETE 10%-1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

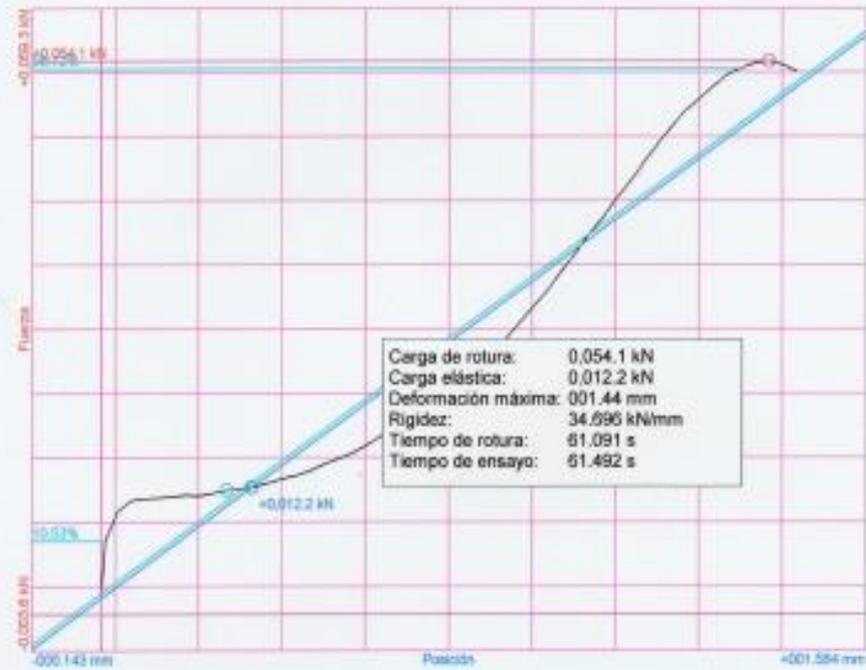
Referencias:

Fecha: 21/10/2018  
Probeta: MORTERO 1-2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: MORTERO 1-2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

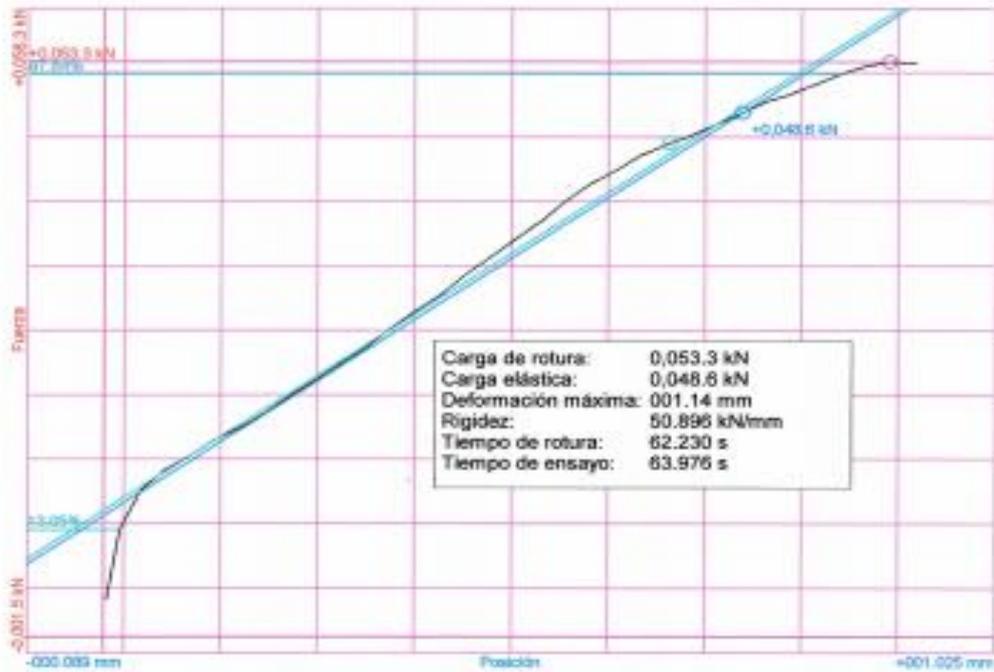
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MORTERO 1-3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: MORTERO 1-3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

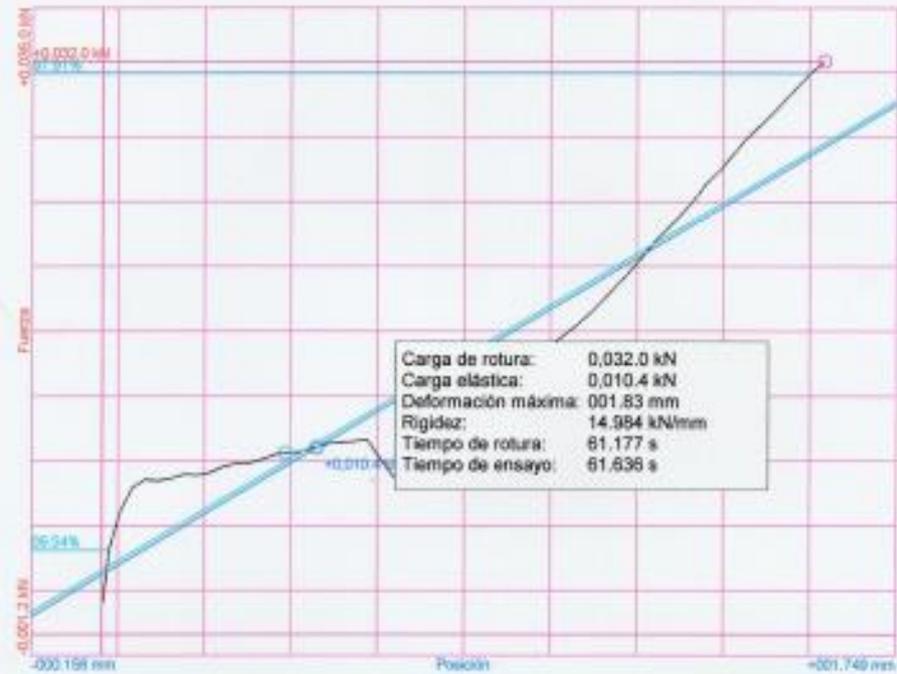
Referencias:

Fecha: 21/10/2019  
Probeta: MORTERO 1-4

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: MORTERO 1-4





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

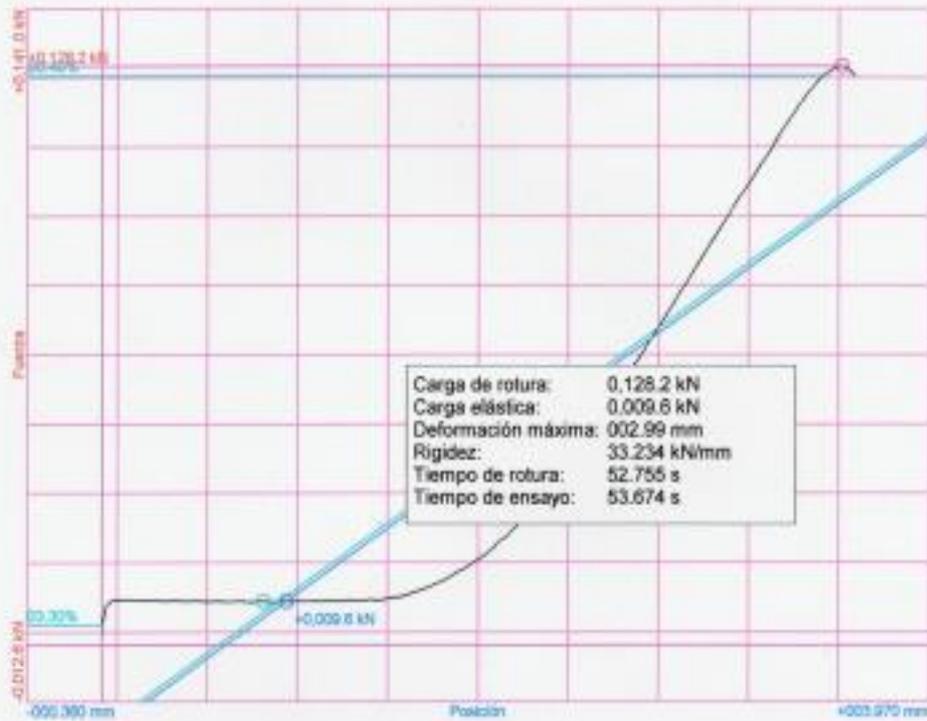
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: PILA M-3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA M-3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

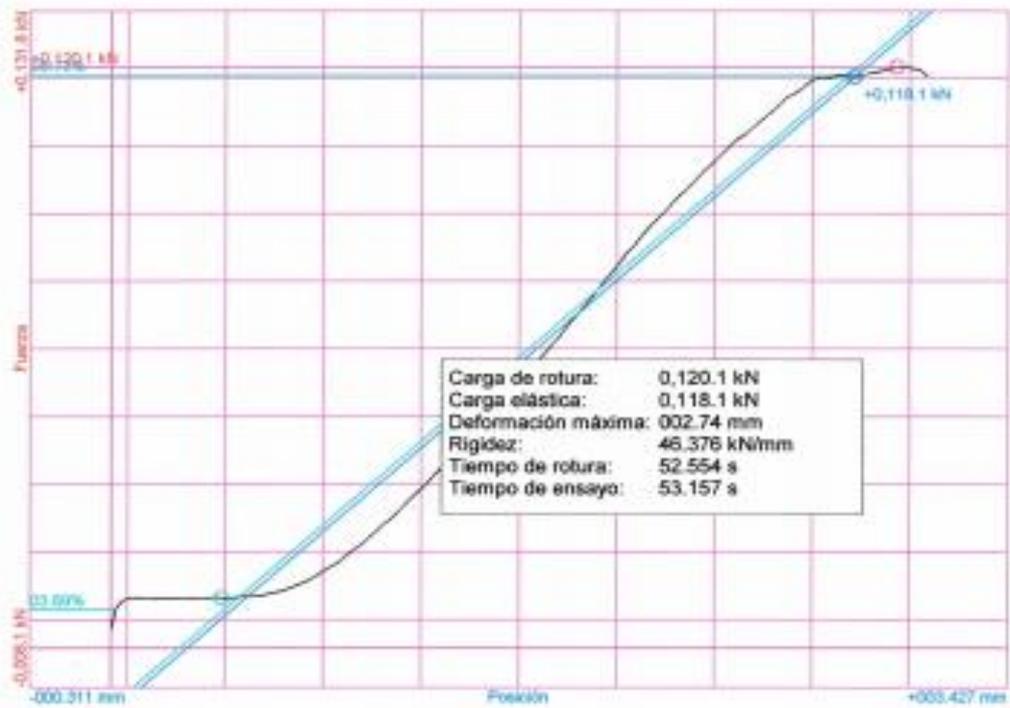
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: PILA M-2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA M-2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 8.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

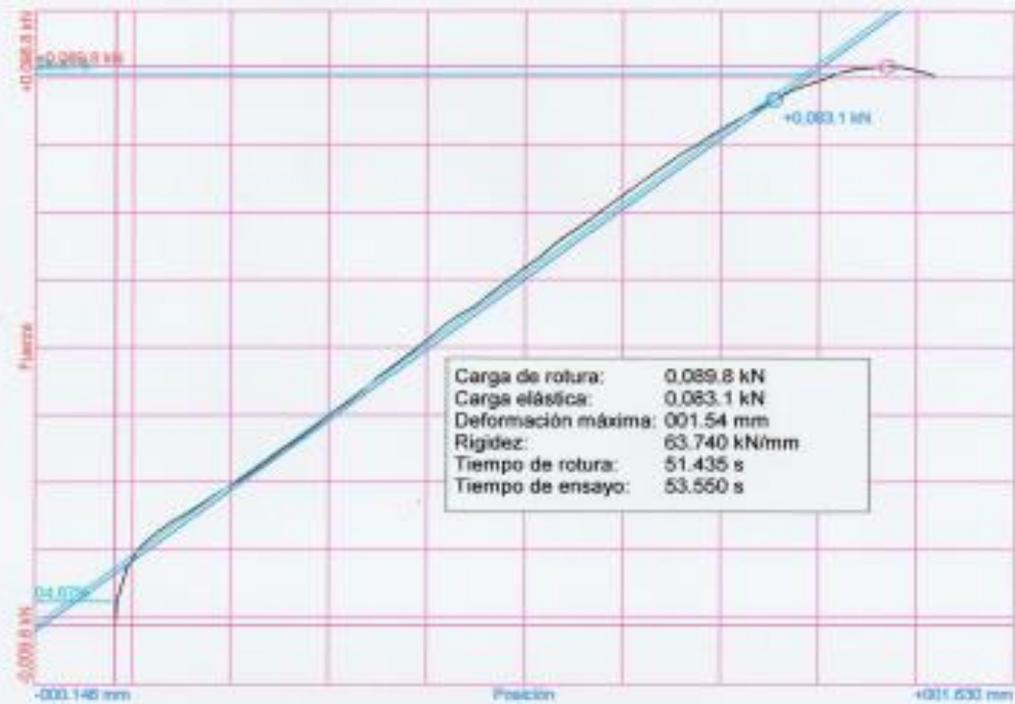
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: PILA M-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA M-1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

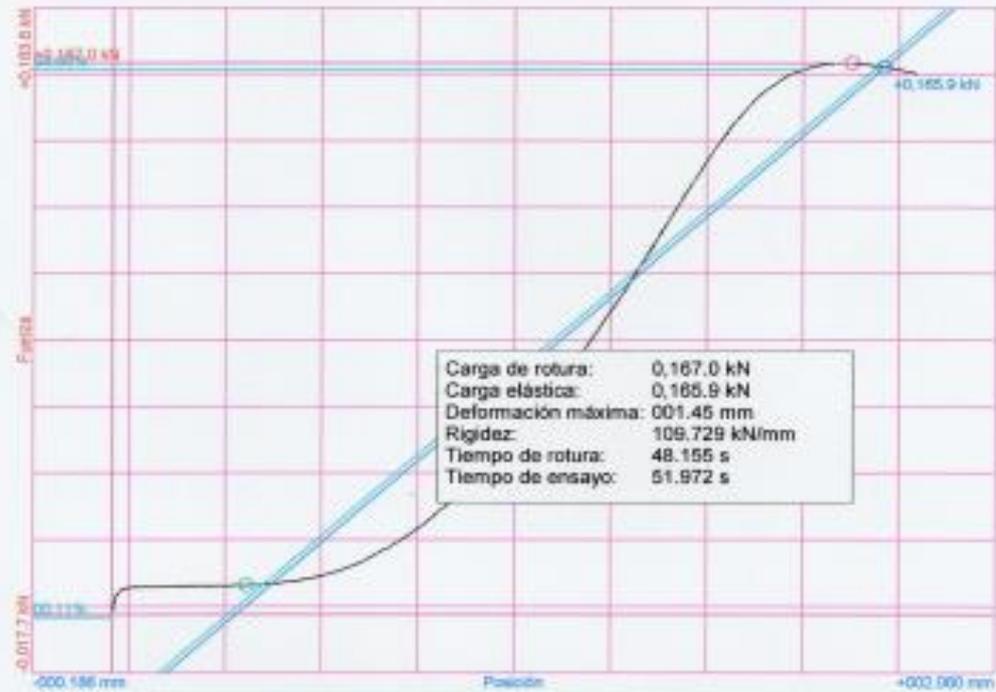
Referencias:

Fecha: 17/09/2019  
Probeta: PILA 20%-3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 20%-3



*[Handwritten signature]*



Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

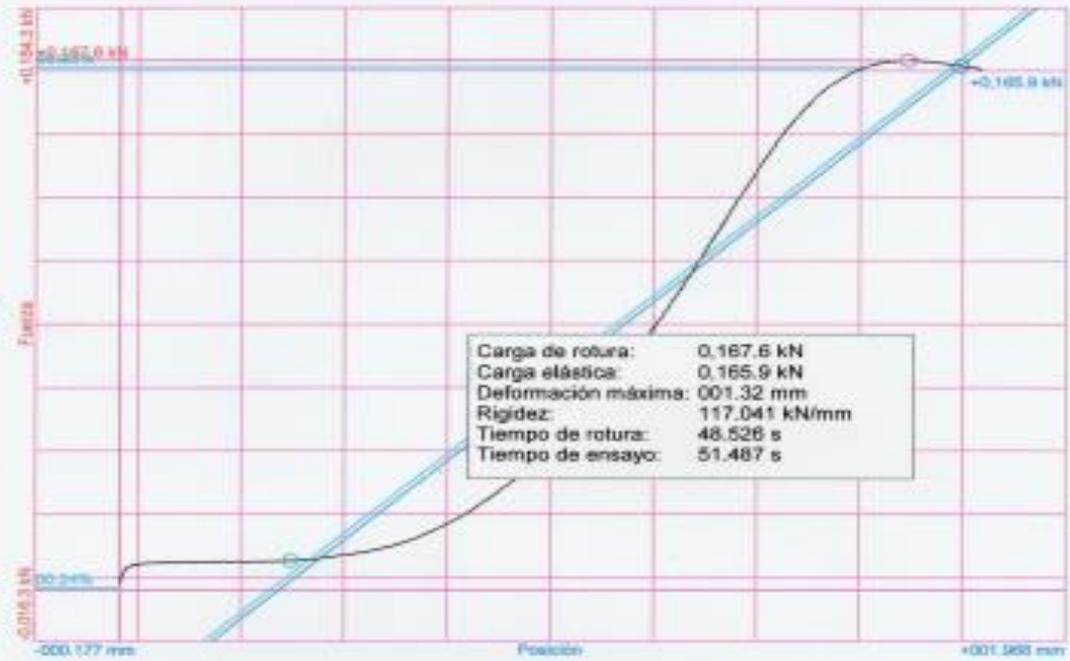
Referencias:

Fecha: 17/09/2019  
Prueba: PILA 20%-2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 % Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 20%-2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

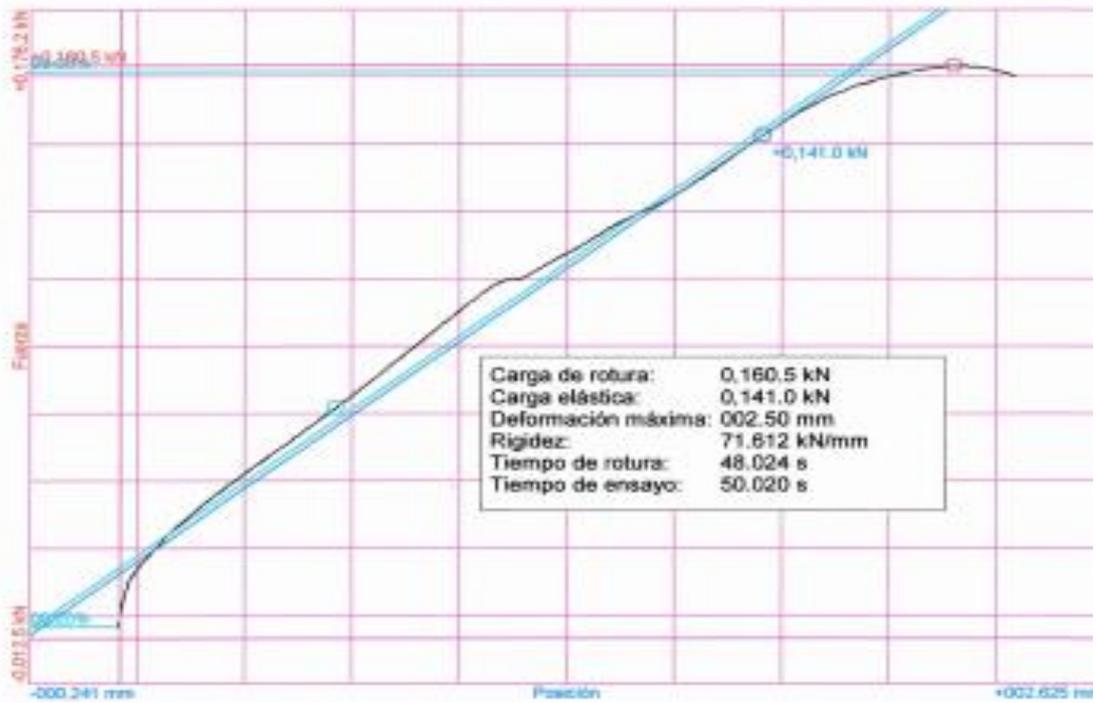
Referencias:

Fecha: 17/09/2019  
Probeta: PILA 20%-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 20%-1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

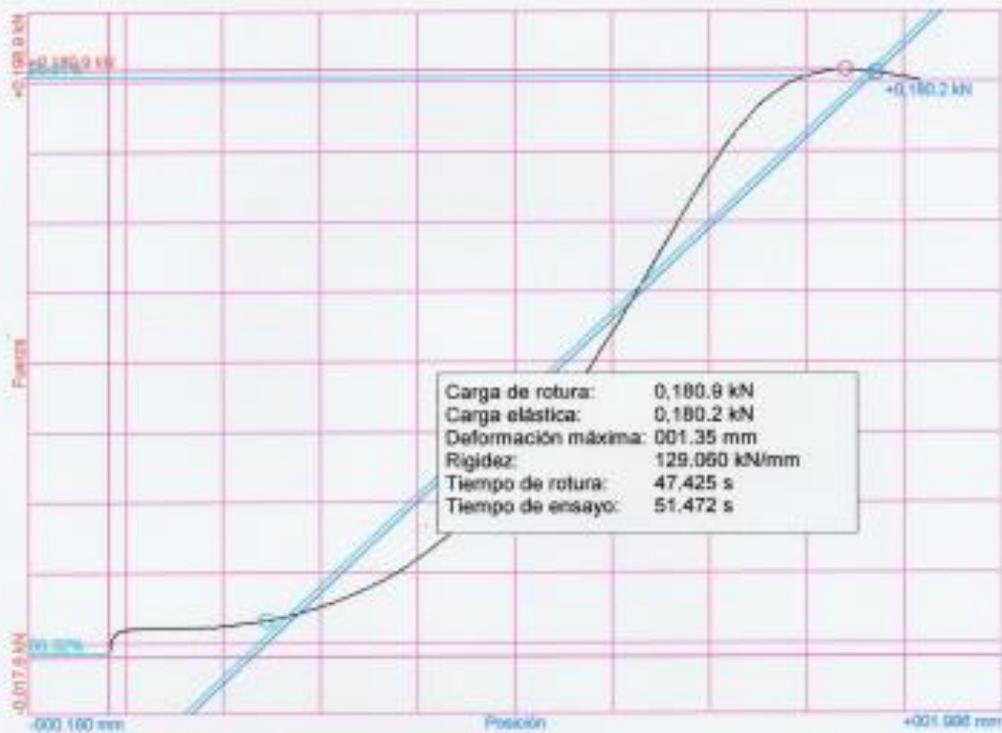
Referencias:

Fecha: 17/08/2019  
Probeta: PILA 15%-3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 % Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mmN/s  
Parámetro destino: Posición Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 15%-3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

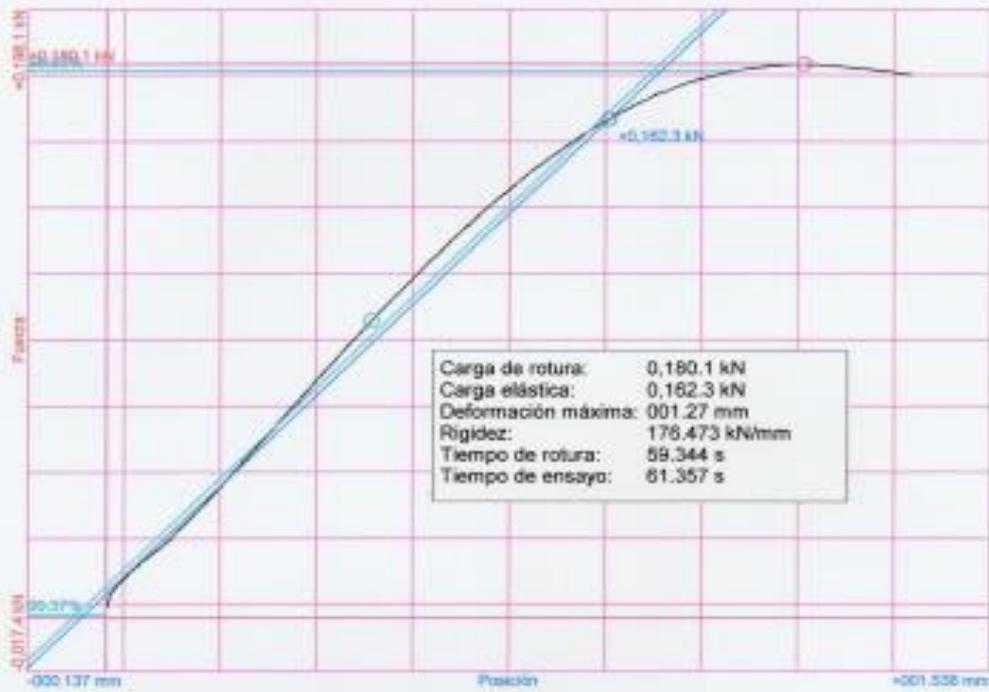
Referencias:

Fecha: 17/09/2019  
Probeta: PILA 15%-2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 % Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: PosiciónDestino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 15%-2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

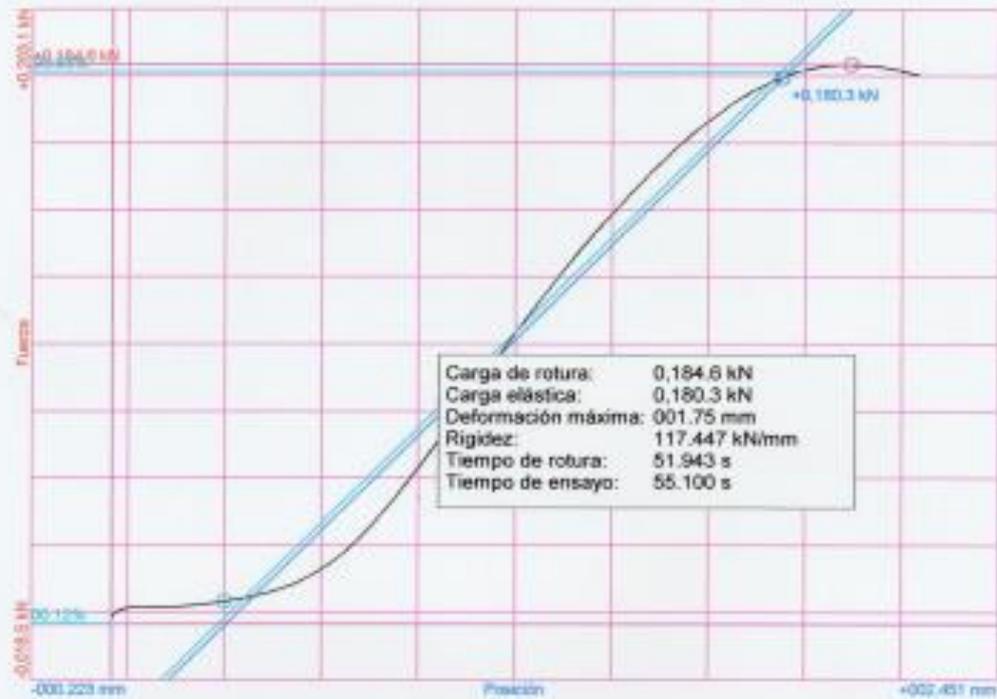
Referencias:

Fecha: 17/09/2019  
Probeta: PILA 15%-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 % Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 15%-1





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

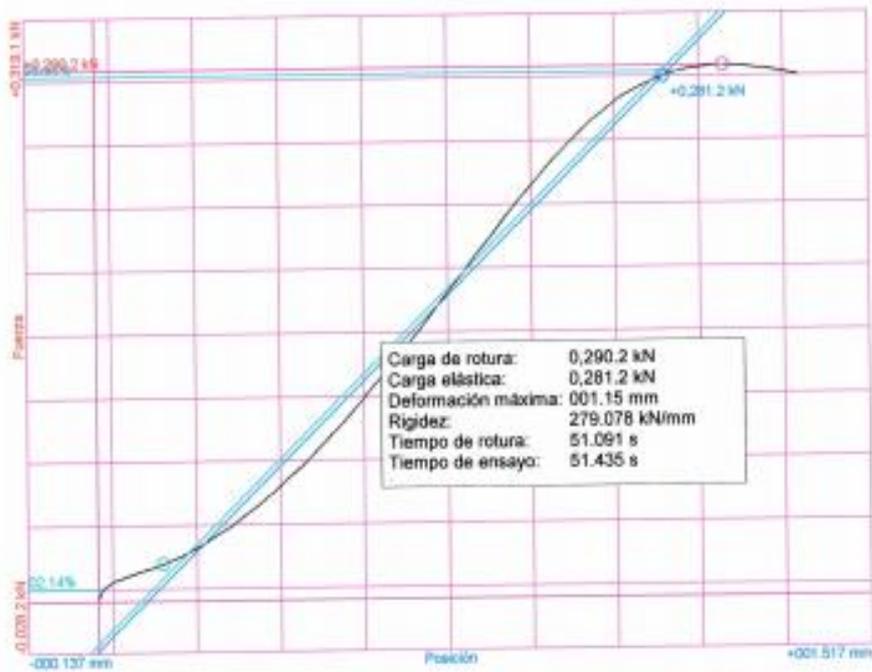
Referencias:

Fecha: 17/10/2019  
Probeta: PILA 10%-3

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 10%-3





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

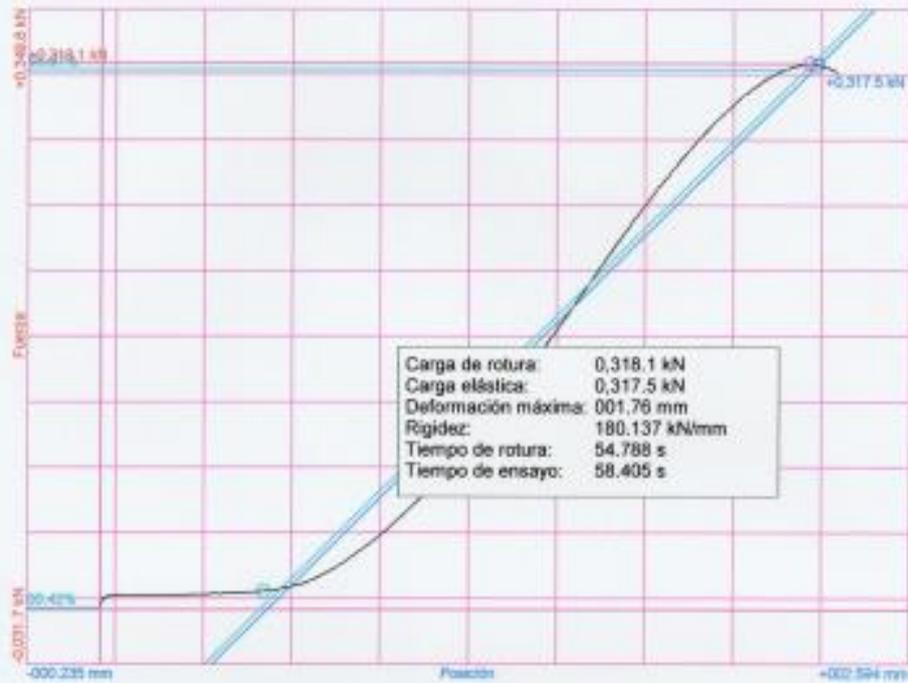
Referencias:

Fecha: 17/09/2019  
Probeta: PILA 10%-2

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 10%-2





Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 9.800 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

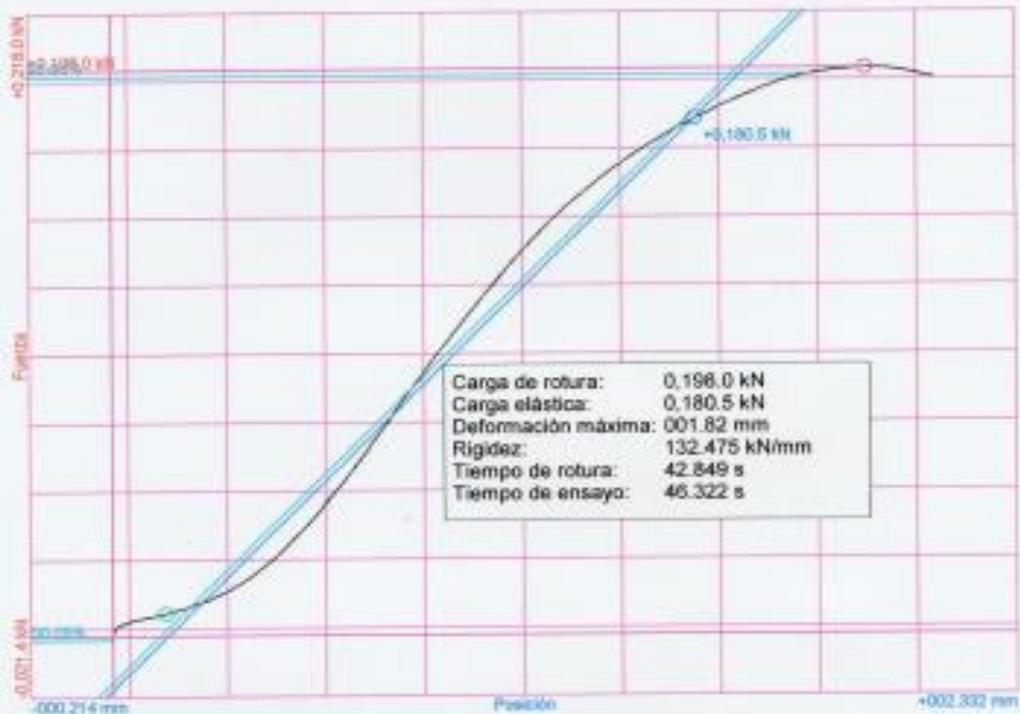
Referencias:

Fecha: 17/09/2019  
Probeta: PILA 10%-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 % Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 001.00 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: PILA 10%-1



**Universidad Peruana Los Andes**

**Fondos de escala de los canales analógicos:**

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

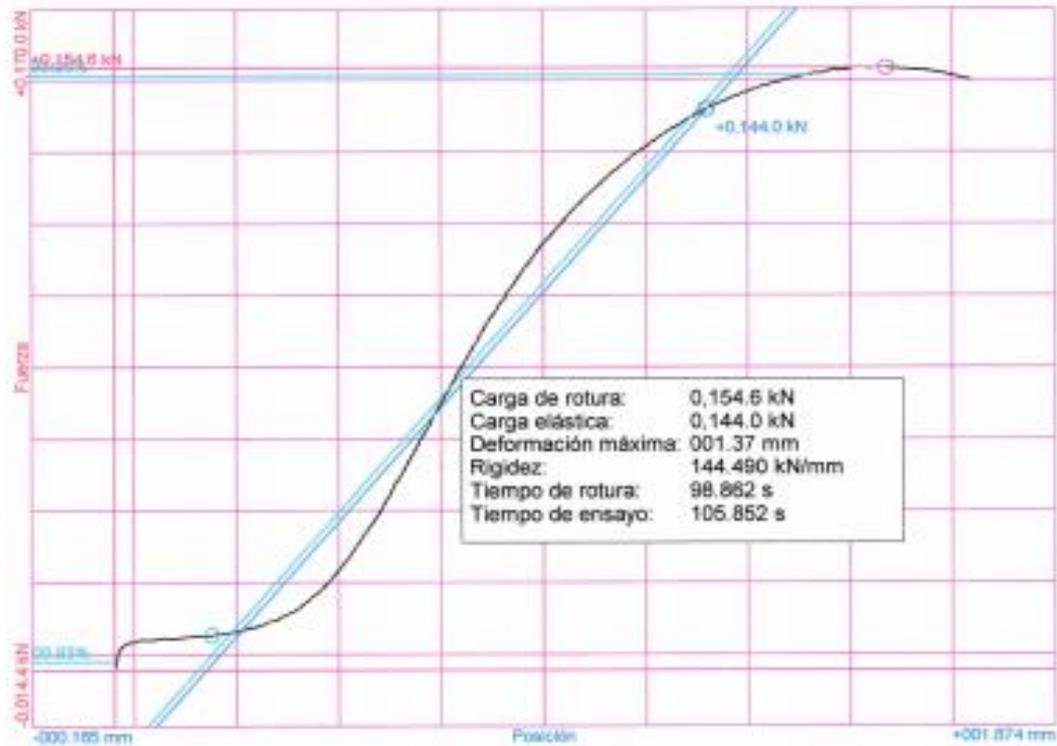
**Referencias:**

Fecha: 17/07/2019  
 Probeta: LADRIL 1:3-2-001

**Parámetros:**

Sentido: Compresión  
 Límite superior: 99.00 %  
 Límite inferior: 00.10 %  
 Parámetro control: Fuerza  
 Velocidad: 0,001.5 kN/s  
 Parámetro destino: Posición  
 Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESION 1-3-2




  
*[Handwritten signature]*



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

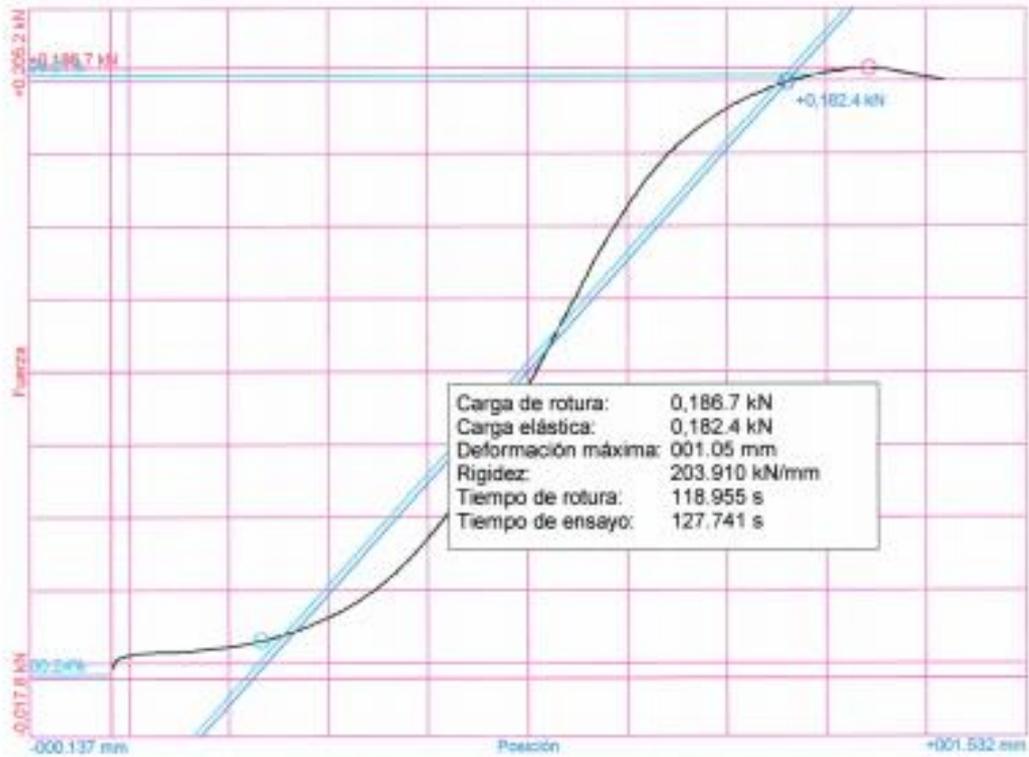
Referencias:

Fecha: 17/07/2019  
Probeta: LADRIL 1:3:1-001

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 0,001.5 kN/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESION 1-3-1



*Signature*



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

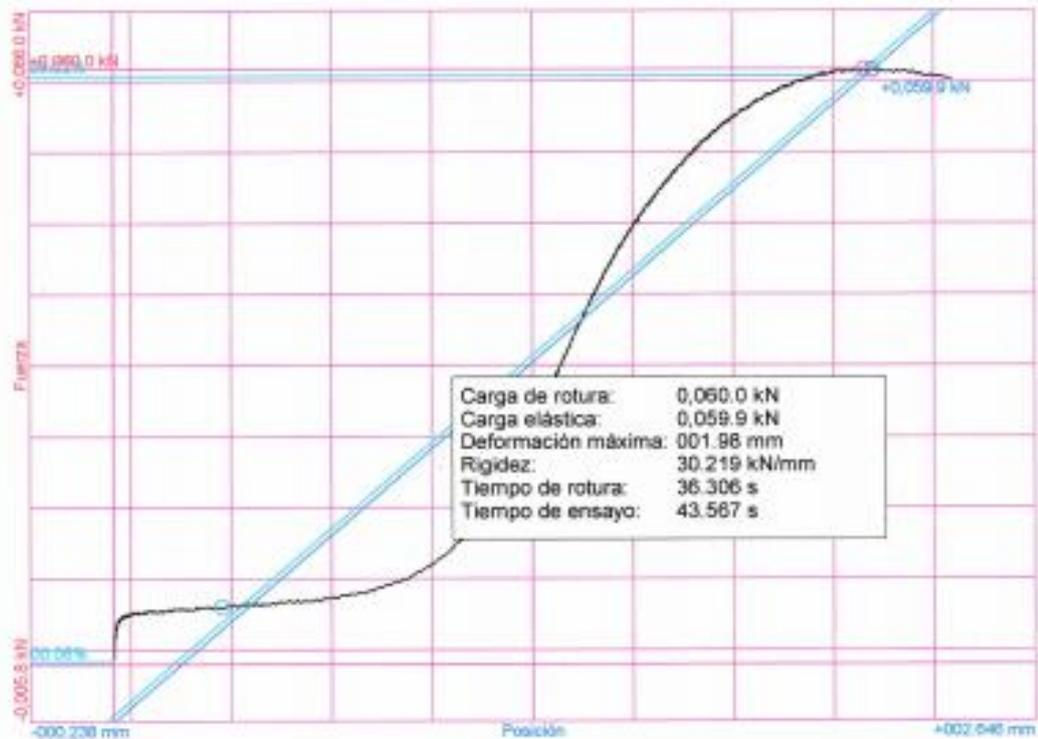
Referencias:

Fecha: 17/07/2019  
Probeta: LADRIL 1:5-2-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Limite superior: 99.00 %  
Limite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 0,001.5 kN/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESION 1-5-2-001



*[Handwritten signature]*

**Universidad Peruana Los Andes**

**Fondos de escala de los canales analógicos:**

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

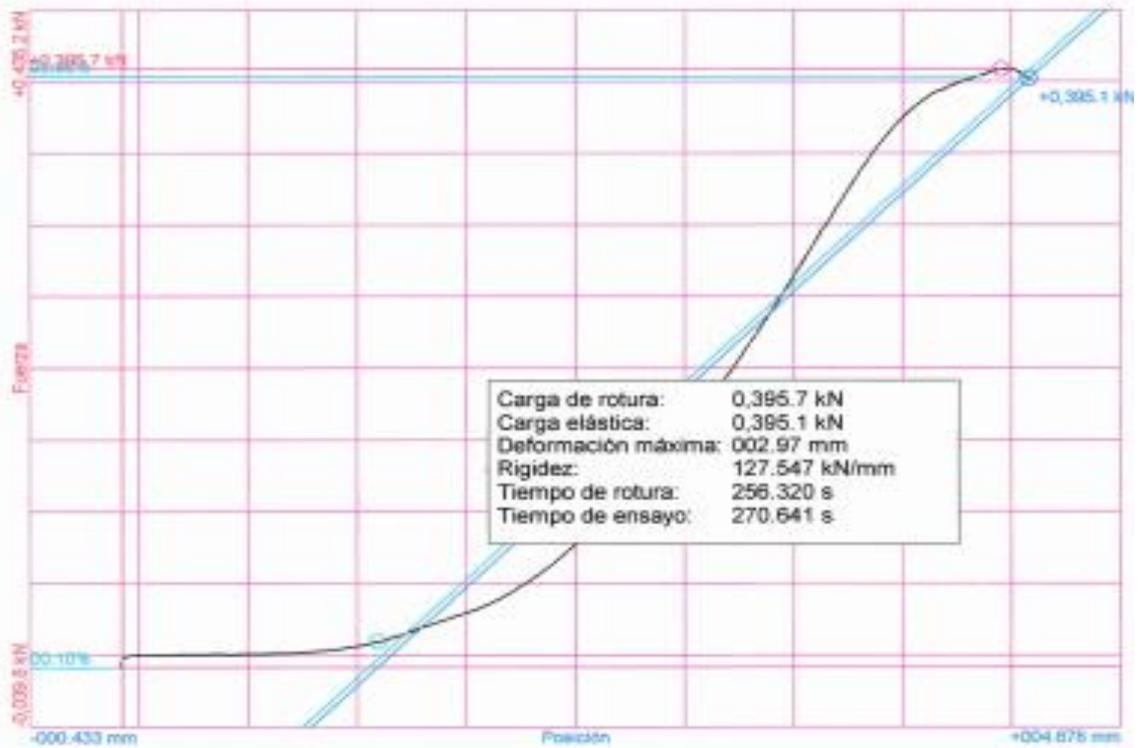
**Referencias:**

Fecha: 17/07/2019  
 Probeta: LADRIL 1:1.5:1-1

**Parámetros:**

Sentido: Compresión  
 Límite superior: 99.00 %  
 Límite inferior: 00.10 %  
 Parámetro control: Fuerza  
 Velocidad: 0,001.5 kN/s  
 Parámetro destino: Posición  
 Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESION 1-1.5-1-001








Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

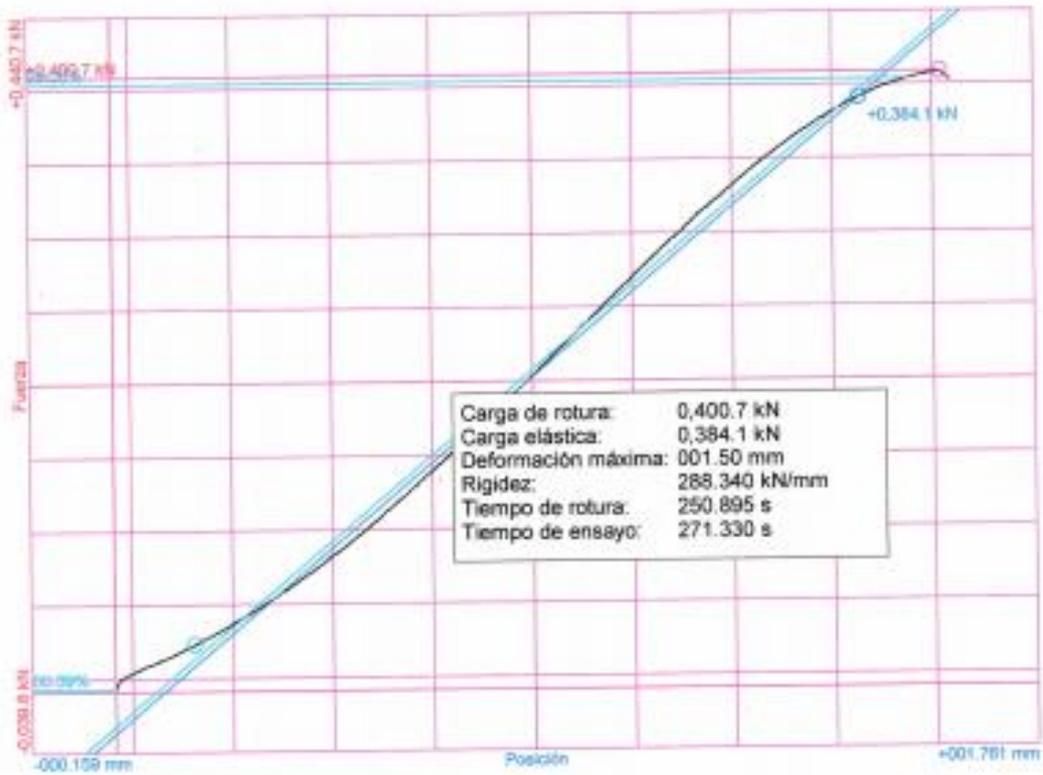
Referencias:

Fecha: 17/07/2019  
Probeta: LADRILLO 1:2:1-1

Parámetros:

Sentido: Compresión  
Límite superior: 99.00 %  
Límite inferior: 00.10 %  
Parámetro control: Fuerza  
Velocidad: 0,001.5 kN/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESION 1-2-1-001



*Realizado*

**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS**

MUESTRA : PORCELANATO  
 PROCEDENCIA : HUANCAYO  
 EXPEDIENTE : 03 - CA - MAJ 04  
 CLIENTE : Bloch MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR  
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO".  
 FECHA DE EMISIÓN: 10/04/2019

**1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012):**

**2. CARACTERÍSTICAS:**

GRANULOMETRÍA						ENLAYO	RESULTADOS
Nº	TAMIZ ABERTURA (mm)	PROMEDIO RETENIDO (en gramos)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO		
00	0.60	-	0.00	0.0	100.00	Peso Especifico	2.25
# 4	4.75	62.80	12.56	12.6	87.44	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1236.78
# 6	2.36	193.50	38.70	51.3	48.74	Contenido de Humedad (%)	0.20
# 14	1.18	109.10	21.8	71.9	28.12	Absorción (%)	1.48
# 30	0.60	55.10	11.0	82.8	17.10	Módulo de Finura	4.08
# 50	0.30	33.40	6.7	89.8	10.42		
# 100	0.15	52.10	10.4	100.0	0.00		
# 200	0.07	-	0.0	100.0	0.00		
FONDOS	-	-	0.0	100.0	0.00		
TOTAL		500.00	100.0	<b>MÓDULO DE FINURA</b>	4.08		

**3. CURVA GRANULOMÉTRICA:**




  
 Ing. Wilfredo Guevara Riquelme  
 CIP. 50201

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA N° 001/2001/INCOPI; GP 084-1983)

Av. Loanca Prado N° 340 Píscotayo - Huancayo cel. RPM 928137591 RPO 979782825  
 e-mail: [asesor@qaqc.com](mailto:asesor@qaqc.com)



QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

MUESTRA : PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)
PROCEDENCIA : HUANCAYO
EXPEDIENTE : 00 - CA - MAJ 03
CLIENTE : Bach. MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR
PROYECTO : TESIS DE GRADO 'EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO'
FECHA DE EMISIÓN : 10/04/2015

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012):

Table with 6 columns: TAMIZ, N°, ABERTURA (mm), PROMEDIO RETENIDO (en gramos), % RETENIDO, % RETENIDO ACUMULADO, % PASANTE ACUMULADO. Rows include various sieve sizes from 12.50 to 0.15 and a TOTAL row.

2. CARACTERÍSTICAS:

Table with 2 columns: ENSAYO, RESULTADOS. Rows include: Peso Especifico (1.33), Peso Unitario Suelto (314.30), Contenido de Humedad (%), Absorción (%), and Módulo de Finura (5.32).

3. CURVA GRANULOMÉTRICA:



Ing. Reynaldo Caceres Richard Huay
CIF 50207

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (LIGA PERUANA INDECOP: GP: 004-1993)

Av. Leeceio Prado N° 140 Píscay - Huancayo tel. RPM 920137591 RPC 979702825
e-mail: [proyectos@qaqc.com.pe](mailto:proyectos@qaqc.com.pe)

**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS**

MUESTRA : AGREGADO FINO CLASE M  
 PROCEDENCIA : CANTERA RÍO CUNAS  
 EXPEDIENTE : 03 - CA - MAJ 02  
 CLIENTE : Bach. MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR  
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO".

FECHA DE EMISIÓN: 10/04/2019

**1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 650.012):**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PROMEDIO RETENIDO (en gramos)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
12"	12.50	-	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.50	-	0.00	0.0	100.00
# 4	4.75	137.50	27.51	27.5	72.49
# 8	2.36	164.45	32.89	60.4	39.59
# 16	1.18	65.55	11.1	71.5	28.48
# 30	0.59	30.80	6.1	77.6	22.38
# 60	0.30	37.30	7.5	85.1	14.89
# 100	0.15	35.90	7.2	92.3	7.71
# 200	0.07	18.60	3.7	96.0	3.99
FONDOS	-	10.95	2.0	100.0	0.00
TOTAL		495.05	100.0	<b>MÓDULO DE FINURA</b>	4.12

**2. CARACTERÍSTICAS:**

ENSAYO	RESULTADOS
Peso Específico	2.49
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1572.68
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1691.62
Contenido de Humedad (%)	3.06
Absorción (%)	1.32
Módulo de Finura	4.12

**3. CURVA GRANULOMÉTRICA:**



EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP/004/1993)

A. Lechín Prado N° 240 Píscaraya - Huancayo tel. RPM 920137591 RUC 919702826  
 e-mail: [qa@qaqc.com.pe](mailto:qa@qaqc.com.pe)

**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS**

MUESTRA : AGREGADO FINO CLASE C  
 PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO  
 EXPEDIENTE : 03-CA - MAJ 01  
 CLIENTE : Bach. MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR  
 PROYECTO : TESIS DE GRADO 'EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO'.  
 FECHA DE EMISIÓN: 10/04/2019

**1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 430.012):**

**2. CARACTERÍSTICAS:**

N°	TAMIZ		PROMEDIO RETENIDO (en gramos)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
	ABERTURA (mm)					
1/2"	12.50		-	0.00	0.0	100.0
3/8"	9.50		-	0.00	0.0	100.0
# 4	4.75		39.85	7.93	7.93	92.07
# 8	2.36		97.40	19.48	27.40	72.60
# 16	1.18		61.55	12.31	39.71	60.29
# 30	0.59		62.25	12.45	52.16	47.84
# 50	0.30		127.80	25.55	77.71	22.29
# 100	0.15		93.40	18.68	96.39	3.61
# 200	0.07		13.60	2.72	99.11	0.89
FONDO			4.45	0.89	100.00	0.00
TOTAL			500	100.0	MODULO DE FINURA	3.01

ENSAYO	RESULTADO
Peso Específico	2.62
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1465.09
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1555.20
Contenido de Humedad (%)	2.01
Absorción (%)	1.41
Módulo de Finura	3.01

**3. CURVA GRANULOMÉTRICA:**



*[Firma manuscrita]*  
 Ing. (Uc.) **Raymundo Gamero Richard Huja**  
 CIP. 50201

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (OEA PERUANA INDECOPI: GP: 004-1993)

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 975702825  
 e-mail: [areaqaqcconstruccion@gmail.com](mailto:areaqaqcconstruccion@gmail.com)



QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.

Reducir (Ctrl+1)



**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS**  
(CONTENIDO DE HUMEDAD- NTP 4330.127)

MUESTRA : AGREGADO FINO CLASE C y AGREGADO FINO CLASE M  
 PROCEDENCIA : CANTERA PILCONWAYO/ CANTERA RIO CLINAS  
 EXPEDIENTE : 03 - CW - MAJ 01  
 CLIENTE : Bach. MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR  
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO".  
 FECHA DE ENSAYO: 07/04/2019  
 FECHA DE EMISIÓN: 09/04/2019

CONTENIDO DE HUMEDAD (W %) - AGREGADO FINO CLASE C					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DEL RECIPIENTE/TARA	gr	85.20	87.10	91.00
2	PESO DE LA TARA + P <sub>WN</sub>	gr	585.2	587.1	591.0
3	P <sub>WN</sub>	gr	500.00	500.00	500.00
4	P <sub>WOS</sub>	gr	490.40	490.40	489.60
5	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.958	1.958	2.124
6	PROMEDIO DE MUESTRAS (W <sub>PROMEDIO</sub> )	%	2.01		

CONTENIDO DE HUMEDAD (W %) - AGREGADO FINO CLASE M					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DEL RECIPIENTE/TARA	gr	89.8	145.9	89.1
2	PESO DE LA TARA + P <sub>WN</sub>	gr	589.8	646.0	589.2
3	P <sub>WN</sub>	gr	500	500.3	500.1
4	P <sub>WOS</sub>	gr	484.9	485.8	484.9
5	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.114	2.944	3.135
6	PROMEDIO DE MUESTRAS (W <sub>PROMEDIO</sub> )	%	3.06		

P<sub>WN</sub> : Peso de la Muestra Natural.  
 P<sub>WOS</sub> : Peso de la Muestra Seca al Horno.



EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (LAW PERUANA INDECOPI. GP. 004/1993)

Av. Leoncio Prado N° 348 Píscayo - Huancayo tel. 8PM 920137091 RPC 919702825  
 e-mail: [arsas@concreto.com.pe](mailto:arsas@concreto.com.pe)



QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



### CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

(PESO UNITARIO SUELTO/PESO UNITARIO COMPACTADO - NTP 400.017)

MUESTRA : AGREGADO FINO CLASE M  
PROCEDENCIA : CANTERA RIO CUNAS  
EXPEDIENTE : 03 - PUCS - MAJ 02  
CLIENTE : Bach. MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR  
PROYECTO : TESIS DE GRADO "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA AÑADIENDO TEREPHTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO".  
FECHA DE ENSAYO: 07/04/2019  
FECHA DE EMISIÓN: 09/04/2019

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO CLASE M					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DEL RECIENTE	kg	2.124	2.124	2.124
2	PESO DEL RECIENTE + MUESTRA	kg	6.573	6.583	6.577
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	4.449	4.459	4.453
4	VOLUMEN DEL RECIENTE	m <sup>3</sup>	0.003	0.003	0.003
5	PESO UNITARIO SUELTO(P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>	1570.97	1574.51	1572.89
6	PROMEDIO DE MUESTRAS (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>	1572.68		

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO CLASE M					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DEL RECIENTE	kg	2.124	2.124	2.124
2	PESO DEL RECIENTE + MUESTRA	kg	6.917	6.914	6.913
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	4.793	4.79	4.789
4	VOLUMEN DEL RECIENTE	m <sup>3</sup>	0.003	0.003	0.003
5	PESO UNITARIO COMPACTADO(P.U.C.)	kg/m <sup>3</sup>	1692.444	1691.384	1691.031
6	PROMEDIO DE MUESTRAS (P.U.C.)	kg/m <sup>3</sup>	1691.62		

CONCRETO Y MATERIAS



*[Handwritten Signature]*  
Revisor: Gabriela Richard Hugo  
CIP: 50201

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (OJA PERUANA INDECOPI: GP: 004-1993)

Av. Leoncio Prado N° 340 Píscornayo - Huancayo cel. 9PM 920137593 RPC 919702825  
e-mail: [asesor@concretoymat.com](mailto:asesor@concretoymat.com)



QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS**

(PESO UNITARIO SUELTO/PESO UNITARIO COMPACTADO – NTP 400.017)

MUESTRA : AGREGADO FINO CLASE C  
 PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO  
 EXPEDIENTE : 03 - PUOS - MAJ 01  
 CLIENTE : Bach. MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR  
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREPHTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO".

FECHA DE ENSAYO: 07/04/2019

FECHA DE EMISIÓN: 09/04/2019

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO CLASE C					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DEL RECIPIENTE	kg	2.124	2.124	2.124
2	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA	kg	6.280	6.296	6.242
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	4.156	4.172	4.118
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m <sup>3</sup>	0.003	0.003	0.003
5	PESO UNITARIO SUELTO(P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>	1467.51	1473.16	1454.10
6	PROMEDIO DE MUESTRAS (P.U.S.)	kg/m <sup>3</sup>	1464.92		

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO CLASE C					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DEL RECIPIENTE	kg	2.124	2.124	2.124
2	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA	kg	6.521	6.513	6.551
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	4.397	4.389	4.427
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m <sup>3</sup>	0.003	0.003	0.003
5	PESO UNITARIO COMPACTADO(P.U.C.)	kg/m <sup>3</sup>	1552.613	1549.788	1563.206
6	PROMEDIO DE MUESTRAS (P.U.C.)	kg/m <sup>3</sup>	1555.20		



*[Handwritten Signature]*  
 M<sup>sc</sup>. Reynosa Estrella Richard Uspit  
 CIP: 50201

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: CP: 004-1993)

Ax. Leoncio Prado N° 340 Píscosmayo - Huarazayo cel. RPM 920137581 RUC 978702825  
 e-mail: [info@qaqc.construccion.com](mailto:info@qaqc.construccion.com)



QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS**  
(PESO ESPECÍFICO – NTP 400.021- NTP 400.022)

MUESTRA : AGREGADO FINO CLASE C y AGREGADO FINO CLASE M  
 PROCEDENCIA : CANTERA PILCONAYO/ CANTERA RÍO CUNAS  
 EXPEDIENTE : 03 - PE – MAJ 01  
 CLIENTE : Bach. MARRÓN ASTO JUNIOR YOSEMAR  
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO".  
 FECHA DE ENSAYO: 07/04/2019  
 FECHA DE EMISIÓN: 08/04/2019

PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO CLASE C					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	gr	500	500	500
2	PESO DE LA MUESTRA SECO AL HORNO	gr	492.9	493.8	492.5
3	VOLUMEN DESPLAZADO	cm <sup>3</sup>	195	184	185
4	PESO ESPECÍFICO DE MUESTRAS	gr/cm <sup>3</sup>	2.528	2.684	2.662
5	PESO ESPECÍFICO	gr/cm <sup>3</sup>		2.62	
6	% ABSORCIÓN DE MUESTRAS	gr/cm <sup>3</sup>	1.440	1.256	1.523
7	% ABSORCIÓN	%		1.41	

PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO CLASE M					
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	gr	500	500	500
2	PESO DE LA MUESTRA SECO AL HORNO	gr	493.7	493.5	493.3
3	VOLUMEN DESPLAZADO	cm <sup>3</sup>	198.8	197.9	197.9
4	PESO ESPECÍFICO DE MUESTRAS	gr/cm <sup>3</sup>	2.483	2.494	2.493
5	PESO ESPECÍFICO	gr/cm <sup>3</sup>		2.49	
6	% ABSORCIÓN DE MUESTRAS	gr/cm <sup>3</sup>	1.276	1.117	1.358
7	% ABSORCIÓN	%		1.32	

  
 ING. Rommel Gaspari Richard Puji  
 CIP. 50201

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (DUA PERUANA, INDECOPI, DP: 004/1992)

Av. Leoncio Prado N° 340 Píscosayo - Huancayo    tel. RPM 920137591 RFC 919702 825  
 e-mail: [info@qaqcconstruccion.com](mailto:info@qaqcconstruccion.com)

## **Anexo 16: panel fotográfico**



Fotografía 2. Ensayo peso unitario compactado del agregado grueso



Fotografía 3 Ensayo peso unitario compactado del agregado grueso



Fotografía 4. Previo tamizado del porcelanato malla 3/8



Fotografía 5. Ensayo de humedad a los agregados



Fotografía 6. Tamizado de los agregados



Fotografía 7. Peso específico de los agregados



Fotografía 8. Secado del material después de 24 horas aproximadamente



Fotografía 9. Mezclado de agregados más PET y porcelanato triturado



Fotografía 10. ladrillos artesanales de prueba de puro agregados



Fotografía 11. Molde y primeros ladrillos PET porcelanato



Fotografía 12. Curado de los ladrillos PET porcelanato



Fotografía 13. Ladrillos PET porcelanato después del curado



Fotografía 14. Ensayo de alabeo ladrillo con 15 % PET-porcelanato



Fotografía 15. Ensayo de alabeo ladrillo con 10 % PET-porcelanato



Fotografía 16. Ensayo de alabeo ladrillo con 20 % PET-porcelanato



Fotografía 17. Ensayo de variación dimensional



Fotografía 18. Ensayo de variación dimensional 20% PET 20 % porcelanato



Fotografía 19. Ensayo de variación dimensional 20% PET 20 % porcelanato



Fotografía 20. Peso del ladrillo artesanal 15 % de PET 15 % porcelanato



Fotografía 21. Peso saturado del ladrillo artesanal al 10 % de PET 10 % de porcelanato



Fotografía 22. Peso sumergido para el ensayo de succión



Fotografía 23. Secado al horno de los especímenes



Fotografía 24. Secado al horno de los especímenes



Fotografía 25. Secado al horno de los especímenes



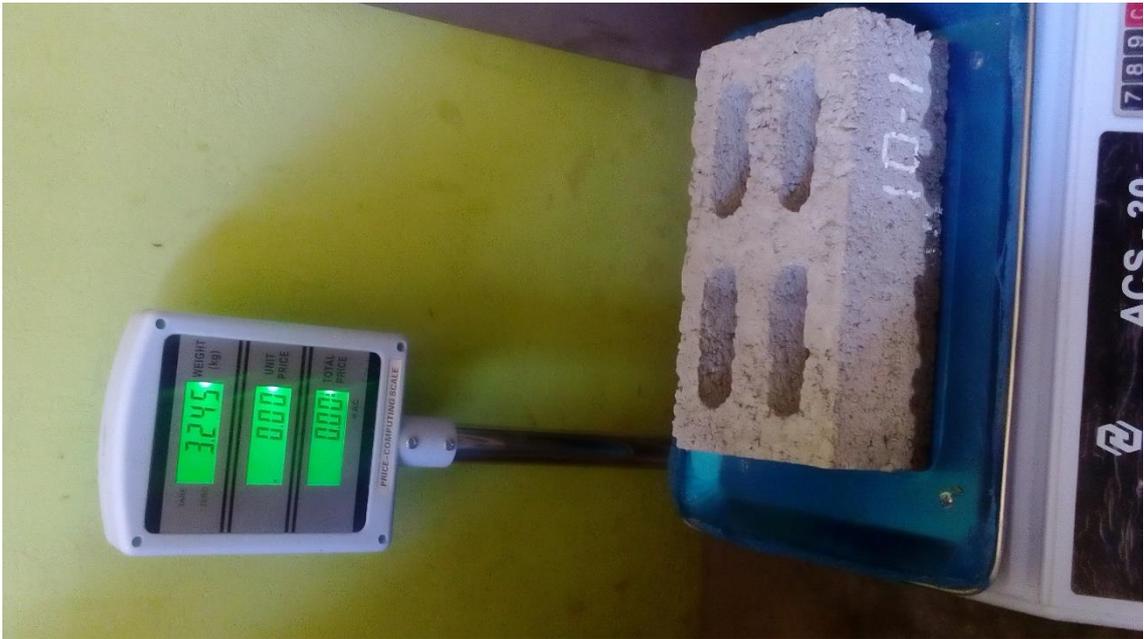
Fotografía 26. Ensayo de succión midiendo la altura de 3mm de altura



Fotografía 27. Ensayo de succión de los diversos especímenes



Fotografía 28. Ensayo de succión al 10 % PET 10 % porcelanato



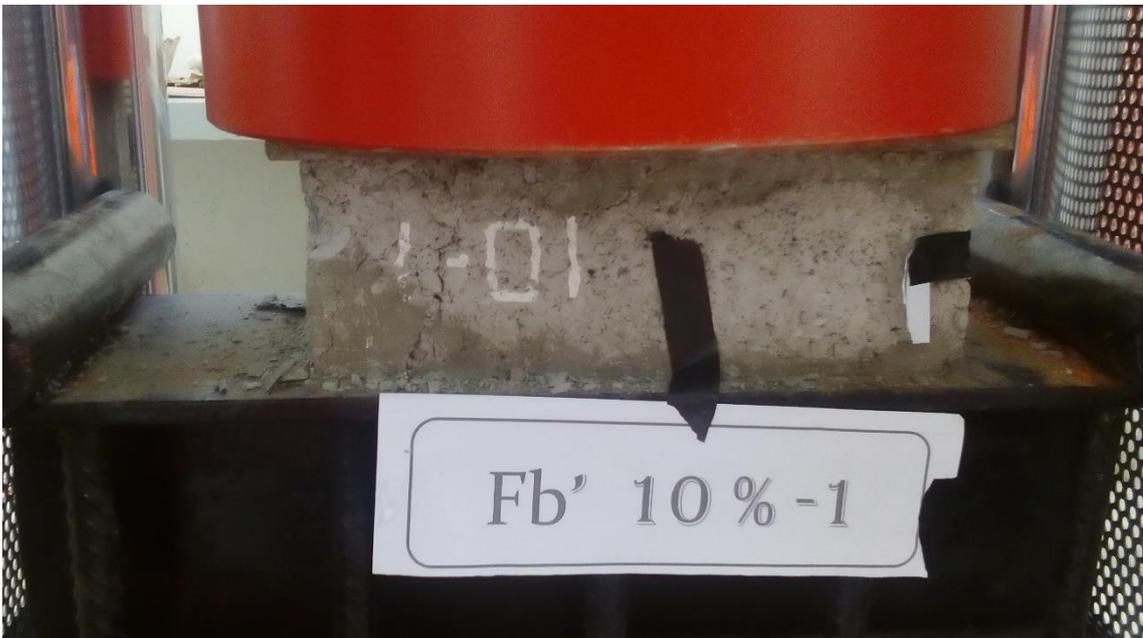
Fotografía 29. Peso después del ensayo de succion



Fotografía 30. Peso después del ensayo de succión al 15 % PET 15 % porcelanato



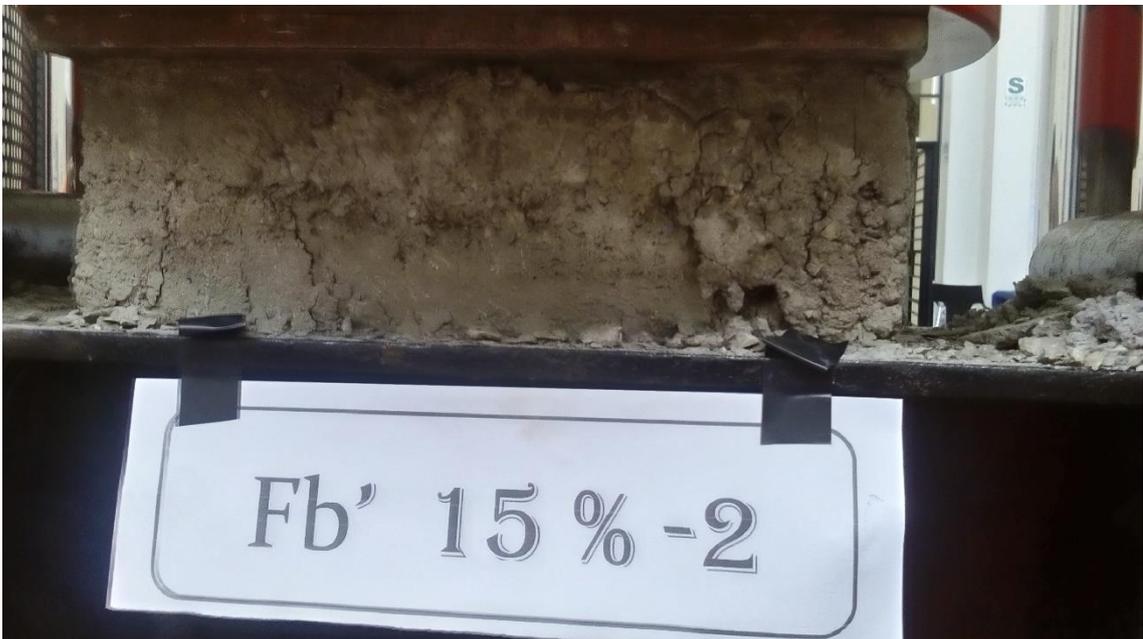
Fotografía 31. Especímenes para el ensayo  $f'_b$



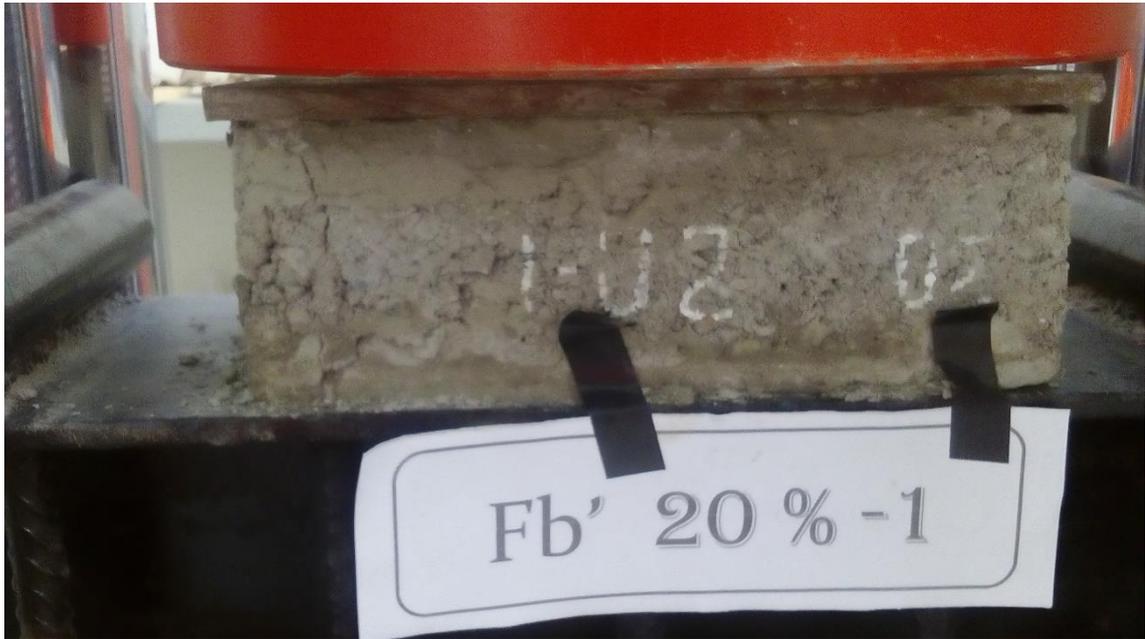
Fotografía 32. Ensayo resistencia a compresión  $f'_b$  con 10 % - 1 de PET-porcelanato



Fotografía 33. Ensayo resistencia a compresión  $f'_b$  con 10 % - 3 de PET-porcelanato



Fotografía 34. Ensayo resistencia a compresión  $f'_b$  con 15 % - 2 de PET-porcelanato



Fotografía 35. Ensayo resistencia a compresión  $f'_b$  con 20 % - 1 de PET-porcelanato



Fotografía 36. Ensayo a compresión ladrillo artesanal



Fotografía 37. Ensayo de resistencia a compresión  $f'_b$  para muestra de dosificación.



Fotografía 38. Pilas previo al ensayo de compresión



Fotografía 39. Construcción de pila con PET- porcelanato



Fotografía 40. Pilas PET porcelanato



Fotografía 41. Ensayo de compresión axial en pilas al 15 %



Fotografía 42. Ensayo de compresión axial en pilas al 20 %



Fotografía 43. Ensayo a compresión axial de ladrillo con el 15 % e PET 15 % porcelanato



Fotografía 44. Ensayo a compresión axial en pilas al 20 % falla por aplastamiento



Fotografía 45. Probetas de mortero



Fotografía 46. Ensayo a compresión mortero.



Fotografía 47. Ensayo a compresión mortero



Fotografía 48. Construcción de muretes PET porcelanato



Fotografía 49. Ensayo compresión diagonal en muretes para ladrillo artesanal



Fotografía 50. Murete artesanal falla por grieta



Fotografía 51. Ensayo compresión diagonal murete falla por grieta



Fotografía 52. Ensayo compresión diagonal murete, falla por grieta



Fotografía 53. Ensayo de resistencia a compresión diagonal en murete con 10 %



Fotografía 54. Ensayo de resistencia a compresión diagonal en murete con 10 % falla por grieta

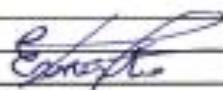
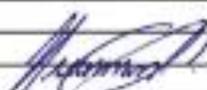


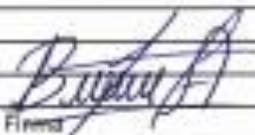
Fotografía 55. Ensayo de resistencia a compresión diagonal en murete con 20 % falla por grieta



Fotografía 56 Ensayo de resistencia a compresión diagonal en murete con 20 % falla por escalonamiento

## **Anexo 18: otros documentos**

ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	30-01-2020
Lugar:	Jr CHAVEZ N° 305 - tambo
Maestro:	OSCAR IPARRAGUIRE BARRETO
Area de trabajo:	21 m <sup>2</sup> (tienda)
Desperdicio:	0.5 m <sup>2</sup> incluido Zocalo
Precio/ kg:	1 kg = 1.00 sol
	 Firma
ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	30-01-2020
Lugar:	Jr Huaynacayos N° 815 - tambo
Maestro:	ERNESTO SOTO MAYOR
Area de trabajo:	28 m <sup>2</sup> (tienda)
Desperdicio:	0.72 m <sup>2</sup> colocado en diagonal
Precio/ kg:	1 kg = 0.50 sol
	 Firma
ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	08-02-2020
Lugar:	Jr SANTA ISABEL N° 591 tambo
Maestro:	MARIO ZALAZAR YALI
Area de trabajo:	15 m <sup>2</sup> (tienda)
Desperdicio:	0.5 m <sup>2</sup> incluye Zocalo
Precio/ kg:	1 kg = 0.50 sol
	 Firma
ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	10-02-2020
Lugar:	Barrio: MARIATEGUI N° 804 - tambo
Maestro:	EULOGIO HUAMAN PASTRADA
Area de trabajo:	42 m <sup>2</sup> (Ferreteria)
Desperdicio:	1.08 m <sup>2</sup> → 3 unidades de Porcelanato
Precio/ kg:	1 kg = 0.50 sol
	 Firma

ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	14-02-2020 Jr Lagunas N° 500 - tambo
Lugar:	ALEJANDRO BETHA HUAMANI
Maestro:	18m <sup>2</sup> (tienda)
Area de trabajo:	0.5 m <sup>2</sup> incluye Zocalo
Desperdicio:	1kg = 0.50 sol
Precio/ kg:	
	 Firma
ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	18-02-2020
Lugar:	Jr MANUEL PUNTES N° 100 - tambo
Maestro:	DEMERIDO ESPINAL JAVIER
Area de trabajo:	20 m <sup>2</sup> (FACHADA)
Desperdicio:	0.72 m <sup>2</sup>
Precio/ kg:	1kg = 1.00 sol
	 Firma
ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	19-02-2020
Lugar:	Piscina PALMA N° 324 - tambo
Maestro:	HUBO BALVERDES ARTIAGA
Area de trabajo:	15 m <sup>2</sup> (tienda)
Desperdicio:	0.50 m <sup>2</sup> incluye Zocalo
Precio/ kg:	1kg = 0.30 sol
	 Firma
ENCUESTA: DESPERDICIO DE PORCELANATO	
tesis	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO Y PORCELANATO"
Fecha:	03-07-2020
Lugar:	Paseo Huandoy ultima cuadra Manuelgoy
Maestro:	Humberto Artiga Sobieski
Area de trabajo:	16.5 m <sup>2</sup> (coba)
Desperdicio:	1 m <sup>2</sup> incluye zocalo
Precio/ kg:	1kg = 0.50 sol
	 Firma