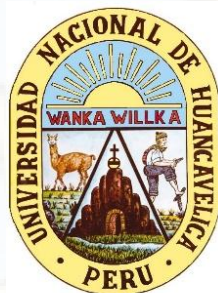


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLOS DE TIERRA
ESTABILIZADAS, PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA EN EL
DISTRITO-PROVINCIA DE HUANCAMELICA-2018”

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

DISCIPLINA:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES :

PAYTAN DUEÑAS, Nilton.

PEREZ SALAZAR, Zócrates Maximiliano.

HUANCAMELICA – PERU

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 06 días del mes de noviembre del año 2018, a horas 5:30 p.m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA (PRESIDENTE)**, **Ing. Omar CABALLERO SÁNCHEZ (SECRETARIO)**, **Ing. Carlos GASPAS PACO (VOCAL)**, designados con Resolución de Consejo de Facultad N° 582-2017-FCI-UNH, de fecha 20 de diciembre del 2017, y ratificados con Resolución de Decano N° 148-2018-FCI-UNH de fecha 31 de octubre del 2018, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLOS DE TIERRA ESTABILIZADAS, PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO-PROVINCIA DE HUANCAMELICA-2018", presentado por los Bachilleres **Nilton PAYTAN DUEÑAS y Zócrates Maximiliano PEREZ SALAZAR**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES**, Asesor y el **Ing. Carlos ESPINOZA QUISPE** como Co-Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas 6:30 p.m, se invitó al público presente y los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

Nilton PAYTAN DUEÑAS

APROBADO ☒ POR Unanimidad

DESAPROBADO ☐

Zócrates Maximiliano PEREZ SALAZAR

APROBADO ☒ POR Unanimidad

DESAPROBADO ☐

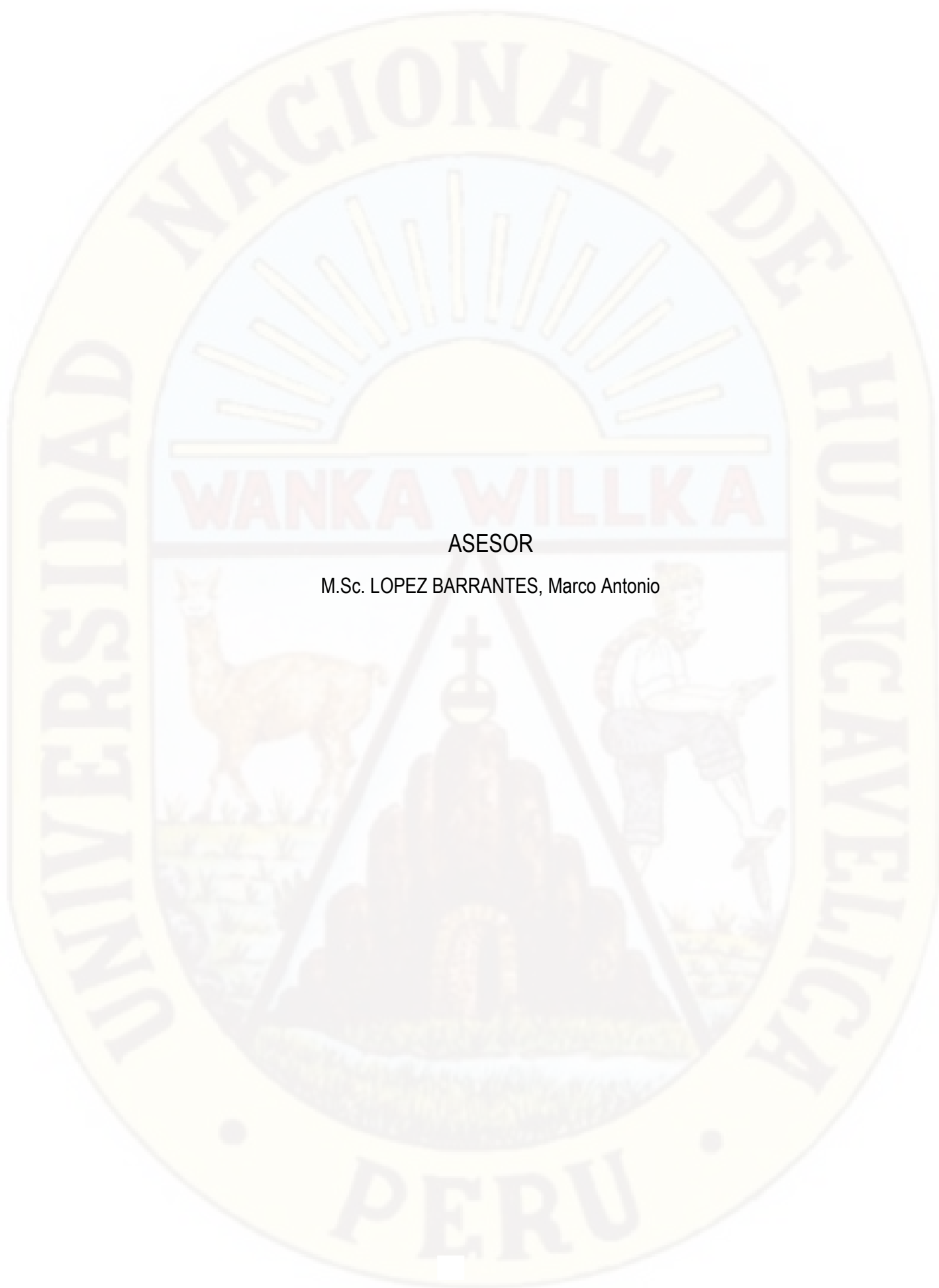
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vocal

Vº Bº Decano



ASESOR

M.Sc. LOPEZ BARRANTES, Marco Antonio

Dedicatoria

A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa. A mis padres Víctor y Georgina por haberme educado y haber tolerado mis errores. Gracias a sus consejos, por el amor que siempre me han brindado, la paciencia y el apoyo que me brindaron en mi vida hasta culminar la carrera profesional. A mis queridos hermanos William, Marissel, Joselyn y Dania Flor, que contribuyeron con su apoyo y su paciencia a que yo pueda lograr todas mis metas.

Zócrates Maximiliano, Pérez Salazar

A Dios por guiar mi camino. A mis padres Luciano y Isabel por hacer de mi persona un hombre de bien, por saberme guiar con sus enseñanzas, por compartir mis errores y mis aciertos. A mis hermanos por ser cómplices y compartir una etapa más de mi vida profesional ya que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento me ayudaron a lograr mis objetivos y metas trazadas. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy...

Nilton, Paytan Dueñas

Agradecimiento

Expresamos un profundo y sincero agradecimiento principalmente a Dios y a todas las personas que se convirtieron en una pieza fundamental para nuestra formación:

Especialmente a nuestros padres, quienes con su esfuerzo y cariño nos guiaron, cultivaron en nosotros valores y principios que nos han servido a lo largo de nuestras vidas. Además, han sido para nosotros, ejemplo de superación.

Al Ing. Carlos Enrique Espinoza Quispe, que acertadamente ha dirigido nuestro trabajo de fin de titulación.

Al Ing. Marco Antonio López Barrantes, por la guía de desarrollo de nuestro trabajo de fin de titulación.

Al encargado de Laboratorio de Mecánica de Suelos I y II, Tec: Alfredo Mendoza Soto, que nos ayudó en el desarrollo de las pruebas de laboratorio.

A todos nuestros amigos y compañeros, que nos prestaron su apoyo para desarrollar este trabajo.

A la Universidad Nacional de Huancavelica, por mantener siempre sus puertas abiertas y por formarme académicamente.

ÍNDICE

Dedicatoria	IV
Agradecimiento.....	V
Resumen	XXIII
Abstract	XXV
Introducción	XXVII
Capítulo I: Problema	28
1.1 Planteamiento Del Problema	28
1.2 Formulación Del Problema	29
1.2.1 Problema General.....	29
1.2.2 Problemas Específicos.	29
1.3 Objetivos.....	30
1.3.1 Objetivo general.....	30
1.3.2 Objetivos Específicos	30
1.4 Justificación	31
Capítulo II: Marco Teórico	33
2.1 Antecedentes.....	33
2.2 Bases Teóricas	36
2.2.1 La actividad ganadera en el Perú	36
2.2.2 Lana de ovino	41
2.2.3 Uso de la lana de ovino en las Edificaciones.....	49
2.2.4 La tierra cruda como material de construcción	51
2.2.5 Antecedentes de la construcción de tierra en el Perú.....	53
2.2.6 Estabilización de la tierra para uso en la construcción	54
2.2.7 Suelo arcilloso.	57
2.2.8 Estabilización del suelo con Cal.	58
2.2.9 Acción de la cal Hidráulica en la estabilización de los suelos arcillosos.	59
2.2.10 Reacción entre la cal y el suelo fino.	60
2.2.11 Unidades de albañilería	62
2.2.12 Clasificación de Unidades de Albañilería.....	62

2.2.13	Resistencia a la Erosión (Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne –SAET)	67
2.2.14	Método de Prueba de Eades y Grim: Normas ASTM D 6276	69
2.3	Hipótesis	70
2.3.1	Hipótesis general	70
2.3.2	Hipótesis específica	70
2.4	Variables De Estudio	71
2.4.1	Variable independiente	71
2.4.2	Variable dependiente	71
Capítulo III: Metodología de la Investigación		72
3.1	Ámbito De Estudio	72
3.2	Tipo De Investigación	72
3.3	Nivel De Investigación	72
3.4	Método De Investigación	73
3.5	Diseño De Investigación	73
3.6	Población, Muestra Y Muestreo	74
3.6.1	Población	74
3.6.2	Muestra	74
3.7	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	75
3.7.1	Técnicas	75
3.7.2	Instrumentos	76
3.8	Procedimiento de recolección de datos	77
3.9	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	78
Capítulo IV: Resultados		80
4.1	Presentación de Resultados	80
4.1.1	Caracterización de materiales	83
4.1.2	Elaboración de probetas con proporciones de Lana de ovino	114
4.1.3	Determinación de las propiedades Físicas y mecánicas de las probetas con (LO)	131
4.1.4	Resistencia a tracción por flexión de Probetas	155
4.1.5	Ensayo de densidad de probetas	180
4.1.6	Determinación de porcentaje de absorción de Probetas con (LO)	187
4.1.7	Determinación de la Resistencia a la Erosión Acelerada en Probetas	195

4.1.8	Determinación del contenido de humedad en Probetas.	203
4.1.9	Uso del óptimo tratamiento (T) de (LO).	210
4.1.10	Elaboración de ladrillos con (LO):.....	211
4.1.11	Determinación de las propiedades Mecánicas y Físicas de los ladrillos con (LO).	222
4.1.12	Ensayo a tracción por flexión:.....	236
4.1.13	Determinación de la densidad de los ladrillos.	248
4.1.14	Ensayo de porcentaje de absorción.....	253
4.1.15	Ensayo de la Resistencia a la Erosión Acelerada.....	260
4.1.16	Determinación del contenido de humedad de los ladrillos.	266
4.1.17	Determinación de la Variación dimensional de los ladrillos.	270
4.2	Discusión	275
4.2.1	Análisis Estadístico.....	275
4.2.2	Análisis Económico.....	282
4.2.3	Análisis Descriptivo.....	287
4.2.4	Propuesta tipológica	297
	Conclusiones	299
	Recomendaciones	301
	Referencia Bibliográfica	302
	ANEXOS.....	306

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población nacional de ovinos por departamentos.	38
Tabla 2: Población nacional de ovinos por departamentos.	389
Tabla 3: Características de la lana de ovino.	43
Tabla 4: Composición de la queratina.	46
Tabla 5: Diámetro y longitud de mecha de las principales razas ovinas.	47
Tabla 6: Clasificación de la Albañilería para Fines Estructurales.	65
Tabla 7: Limitaciones en su aplicación.	65
Tabla 8: Clasificación de los suelos según su pH.	70
Tabla 9: Composición química, mecánica, física de la cal.	84
Tabla 10: Composición química de la lana de ovino.	86
Tabla 11: Resultados del ensayo de peso específico de la lana de ovino.	88
Tabla 12: Resultados del ensayo de absorción de la lana de ovino.	89
Tabla 13: Resultado obtenido en laboratorio.	90
Tabla 14: Resultados del contenido de humedad del suelo.	94
Tabla 15: Resultado del Análisis granulométrico.	99
Tabla 16: Determinación de L.L. por 1 punto.	104
Tabla 17: Resultados de los límites de Atterberg.	108
Tabla 18: Resultado clasificación AASHTO.	110
Tabla 19: Resultado clasificación SUCS.	112
Tabla 20: Resultado del ensayo de Ph de la solución suelo-cal.	114
Tabla 21: Dosificación para los tratamientos (T).	119
Tabla 22: Dosificación de las probetas cúbicas para los tratamientos.	120
Tabla 23: Dosificación de las probetas prismáticas para los tratamientos.	120
Tabla 24: Número de Probetas cúbicas para Ensayo a Compresión.	121
Tabla 25: Número de Probetas prismáticas para ensayo a flexión.	121
Tabla 26: Número de Probetas cúbicas para Ensayo de densidad.	122
Tabla 27: Número de Probetas cúbicas para Ensayo de absorción.	122
Tabla 28: Número de Probetas cúbicas para Ensayo de erosión.	122
Tabla 29: Cuadro de Número de probetas para ensayo a compresión.	133
Tabla 30: Cuadro de resistencia a compresión de probetas de T1: 1%(LO) a los 14 días de curado.	141
Tabla 31: Cuadro de resistencia a compresión de probetas de T2: 3%(LO).	142
Tabla 32: Cuadro de resistencia a compresión de probetas de T3:	143
Tabla 33: Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T4: 6% (LO).	144
Tabla 34: Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T5:	145
Tabla 35: Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T6:	146
Tabla 36: Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T1:1%(LO)	147
Tabla 37: Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T2: 3% (LO).	148
Tabla 38: Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T1: 4% (LO).	149

Tabla 39. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T4: 6% (LO).	150
Tabla 40. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T5: 9% (LO).	151
Tabla 41. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T6: 12% (LO).	152
Tabla 42. Número de probetas prismáticas para ensayo a tracción por flexión.	156
Tabla 43. Resistencia a tracción por flexión de probetas de T1: 1%(LO).	160
Tabla 44. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T2: 3%(LO).	161
Tabla 45. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T3: 4%(LO).	162
Tabla 46. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).	163
Tabla 47. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T5: 9%(LO).	164
Tabla 48. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T6: 12%(LO).	165
Tabla 49. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T1: 1%(LO).	167
Tabla 50. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T2: 3%(LO).	168
Tabla 51. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T3: 4%(LO).	169
Tabla 52. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).	170
Tabla 53. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).	171
Tabla 54. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T6: 12%(LO).	172
Tabla 55. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T1: 1%(LO).	173
Tabla 56. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T2: 3%(LO).	174
Tabla 57. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T3: 4%(LO).	175
Tabla 58. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).	176
Tabla 59. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T5: 9%(LO).	177
Tabla 60. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T6: 12%(LO).	178
Tabla 61. Cuadro de Número de probetas para ensayo de densidad.	181
Tabla 62. Cuadro de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de curado.	184
Tabla 63. Cuadro de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de curado.	185
Tabla 64. Cuadro de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.	186
Tabla 65. Cuadro de Número de probetas para ensayo de densidad.	188
Tabla 66. Cuadro de absorción para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de curado.	192
Tabla 67. Cuadro de absorción para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de curado.....	193
Tabla 68. Cuadro de absorción para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.....	194
Tabla 69. Cuadro de Número de probetas para ensayo de densidad.	196
Tabla 70. Cuadro de ensayo de erosión acelerada para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de curado.	200
Tabla 71. Cuadro de ensayo de erosión acelerada para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de curado.	201
Tabla 72. Cuadro de ensayo de erosión acelerada para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.	202

Tabla 73. Cuadro de Número de probetas para ensayo de densidad	204
Tabla 74. Cuadro de resultados del ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de curado.....	207
Tabla 75. Cuadro de ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de curado.....	208
Tabla 76. Cuadro del ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.....	209
Tabla 77. Dimensiones, peso mínimo y máximo, para ladrillos.....	211
Tabla 78. Dimensiones del ladrillo.....	212
Tabla 79. Dosificación para las unidades de albañilería (ladrillos).	214
Tabla 80. Número de ladrillos con (LO) para los ensayos correspondientes.	215
Tabla 81. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo a compresión.....	223
Tabla 82. Cuadro resultados de la resistencia a compresión de ladrillos del GC: 0%(LO).	232
Tabla 83. Cuadro de resistencia a compresión de ladrillos del GEXP: 1%(LO).	234
Tabla 84. Resumen de la resistencia final de los ladrillos.	235
Tabla 85. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo a flexión.	237
Tabla 86. Cuadro de resistencia tracción por flexión de ladrillos del GC: 0%(LO).	244
Tabla 87. Cuadro de resistencia tracción por flexión de ladrillos del GEXP: 1%(LO).....	246
Tabla 88. Resistencia final de los ladrillos a tracción por flexión.....	247
Tabla 89. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de densidad.....	249
Tabla 90. Cuadro de resumen del ensayo de densidad para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).	252
Tabla 91. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de absorción.....	253
Tabla 92. Cuadro de resumen del ensayo de absorción para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).	259
Tabla 93. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de erosión acelerada.	261
Tabla 94. Cuadro de resumen del ensayo de erosión acelerada para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).	2656
Tabla 95. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de contenido de humedad.	2678
Tabla 96. Cuadro de resultados del ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).....	269
Tabla 97. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de variación dimensional.	271
Tabla 98. Cuadro de resultados del ensayo de variación dimensional para todos los tratamientos GC-0%(LO).	273
Tabla 99. Cuadro de resultados del ensayo de variación dimensional para todos los tratamientos GEXP-1%(LO).	274
Tabla 100. Resistencia a compresión en probetas.....	275
Tabla 101. Resultado de datos estadísticos descriptivos de resistencia a compresión a los 28 días.....	276
Tabla 102. Resultado de comparación en parejas de Tukey	276
Tabla 103. Pruebas simultaneas de Tukey para diferencia de las medias.....	277
Tabla 104. Cuadro de datos de resistencia a compresión de ladrillos.	279

Tabla 105. Resultado de datos estadísticos descriptivos de resistencia a compresión a los 28 días.....	279
Tabla 106. Análisis de varianza (ANOVA - Compresión) a los 28 días.....	279
Tabla 107. Pruebas simultaneas de Dunnett para diferencia de las medias.....	280
Tabla 108. Cuadro de datos de resistencia a compresión de ladrillos.....	281
Tabla 109. Resultado de datos estadísticos descriptivos de resistencia a flexión a los 28 días.....	281
Tabla 110. Análisis de varianza (ANOVA - Flexión) a los 28 días.....	281
Tabla 111. Pruebas simultaneas de Dunnett para diferencia de las medias.....	282
Tabla 112. Presupuesto para la elaboración de ladrillos con (LO) por millar.....	283
Tabla 113. Análisis de Costos Unitarios para la Partida de Extracción de Material.....	284
Tabla 114. Análisis de Costos Unitarios para las Partidas de Dosificación, Mezclado y Amasado.....	285
Tabla 115. Análisis de Costos Unitarios para la partida de Moldeado.....	286
Tabla 116. Análisis de Costos Unitarios para la partida de Curado de los ladrillos.....	286
Tabla 117. Resistencia a compresión de los ladrillos.....	287
Tabla 118. Condición de resistencia de los ladrillos según NTP E-070.....	288
Tabla 119. Resistencia a flexión de los ladrillos.....	289
Tabla 120. Condición de resistencia de los ladrillos según NTP E-070.....	290
Tabla 121. Densidad de los ladrillos.....	291
Tabla 122. Condición de densidad de los ladrillos según INTITEC 331.017-1978.....	292
Tabla 123. Absorción de los ladrillos.....	292
Tabla 124. Condición de absorción de los ladrillos según NTP 399.604.....	293
Tabla 125. Erosión acelerada de los ladrillos.....	294
Tabla 126. Condición de socavación de los ladrillos de tierra según UNE 14140-2008..	295
Tabla 127. Contenido de humedad de los ladrillos.....	295
Tabla 128. Variación dimensional de los ladrillos.....	296
Tabla 129. Comparación de costos por millar de los ladrillos.....	297

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Presentación de la Cal Hidráulica (Martell).....	84
Fotografía 2. Ovinos de raza criolla.....	85
Fotografía 3. Esquila de la lana de ovino.....	86
Fotografía 4. Ensayo de resistencia de la lana a los sales.....	87
Fotografía 5. Ensayo de peso específico de la lana de ovino.....	87
Fotografía 6. Ensayo de absorción de la lana de ovino.....	89
Fotografía 7. Ubicación del C.P. de Huaylacucho.....	90
Fotografía 8. Ubicación de la cantera del suelo	91
Fotografía 9. Preparando la muestra de suelo.....	92
Fotografía 10. Cuarteo de la muestra del suelo.....	92
Fotografía 11. Pesando el recipiente donde centenera la muestra.....	93
Fotografía 12. Introduciendo en el horno la muestra de suelo.....	93
Fotografía 13. Muestra de suelo en el horno.....	95
Fotografía 14. Pesando la muestra de suelo.....	95
Fotografía 15. Ingresando la muestra a juego de tamices.....	96
Fotografía 16. Ingresando la muestra lavada y secada a tamices.....	97
Fotografía 17. Pesando las muestras retenidas en los tamices.....	98
Fotografía 18. Tamizando la muestra.....	101
Fotografía 19. Colocando la muestra en la cuchara de bronce.....	102
Fotografía 20. Haciendo la ranura con el acanalador.....	103
Fotografía 21. Giro de la manivela.....	103
Fotografía 22. Tamizando la muestra con tamiz N° 40.....	106
Fotografía 23. Rollitos de prueba.....	107
Fotografía 24. Esfera amasada para el ensayo.....	116
Fotografía 25. Midiendo la esferas de 2 cm de diámetros.....	116
Fotografía 26. Esferas de 2 cm de diámetros para los ensayos.....	117
Fotografía 27. Dejando caer a una altura de 1.50 metros.....	117
Fotografía 28. Pesando el suelo según dosificación.....	123
Fotografía 29. Pesando la cal hidráulica según dosificación.....	124

Fotografía 30. Pesando la lana de ovino según dosificación.....	124
Fotografía 31. Midiendo la cantidad de Agua según dosificación.....	125
Fotografía 32. Agregando cal al suelo para mezclado en seco.....	126
Fotografía 33. Mezclando uniformemente el suelo y la cal.....	126
Fotografía 34. Agregando agua a la mezcla de suelo y cal.....	127
Fotografía 35. Agregando lana de ovino a la mezcla de suelo cal.....	127
Fotografía 36. Mezclando uniformemente los materiales.....	128
Fotografía 37. Moldeando probetas cubicas.....	129
Fotografía 38. Enrasando probetas cubicas.....	129
Fotografía 39. Moldeando probetas prismáticas.....	130
Fotografía 40. Probetas para ensayo a los 7 días.....	132
Fotografía 41. Probetas para ensayo a los 14 días.....	132
Fotografía 42. Probetas para ensayo a los 28 días.....	133
Fotografía 43. Prensa Hidráulica Marca (ELE).....	134
Fotografía 44. Probetas ensayadas a los 7 días de curado.....	135
Fotografía 45. Peso de probetas para ensayo de compresión.....	136
Fotografía 46. Medida de probetas para ensayo de compresión.....	136
Fotografía 47. Colocado de la probeta para su ensayo.....	137
Fotografía 48. Falla de probetas del T-1 con 1% (LO).....	137
Fotografía 49. Falla de probetas del T-2 con 3% (LO).....	138
Fotografía 50. Falla de probetas del T-3 con 4% (LO).....	138
Fotografía 51. Falla de probetas del T-4 con 6% (LO).....	139
Fotografía 52. Falla de probetas del T-5 con 9% (LO).....	139
Fotografía 53. Falla de probetas del T-6 con 12% (LO).....	140
Fotografía 54. Probetas para el ensayo a tracción por flexión.....	155
Fotografía 55. Máquina para ensayo a flexión.....	156
Fotografía 56. Medida de probetas prismáticas.....	157
Fotografía 57. Peso final de probetas para ensayo de flexión.....	158
Fotografía 58. Colocado de las probetas para el ensayo.....	158
Fotografía 59. Aplicando una carga continua a la probeta.....	159
Fotografía 60. Rotura de las probeta.....	159

Fotografía 61. Pesando las probetas luego de secar en el horno durante 24 horas.....	182
Fotografía 62. Tomando las dimensiones de las probetas para ensayo de densidad.....	182
Fotografía 63. Secado de los especímenes en horno durante 24 h.....	188
Fotografía 64. Pesado de las probetas enfriadas.....	189
Fotografía 65. Sumergiendo las probetas durante 24 horas.....	190
Fotografía 66. Retiro de las probetas después de haber sido sumergidos durante 24 h..	190
Fotografía 67. Muestras para el ensayo.....	197
Fotografía 68. Equipo de Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET).....	198
Fotografía 69. Realizando el ensayo de erosión acelerada.....	198
Fotografía 70. Resultado del ensayo de los tratamientos (T).....	199
Fotografía 71. Midiendo la oquedad de los tratamientos (T).....	199
Fotografía 72. Pesando el recipiente donde contendrá la muestra.....	205
Fotografía 73. Introduciendo en el horno la muestra de suelo.....	205
Fotografía 74. Molde para elaboración de ladrillo.....	215
Fotografía 75. Pesando el suelo según la dosificación.....	215
Fotografía 76. Pesando la cal hidráulica según dosificación.....	216
Fotografía 77. Pesando la lana de ovino según la dosificación.....	216
Fotografía 78. Midiendo la cantidad de agua según dosificación.....	217
Fotografía 79. Disposición del suelo y cal hidráulica.....	218
Fotografía 80. Mezclando uniformemente el suelo, cal hidráulica y agua.....	218
Fotografía 81. Mezclado de los materiales para el GEXP-1%(LO).....	219
Fotografía 82. Mezclado uniforme de los materiales del GEXP-1%.....	219
Fotografía 83. Vaciando la mezcla al molde en capas.....	220
Fotografía 84. Elaborando los ladrillos con (LO).....	220
Fotografía 85. Ladrillos protegidos del sol para secado.....	221
Fotografía 86. Ladrillos para el ensayo de resistencia a compresión del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO) a los 28 días de curado.....	223
Fotografía 87. Prensa hidráulica para la compresión de los ladrillos.....	224
Fotografía 88. Ladrillos para ensayo a compresión.....	224
Fotografía 89. Medida de los ladrillo del grupo control (GC).....	225
Fotografía 90. Medida de los ladrillo del grupo experimental (GEXP).....	225

Fotografía 91. Peso de los ladrillos para ensayo de compresión.....	226
Fotografía 92. Colocando del capping de yeso.....	227
Fotografía 93. Ladrillos con una capa de yeso listo para el ensayo.....	227
Fotografía 94. Colocado de la muestra para ensayo.....	228
Fotografía 95. Revisando lo correcto colocado de la muestra por el técnico encargado del laboratorio.....	228
Fotografía 96. Falla del ladrillo del GC, como podemos ver la falla es de forma frágil..	229
Fotografía 97. Falla del ladrillo del GEXP, como podemos ver la falla es por aplastamiento.	229
Fotografía 98. Probetas ensayadas del GC-0%(LO).....	230
Fotografía 99. Probetas ensayadas del GEXP-1%(LO).....	230
Fotografía 100. Lectura registrada de resistencia del ladrillo del GC.....	231
Fotografía 101. Ladrillos para el ensayo del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO) a los 28 días de curado.....	237
Fotografía 102. Equipo para en ensayo de resistencia a flexión.....	238
Fotografía 103. Selección de los ladrillos para el ensayo a flexión.....	239
Fotografía 104. Verificación de las medidas de los ladrillos.....	239
Fotografía 105. Peso de los ladrillos para ensayo a flexión.....	240
Fotografía 106. Verificando la correcta posesión de los ladrillos.....	240
Fotografía 107. Realizando el ensayo a flexión.....	241
Fotografía 108. Realizando los ensayos del GC-0%(LO) Y GEXP-1%(LO).....	242
Fotografía 109. Ladrillos ensayados del GC-0%(LO).....	243
Fotografía 110. Ladrillos ensayados del GEXP-1%(LO).....	243
Fotografía 111. Muestras de ladrillos en horno para el ensayo.....	250
Fotografía 112. Pesando los ladrillos luego de secar en el horno durante 24 horas.....	250
Fotografía 113. Tomando las dimensiones de las probetas para ensayo de densidad....	251
Fotografía 114. Selección de ladrillo para el ensayo.....	254
Fotografía 115. Introduciendo los ladrillos al horno durante 24 h.....	255
Fotografía 116. Pesando los ladrillos después de enfriar a temperatura ambiente.....	255
Fotografía 117. Introducción de los ladrillos al recipiente con agua.....	256
Fotografía 118. Ladrillos sumergidos durante 24 horas.....	256

Fotografía 119. Ladrillos retirados del agua del GEXP-1%(LO).....	257
Fotografía 120. Ladrillos después de sumergido 24 h del GC-0%(LO).....	257
Fotografía 121. Se selecciona los ladrillos para el ensayo de erosión acelerada de forma aleatoria.....	262
Fotografía 122. Instalando el equipo SAET.....	262
Fotografía 123. Ensayo a erosión acelerada del GEXP-1%(LO).....	263
Fotografía 124. Ensayo a erosión acelerada del GC-0%(LO).....	263
Fotografía 125. Ladrillos oreando después del ensayo.....	264
Fotografía 126. Midiendo la oquedad de los ladrillos GEXP-1%(LO).....	264
Fotografía 127. Ensayo de erosión acelerada en GC-0%(LO).....	265
Fotografía 128. Pesando el recipiente donde centenera la muestra.....	267
Fotografía 129. Introduciendo en el horno de la muestra de los ladrillos.....	268
Fotografía 130. Peso de las muestras después de retirarse del horno.....	268
Fotografía 131. Seleccionando los ladrillos para el ensayo.....	271
Fotografía 132. Tomando medias a los ladrillos del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).....	271

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura interna de lana de ovino.....	41
Figura 2: Producción de lana de ovino.....	49
Figura 3. Prototipo para ensayo de Erosión Acelerada Swinburne –SAET.....	68
Figura 4. Etapas del proceso de ejecución de la investigación.....	80
Figura 5. Etapa I del proceso de ejecución de la presente tesis.....	81
Figura 6. Etapa II del proceso de ejecución de la presente tesis.....	82
Figura 7. Comportamiento de la resistencia a compresión del T1: 1%(LO).....	141
Figura 8. Comportamiento de la resistencia a compresión del T2: 3%(LO).....	142
Figura 9. Comportamiento de la resistencia a compresión del T2: 4%(LO).....	143
Figura 10. Comportamiento de la resistencia a compresión del T4: 6%(LO).....	144
Figura 11. Comportamiento de la resistencia a compresión del T5: 9%(LO).....	155
Figura 12. Comportamiento de la resistencia a compresión del T5: 9%(LO).....	146
Figura 13. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de resistencia a compresión (f _b) de probetas a los 14 días de curado.....	147
Figura 14. Comportamiento de la resistencia a compresión del T1: 1%(LO) para 28 días de curado.....	148
Figura 15. Comportamiento de la resistencia a compresión del T2: 3%(LO). Para 28 días de curado.....	149
Figura 16. Comportamiento de la resistencia a compresión del T3: 4%(LO) para 28 días de curado.....	150
Figura 17. Comportamiento de la resistencia a compresión del T4: 6%(LO) para 28 días de curado.....	151
Figura 18. Comportamiento de la resistencia a compresión del T5: 9%(LO) para 28 días de curado.....	152
Figura 19. Comportamiento de la resistencia a compresión del T6: 12%(LO) para 28 días de curado.....	153
Figura 20. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de resistencia a compresión (f _b) de probetas a los 28 días de curado.....	154
Figura 21. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de resistencia a compresión (f _b) de probetas a los 14 y 28 días de curado.....	154
Figura 22. Dimensionamiento de las distancias según ASTM C 78.....	157
Figura 23. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T1: 1%(LO) para 7 días de curado.....	161
Figura 24. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T2: 3%(LO) para 7 días de curado.....	162
Figura 25. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T3: 4%(LO) para 7 días de curado.....	163

Figura 26. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T4: 6%(LO) para 7 días de curado.....	164
Figura 27. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T5: 9%(LO) para 7 días de curado.....	165
Figura 28. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T6: 12%(LO) para 7 días de curado.....	166
Figura 29. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de tracción por flexión (f _{tb}) de probetas a los 7 días de curado.....	166
Figura 30. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T1: 1%(LO) para 14 días de curado.....	167
Figura 31. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T2: 3%(LO) para 14 días de curado.....	168
Figura 32. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T3: 4%(LO) para 14 días de curado.....	169
Figura 33. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T4: 6%(LO) para 14 días de curado.....	170
Figura 34. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T5: 9%(LO) para 14 días de curado.....	171
Figura 35. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T6: 12%(LO) para 14 días de curado.....	172
Figura 36. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de Tracción por flexión (f _{tb}) de probetas a los 14 días de curado.....	173
Figura 37. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T1: 1%(LO) para 28 días de curado.....	174
Figura 38. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T2: 3%(LO) para 28 días de curado.....	175
Figura 39. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T3: 4%(LO) para 28 días de curado.....	176
Figura 40. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T4: 6%(LO) para 28 días de curado.....	177
Figura 41. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T5: 9%(LO) para 28 días de curado.....	178
Figura 42. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T6: 12%(LO) para 28 días de curado.....	179
Figura 43. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de Tracción por flexión (f _{tb}) de probetas a los 28 días de curado.....	179
Figura 44. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del Ensayo de resistencia a tracción por flexión (f _{tb}) de probetas a los 7, 14 y 28 días de curado.....	180
Figura 45: Ensayo de densidad a los 7 días.....	184

Figura 46: Ensayo de densidad a los 14 días.....	185
Figura 47: Ensayo de densidad a los 28 días.....	186
Figura 48. Cuadro de ensayo de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.....	186
Figura 49. Comportamiento de ensayo de absorción de probetas con (LO) para 7 días de curado.....	192
Figura 50. Comportamiento de ensayo de absorción de probetas con (LO) para 14 días de curado.....	193
Figura 51. Comportamiento de ensayo de absorción de probetas con (LO) para 28 días de curado.....	194
Figura 52. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de absorción (%) de probetas a los 7,14 y 28 días de curado.....	194
Figura 53. Equipo para ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET).....	196
Figura 54. Comportamiento de ensayo de erosión acelerada de probetas con (LO) a los 7 días de curado.....	200
Figura 55. Comportamiento de ensayo de erosión acelerada de probetas con (LO) a los 14 días de curado.....	201
Figura 56. Comportamiento de ensayo de erosión acelerada de probetas con (LO) a los 28 días de curado.....	202
Figura 57. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de erosión acelerada de probetas a los 7,14 y 28 días de curado.....	203
Figura 58. Comportamiento de ensayo de contenido de humedad de probetas con (LO) a los 7 días de curado.....	207
Figura 59. Comportamiento del ensayo de contenido de humedad de probetas con (LO) a los 14 días de curado.....	208
Figura 60. Comportamiento del ensayo de contenido de humedad de probetas con (LO) a los 28 días de curado.....	209
Figura 61. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de contenido de humedad de probetas a los 7,14 y 28 días de curado.....	210
Figura 62. Dimensiones en planta del molde para ladrillos.....	212
Figura 63. Dimensiones en elevación del molde.....	212
Figura 64: Grafico de resistencia a compresión de ladrillos del GC: 0%(LO).....	234
Figura 65: Grafico de resistencia a compresión del GEXP-1%(LO).....	236
Figura 66. Resumen de comparación del ensayo de resistencia a la Compresión (f _b) de los ladrillos a los 28 días.....	237
Figura 67. Esquema del ensayo de resistencia a la tracción por flexión.....	242
Figura 68. Comparación de resistencia a flexión de ladrillos del GC: 0%(LO).....	246
Figura 69. Comparación de resistencia a tracción por flexión de ladrillos del GEXP – 1%(LO).....	248
Figura 70. Resumen de comparación del ensayo de resistencia a tracción por flexión (F _{tb}) de los ladrillos a los 28 días.....	249

Figura 71. Resumen del ensayo de densidad para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).....	253
Figura 72. Resumen del ensayo de absorción para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).....	260
Figura 73. Resumen del ensayo de erosión acelerada para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).....	267
Figura 74. Resumen de contenido de humedad para GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).....	271

Fotografías del anexo

Fotografía A 1. Mezclado de suelo, cal y lana de ovino para elaboración de las probetas.

Fotografía A 2. Elaboración de las probetas cubicas y prismáticas.

Fotografía A 3. Elaboración de ladrillos.

Resumen

La presente investigación titulada “Uso de la lana de ovino en ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el distrito-provincia de huancavelica-2018”, se realizó los ensayos respectivos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos I de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica, de la Universidad Nacional de Huancavelica, con el objetivo de determinar la influencia de la lana de ovino (**LO**) en Ladrillos de tierra estabilizadas con cal hidráulica, en diferentes proporciones, en la que se evaluó los efectos en sus propiedades tanto mecánicas y físicas tales como (resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, absorción, densidad y resistencia a la erosión).

Para la ejecución de la tesis se obtuvo la tierra procedente de la comunidad de Huaylacucho y la lana de ovino de la raza criolla ya que esta raza es la más criada en la provincia de Huancavelica y la que tiene menor costo por ser una fibra de descarte, y la cal hidráulica la que es comercial en la provincia.

Como primera etapa de la investigación, la metodología que se usó, es realizar diferentes tratamientos (**T**) con porcentajes de 1%, 3%, 4%, 6%, 9% y 12% de (**LO**) con respecto al peso del suelo seco para la dosificación de las probetas, analizándolos en 6 probetas cúbicas de 10 cm de lado y 6 probetas prismáticas de 10x10x40 cm, para los ensayos a compresión y flexión respectivamente por cada tratamiento, a las cuales se realizaron ensayos tanto mecánicos (resistencia a la compresión (**f_b**), resistencia a la flexión (**f_{tb}**)), como físicos (Densidad, Absorción, Contenido de Humedad y Erosión Acelerada), a los 7, 14 y 28 días de CURADO a temperatura Ambiente; una vez obtenidos los datos de los ensayos en laboratorio, estos fueron procesados, de la cual se obtuvo como el más óptimo la dosificación con **1%(LO)** en todos los ensayos con una resistencia a la compresión $f_b = 22.10 \text{ kg/cm}^2$ y resistencia a la flexión $f_{tb} = 6.94 \text{ kg/cm}^2$, con una densidad de 1.899 kg/cm^3 , Absorción de 22.951 %, Erosión acelerada de 7 mm y un contenido de Humedad de 10.10 %; posteriormente esta dosificación se usó en la elaboración de los ladrillos.

Como segunda etapa se procedió elaborar 18 ladrillos con la dosificación elegida del **T1: 1%(LO)** y 18 ladrillos con la dosificación estándar **T0: 0%(LO)** (Control), de las cuales 6 ladrillos se destinaron para el ensayo de resistencia a la compresión (**f_b**), 6 ladrillos para el

ensayo de resistencia a la flexión (f_{tb}), 3 ladrillos para ensayo de densidad, 3 ladrillos para ensayo de absorción (%), 3 ladrillos para ensayo de erosión acelerada y 3 ladrillos para contenido de humedad todas a los 28 días.

El resultado de resistencia a la compresión (f'_b) del ladrillo con la dosificación del **T1: 1%(LO)** fue de 37.53 kg/cm²; la resistencia a la flexión es de 11.32 kg/cm², así mismo la densidad fue de 1.54 kg/m³. El porcentaje de absorción es de 20.92 % la cual cumple con el **RNE E.070**; la resistencia a la erosión acelerada es de 7.73 mm y finalmente el contenido de humedad es de 14.09 %.

Palabras Claves: Lana de ovino, Resistencia a Compresión, Resistencia a flexión, Resistencia a la erosión, Absorción, Densidad y Erosión Acelerada.

Abstract

The present investigation titled "Use of the wool of ovine in bricks of earth stabilised, for walls of masonry in the district-province of huancavelica-2018", realised the respective essays in the Laboratory of Mechanics of Floors I of the Professional School of Civil Engineering – Huancavelica, of the National University of Huancavelica, with the aim to determine the influence of the wool of ovine (**WO**) in Bricks of earth stabilised with cal hydraulic, in different proportions, in which it evaluated the effects in his so much mechanical properties and physical such as (resistance to the compression, resistance to the flexión, absorption, density and resistance to the erosion).

For the execution of the thesis obtained the pertinent earth of the community of Huaylacucho and the wool of ovino of the creole race since this race is the more servant in the province of Huancavelica and the one who has lower cost for being a fibre of descarte, and the cal hydraulic the one who is commercial in the province.

As first stage of the investigation, the methodology that used , is to realise different treatments (**T**) with percentages of 1%, 3%, 4% ,6%, 9% and 12% of (**T**) regarding the weight of the dry floor for the dosage of the probetas, analysing them in 6 probetas cubicas of 10 cm sideways and 6 probetas prismatic of 10x10x40 cm, for the essays to compression and flexión respectively by each treatment, to which realised essays so much mechanical (resistance to the compression (**f'b**), resistance to the flexión (**f'tb**)), as physical (Density, Absorption, Contained of Humidity and Erosion Accelerated), to the 7, 14 and 28 days of cured to temperature Acclimatise; once obtained the data of the essays in laboratory, these were processed, of which obtained like the most optimum the dosage with **1%(WO)** in all the essays with a resistance to the compression $f'b = 22.10 \text{ kg/cm}^2$ and resistance to the flexión $f'tb = 6.94 \text{ kg/cm}^2$, with a density of 1.899 kg/cm^3 , Absorption of 22.951 % , Erosion accelerated of 7 mm and a content of Humidity of 10.10 %; later this dosage used in the preparation of the bricks.

As second stage proceeded elaborate 18 bricks with the dosage chosen of the **T1: 1%(WO)** and 18 bricks with the standard dosage **T0: 0%(WO)** (Control), of which 6 bricks allocated

for the essay of resistance to the compression ($f'b$), 6 bricks for the essay of resistance to the flexión ($f'tb$), 3 bricks for essay of density, 3 bricks for essay of absorption (%), 3 bricks for essay of erosion accelerated and 3 bricks for content of humidity all to the 28 days.

The result of resistance to the compression ($f'b$) of the brick with the dosage of the **T1: 1%(WO)** was of 37.53 kg/cm²; the resistance to the flexion is of 11.32 kg/cm², likewise the density was of 1.54 kg/m³. The percentage of absorption is of 20.92 % which fulfils with **the RNE** And.070; the resistance to the erosion accelerated is of 7.73 mm and finally the content of humidity is of 14.09 %.

Key words: Lana of ovine, Resistance to Compression, Resistance to flexion, Resistance to the erosion, Absorption, Density and Erosion Accelerated.

Introducción

En estos últimos años los costos de construcción de viviendas con materiales de construcción convencionales (agregados, cemento, acero y ladrillos), son altos con tendencia a incrementarse, esto a pesar de adquirirlo dentro de la ciudad de Huancavelica, esto se incrementa más aun en zonas fuera de la ciudad en las zonas rurales, motivo por el cual los pobladores de bajo recurso económico construyen sus viviendas mediante el sistema de “autoconstrucción” con la fabricación “in situ” de elementos de tierra, la tierra sola no garantiza la seguridad y confort para el poblador. De ahí nace la idea de reforzar al suelo y fabricar ladrillos no cocidos, mediante insumos que son disponibles en el área rural como la lana de ovino y el suelo arcilloso.

La investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia de la lana de ovino en Ladrillos de tierra estabilizadas, para lo cual el estudio ha comprendido en añadirle lana de ovino en diferentes porcentajes al suelo estabilizado con cal hidráulica, y así elaborar una nueva unidad de albañilería de tierra cruda a la cual se realizaron ensayos físicos y mecánicos.

Con este estudio se busca incentivar a la autoconstrucción de unidades de albañilería (ladrillos) para la construcción de viviendas de las poblaciones de bajo recursos económicos del área rural, brindándoles una unidad de albañilería alternativo a las ya existentes en el mercado, este ladrillo además de no requerir mano de obra calificada y con la fortaleza de que todas sus componentes son accesibles a los pobladores y en abundancia para poder producirlo por cualquier poblador. Asimismo, brindándole seguridad y confort y es amigable con el medio ambiental.

Capítulo I: Problema

1.1 Planteamiento Del Problema

En la Provincia de Huancavelica, El principal problema es la falta de oportunidades laborales razón por la cual el alto porcentaje de pobreza de sus pobladores, agravándose este problema en el área rural, debido a este problema el difícil acceso de sus pobladores a las tecnologías y materiales convencionales para poder edificar sus viviendas; Las tecnologías y los materiales convencionales están lejos de ser la respuesta para los segmentos más pobres de la sociedad, que por encima de todo, están más enfocados en luchar por su pan de cada día.

Por otro lado, En países en vías de desarrollo más de la mitad de la población aun habitan en viviendas construidas con tierra debido a los costos elevados del hormigón armado y el ladrillo. Es una evidencia que los altos requerimientos de viviendas en nuestra provincia de Huancavelica no pueden ser resueltos empleando materiales que para la mayoría no son accesibles. En tanto la tierra ha sido uno de los materiales de construcción utilizados por el hombre desde tiempos pre históricos, tanto en edificios de carácter popular como en edificios representativos y monumentos.

Así mismo, el empleo de la tierra como material de construcción tiene la principal ventaja de ser un material ecológico y disponible en todo el mundo. Asimismo, además de proveer un aislamiento de calor y el frio, la tierra proporciona un buen aislamiento acústico, crea un equilibrio en la humedad del ambiente y tiene la capacidad de absorber sustancias dañinas.

A pesar de tener muchas ventajas y fortalezas el uso de la tierra como material de construcción, se necesita garantizar que provean seguridad y confort para el hombre, en ese sentido la tierra sola no garantiza tales requerimientos para lo cual es necesario buscar otras materias naturales que al mezclarse con la tierra puedan resultar un excelente material para la construcción de manera ecológica, sostenible en la naturaleza.

Por tal razón nace la preocupación de usar materiales ecológicos que minimicen la contaminación. Desde ese punto de vista reflexionamos y planteamos esta investigación con el objetivo de mejorar la tierra mediante la adición de cal y la fibra de lana de ovino, de esa manera garantizar las expectativas de la Norma Peruana.

1.2 Formulación Del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018?

1.2.2 Problemas Específicos.

- ¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en las características mecánicas en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018?
- ¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en las características físicas en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018?

- ¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en la dimensión Económica en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Determinar la influencia de la lana de ovino en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de la lana de ovino en las características mecánicas en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.
- Determinar la influencia de la lana de ovino en las características físicas en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.
- Determinar la influencia de la lana de ovino en la dimensión económica en Ladrillos de tierra estabilizada, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.

1.4 Justificación

Los materiales convencionales como el ladrillo cocido y el hormigón tienen un costo elevado para poder construir en zonas rurales o periféricas de las ciudades andinas, gracias a esto muchas familias en condiciones económicas bajas fuera de la ciudad, no pueden acceder a estos materiales, y una de las alternativas es la utilización del suelo arcilloso como alternativa de construcción para sus viviendas, así mismo los materiales de construcción es uno de los emisores mayores de contaminantes al medio ambiente, y es la que consume más energía para su producción, muchos investigadores ponen énfasis en investigar y encontrar un material ecológico y sostenible para la construcción de viviendas. La búsqueda de nuevos y abundantes materiales que beneficien al medio ambiente, y al hombre hace la razón de utilizar la tierra como material de construcción que pueda ser útiles en la edificación de viviendas económicas, pero la tierra sola no cumple las expectativas de un material de construcción, para lo cual necesita de una combinación con diferentes materiales que proporcione refuerzos a dicho material.

Por lo tanto, se pretende elaborar ladrillos de arcilla no cocido reforzadas con cal, y fibra de lana de ovino, con la finalidad de incorporar una unidad de albañilería de fácil manejo en la construcción de viviendas de bajo costo que sea accesible a las familias de recursos económicos bajos que radican en las periferias de las ciudades andinas como de la ciudad de Huancavelica, este ladrillo además de no requerir mano de obra calificada con la fortaleza de que todas sus componentes es accesible a los pobladores y en abundancia para poder producirlo por cualquier poblador de bajo recurso

económico, asimismo garantiza la seguridad, y contrarresta el frío extremo ya que este ladrillo cumple también la función térmica.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes

A Nivel Internacional:

Becerra, (2016) realizó la investigación de *“Experimentación con cal y fibra de cabuya en la estabilización de tierra como material de construcción.”* Donde la finalidad de esta investigación era de mejorar las propiedades mecánicas de la tierra para ser utilizados como material de construcción. En la Universidad Católica de Loja. La investigación llegó a la siguiente conclusión:

- La tierra no es un material de construcción estandarizado por lo cual su composición depende del lugar de donde se extrae y para caracterizar correctamente a qué tipo de suelo nos enfrentamos es necesario hacer los ensayos respectivos.
- La tierra es resistente a compresión no así a tracción para mejorar este comportamiento en este trabajo se emplea cal y fibra de cabuya alcanzando 17 kg/cm².
- El porcentaje de cal aplicado en la dosificación final es de 8 %, determinado por que fue el que mostro el mayor incremento en la resistencia a flexión. Determinado mediante ensayos de laboratorio.
- La utilización de la fibra de cabuya impide las figuraciones en el secado y reparte las tensiones debidas a la retracción de la arcilla en toda la masa del material acelera el secado al drenar la humedad al exterior a través de los canales de la fibra aligera el material disminuyendo su masa volumétrica mejorando sus

propiedades aislantes aumentando la resistencia a la tracción es su contribución más importante.

También Amorós, (2011) realizó la investigación de *“Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra, cruda con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal”* en la Universidad Politécnica de Madrid. La investigación llegó a la siguiente conclusión:

- La adición de las algas hace aumentar el peso húmedo de los ladrillos hasta medio kilo (un 12% más que el peso de los ladrillos de referencia), pero esta gran diferencia se ve reducido cuando los ladrillos comienzan su secado, quedando finalmente eliminado tras su paso por la estufa donde presentan todos pesos cercanos a los 4 kilos.
- Ninguno de los ladrillos consiguió mejorar el comportamiento a flexión de los ladrillos en referencia, disminuyendo hasta un 27.2% en el caso más desfavorable (10% de algas). Dentro de los resultados, el porcentaje que mejor trabajo a flexión fue el de 5% de algas, que alcanzó valores un 20% por debajo de la referencia. Sin embargo, la experimentación con el 3% de diatomeas en fibra obtuvo resultados satisfactorios, ya que consiguió resistencias de hasta 2,051 N/mm², mejorando incluso la resistencia de las probetas de referencia.
- Los experimentos con la diatomea dieron resultados parecidos a los ladrillos con algas, y en caso de diatomeas en fibra fueron incluso hasta un 38.8% menores que la resistencia de los ladrillos de referencia lo que descarta completamente su empleo como aditivo para estos ladrillos en caso de querer mejorar su comportamiento a compresión

- Todos los ladrillos ensayados que poseían cualquier porcentaje de algas obtuvieron menor resistencia a compresión de los ladrillos de referencia llegando a perder hasta el 16% de su capacidad. El caso menos desfavorable corresponde a la serie con un 10% de algas, solo vio mermada su resistencia un 5.8%.

Cabe agregar Páliz (2014), Realizó la investigación *“factibilidad del uso del raquis de palma africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos”* en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Ecuador. La investigación llegó a la siguiente conclusión:

- Una vez que se determinó los respectivos análisis, se llegó al proceso de fabricación de cuatro muestras diferentes, donde se incluyó el raquis de palma africana como componente principal y se obtuvo por medio de las pruebas mecánicas las resistencias de cada ladrillo, donde el ladrillo “A” obtuvo una resistencia de 14,38 Mpa, el ladrillo “B” una resistencia de 4,4 Mpa, ladrillo “C” 3,34 Mpa y ladrillo “D” 11,20 Mpa.
- Se determinó mediante los principios mecánicos y físicos que el residuo de la palma africana “Raquis” puede constituirse en un sustituto de los agregados en la elaboración de ladrillos, dando oportunidad a un producto menos contaminante e innovador.
- Se realizó las pruebas mecánicas de resistencia y se eligió como apto y calificado al ladrillo modelo “A”, por obtener mayor resistencia, y un peso de 1.07 gr/cm³ más liviano que los ladrillos convencionales cuyo peso es de 1.80 gr/cm³, superándolos notablemente.

También Montes (2009), realizó la investigación de “Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia haw en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado”. En el Instituto Politécnico Nacional en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oxaca. Donde llegó a la conclusión:

- La adición de fibra de bagazo de Agave Angustifolia Haw al adobe compactado incremento la resistencia a flexión de 0.560 MPa a 0.604 MPa, existe un incremento en la resistencia de 7.86% con respecto al adobe compactado testigo.
- La adición de fibra de bagazo de Agave Angustifolia Haw al adobe compactado incremento la resistencia a compresión de 6.858 MPa a 8.512 MPa, existe un incremento en la resistencia de 24.12% con respecto al adobe compactado testigo.
- El tratamiento que incrementó la resistencia a compresión fue el de una concentración de 1.00% de fibra con respecto al peso del adobe y una longitud de fibra de 25mm.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 La actividad ganadera en el Perú

La crianza de la cadena productiva de ovinos a lo largo del territorio nacional es de vital importancia para la economía de la población rural. Actualmente con mayor énfasis en la zona alto andina del Perú entre los 3,000 a 4,200 msnm. Con características de crianza extensiva y semi-intensiva en Costa y en Selva. El ovino

ha logrado mantener su presencia porque se integra con otros tipos de crianzas: vacunos y camélidos encima de los 4,000 msnm.

Según la Dirección General de Competitividad Agraria Dirección de Información Agraria (2013, pp 34), La importancia en el aspecto económico y social en la cadena productiva de ovinos en el Perú con certeza, es la caja de ahorro del poblador rural andino dentro de su economía familiar. Parte de la costumbre es ahorrar en especie animal, y el ovino tiene la preferencia por su rápida comercialización. La crianza del ovino en el país se desarrolla en un 70% para la comercialización informal y consumo en carne, lana, pieles y abono principalmente. La cadena productiva de ovino en el Perú viene creciendo a una tasa promedio anual de 2.17% en los últimos trece años. La cadena ovina en el año 2012, generó un valor bruto de la producción de 440.3 millones de nuevos soles con unos 90.3 miles de toneladas, registrándose el mayor valor en este periodo. Entre el año 2000 al 2012, el valor bruto de la producción tuvo un crecimiento del 16.2%. El cálculo del VBP de la cadena de ovinos, considera la producción de carne, lana y piel en su conjunto.

A. Producción ganadera de ovinos en el Perú

El Perú tiene una población ovina de 14 580 166 cabezas las que se distribuyen en mayor porcentaje en la región Sierra, seguido de la Costa y la Selva. Los principales productos que se obtienen son lana y carne. La producción nacional de lana alcanza las 10 895 toneladas anuales. (MINAG, 2007).

Así mismo (MINAG, 2003, citado por Guzmán 2009), menciona la crianza de ovinos se encuentra concentrada principalmente a nivel de pequeños productores en sistemas extensivos, basados en la alimentación con pastos

naturales en las zonas alto andinas, y con residuos de cosechas y malezas a nivel de los valles costeros, interandinos y de las vertientes. A nivel de la crianza familiar, predomina el ovino Criollo, con buena rusticidad y producción de lana y carne.

Tabla 1: *Población nacional de ovinos por departamentos.*

Años	Población de ovinos (Miles de unidades)		Producción de lana (t)
2000	14 296 700		12 361
2001	14 296 700		12 577
2002	14 046 600		11 307
2003	14 752 900		11 319
2004	14 734 800		11 237
2005	14 822 200		10 912
2006	14 781 300		10 374
2007	14 580 166		10 895

Fuente: Ministerio de Agricultura – Dirección General de Información Agraria – Dirección de Estadística (2007).

B. Población nacional de ovinos por departamentos.

La población de ovinos, a nivel nacional es de 14 580 166 y de los principales departamentos se presenta en la siguiente tabla 2.

Según Vargas (2016, p.7) total de la población ovina que se cuenta en el país el mayor porcentaje lo posee el ganado criollo con 81 por ciento, seguido de la raza Corriedale con 11 por ciento, continuando con 4 por ciento otras razas, 3 por ciento representado por la raza Hampshire Down y finalmente 1 por ciento representado por la raza Black Belly.

Tabla 2: *Población nacional de ovinos por departamentos*

Departamentos	Población (2007)	Participación (%)
Tumbes	8 750	0.06
Piura	263 896	1.59
Lambayeque	77 846	0.53

La Libertad	413 495	2.83
Cajamarca	853 122	6.43
Amazonas	39 571	0.27
Ancash	793 399	5.44
Lima	324 238	2.22
Ica	21 815	0.14
Huánuco	1 054 504	7.23
Pasco	950 105	6.51
Junín	1 214 210	8.32
Huancavelica	975 777	6.69
Arequipa	266 519	1.82
Moquegua	80 662	0.55
Tacna	41 334	0.28
Ayacucho	846 254	5.80
Apurímac	823 627	5.64
Cusco	2 300 000	15.77
Puno	3 917 920	26.87
San Martín	20 491	0.14
Loreto	3 724	0.03
Ucayali	14 319	0.10
Madre de Dios	6 245	0.04
Total	14 580 166	100

Fuente: Direcciones Regionales Agrarias- Dirección de Informática Agraria (2007).

C. Ovinos y Razas en el Perú

Según Ordoñez (2017, p.13) La crianza ovina en el Perú tiene importancia económica, social y ecológica. La importancia ecológica radica en que el 79.9% de la población ovina se cría en la sierra alimentándose con pastos naturales que crecen en campos no aptos para la agricultura.

Así mismo la Dirección General de Competitividad Agraria Dirección de Información Agraria (2013, p. 27), En el Perú, la ovinocultura tiene una importancia económica sino es mayor, por lo menos es igual a la bovinocultura. Los ovinos pueden pastorearse conjuntamente con los vacunos sin que exista competencia por el alimento, debido a la diferente forma de aprehensión del

pasto, los vacunos prefieren los pastos altos, mientras que los ovinos los pastos bajos, lo que permite elevar la productividad de la tierra hasta en un 25% sin afectar la condición de las pasturas. Los ovinos aprovechan eficientemente los subproductos de la agricultura (rastros de cosecha) que en su mayoría son alimentos fibrosos que sólo los rumiantes como los ovinos, pueden convertir en carne, lana, pieles y leche para el uso del hombre.

- ✓ Ovino criollo.
- ✓ Ovino Raza Corriedale
- ✓ Ovino raza junin.
- ✓ Ovino Raza Hampshire Down.
- ✓ Ovino Raza Assaf.
- ✓ Raza Asblack.

D. Ovino Criollo.

Según Ordoñez (2017, p.11) El origen del ovino criollo data de la época de la conquista en los siglos XVI y XVII donde los españoles introdujeron ganado ovino proveniente de la Península Ibérica siendo los llamados troncos étnicos: Merino, Entrefino, Churra e Ibérico. A partir de estos troncos se formaron las razas españolas actualmente conocidas. El ovino criollo es altamente rustico, con buena aptitud reproductiva y materna, con capacidad lechera, adaptable al medio de trabajo del hombre de campo (versátil); son de bajo costo de adquisición y con una mínima inversión en su producción La crianza de estos está dada por pequeños criadores y Comunidades Campesinas, generalmente

las mujeres son las que desempeñan el rol de crianza, estas lo utilizan más para la producción de carne, algunas no esquilan y otras los hacen cada 2 años.

2.2.2 Lana de ovino

A. Definición

La lana de ovino es una fibra textil formada en los folículos de la piel del ovino que integra el vellón del animal. Constituye una fibra suave y rizada, que en forma de vellón recubre el cuerpo de las ovejas.

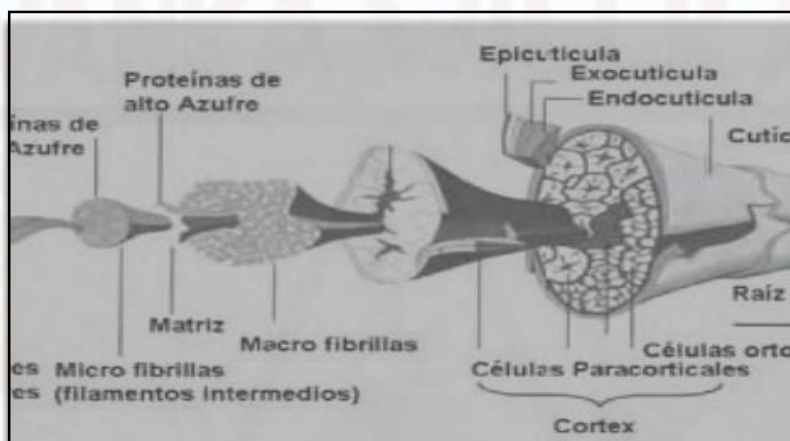


Figura 1. Estructura interna de lana de ovino.

Según, Andrade, (2016), Está formada a base de la proteína llamada Queratina. Cada fibra es segregada en un folículo piloso y consta de una cubierta externa escamosa (lo que provoca el enfieltado) que repele el agua, una porción cortical y otra medular (que absorbe la humedad). Varía entre 12 y 120 micras de diámetro, según la raza del animal productor y la región de su cuerpo, y entre 20 y 350 mm de longitud. La fibra de lana es una producción dérmica como resultado de la actividad de las células del folículo lanoso. Con los folículos se encuentran estructuras que vienen de dos glándulas sebáceas y una glándula sudorípara y un músculo erector que se encuentra en folículos primarios.

B. Origen

Para hablar del origen de la lana de oveja es necesario referirnos a la oveja, animal del cual se extrae la materia prima. Este animal es un mamífero rumiante, perteneciente a la familia de los bóvidos, que se caracteriza por estar cubierto de lana de diferente color, longitud y finura.

Para Barahona citado por Andrade (2016, p. 12) Históricamente hablando a finales del feudalismo, se produjo una serie de cambios económicos, políticos y tecnológicos y que refiriéndonos a la producción agrícola, en este contexto la oveja se transformó en competidora de la granja, ya que la lana era muy productiva y por su gran importancia en la industria de la confección, forma parte de la historia comercial, y de esta forma la oveja llega a ser parte de una revolución social y económica.

C. Esquila de la lana

Según Andrade (2016, p. 24) La esquila es el proceso de extracción de la lana o el pelo de un ganado o de otros animales. En el caso de la oveja mediante un corte adecuado se obtiene una pieza entera de fibras de lana, denominada vellón. Esta técnica da sentido al término esquilar, ya que cuando son quitados los pelos o lana a trechos, sin orden ni arte, surge el término trasquilar. El peso promedio del vellón de una oveja de la mejor variedad es de 4,5 kg.

La producción de lana de alta calidad depende en forma directa de la genética del animal, el clima y la nutrición. Sin embargo el manejo adecuado de las técnicas de esquilado de los animales, contribuyen en gran medida a mantener o incluso a superar la calidad de los vellones obtenidos.

D. Características de la lana de ovino

La lana de oveja presenta una serie de características de gran importancia

Tabla 3: Características de la lana de ovino.

CARACTERÍSTICAS	DEFINICIÓN
Inflamabilidad	Deja de arder el momento que se extingue la fuente de combustión.
Termoaislante	Evita que el aire frío penetre y que el calor corporal escape, permitiendo una transpiración del cuerpo, por lo que las prendas son usadas tanto en el calor como el frío.
Liviana	Los vellones son livianos y fáciles de transportar
Diámetro	El diámetro es la característica más importante, ya que determina los usos finales de la lana. Estimaciones norteamericanas, establecen que el diámetro tiene una importancia relativa del 8% en el precio de la lana. Las lanas finas son para fabricar artículos de vestir, suaves y de gran calidad. Las lanas gruesas se destinan para la fabricación de alfombras.
Largo	El largo de la fibra de la lana representa el 15-20% del precio, su importancia radica en que determina el destino que llevara la lana durante el proceso industrial. Existen 2 sistemas de hilado: el peinado y el cardado, los cuales producen hilados de características y valor diferentes.
Resistencia	Lo que se busca de la lana es que sea lo más resistente posible a la tracción. Existe variación del diámetro a lo largo de la fibra,

	variación debida fundamentalmente a factores ambientales, particularmente la nutrición. Por ejemplo, una fibra de lana de 30 micrones de diámetro, tiene una resistencia a la tracción de 16 gramos. La misma fibra, pero debilitada, es resistente a lo sumo 11 gramos. Es importante destacar que el mínimo de resistencia necesario para que la lana pueda ser trabajada en la industria es de 8,5 gramos, para lanas de 30 micras.
Color	El color de la lana sucia es importante para el comprador de lana, ya que puede predecir cuales coloraciones pueden ser eliminadas por el lavado y cuáles no. En la industria, sin embargo, el color que interesa es el que presenta la lana luego de que ha sido lavada, luego que fueron quitados la suarda, el polvo y los tipos de colorantes que desaparecen con el lavado.
Peinado e hilado	Esto permite que si se someten a considerables tensiones a las fibras de lana, poseer extensibilidad suficiente para conservarse íntegras a través de los mencionados procesos.
Elasticidad	Significa que la lana regresa a su largo natural, luego de estirarse, dentro de ciertos límites, ya que llega un momento en que al romperse los enlaces químicos la lana no vuelve a su largo original. La elasticidad de la lana es debida a la estructura helicoidal de sus moléculas. Gracias a esta propiedad la lana tiene la habilidad de retener la forma de las

	vestimentas y mantener la elasticidad de las alfombras. Esta característica es muy valorada por los industriales textiles
Higroscopicidad	Todas las fibras naturales absorben la humedad de la atmósfera y entre ellas la lana es la que lo realiza en mayor proporción; la lana es higroscópica, es decir que absorbe vapor de agua en una atmósfera húmeda y lo pierde en una seca. La fibra de lana es capaz de absorber hasta un 50% de su peso en escurrimiento.
Flexibilidad	Debido a esto se pueden doblar con facilidad, sin quebrarse o romperse. Esta propiedad es de gran importancia para la industria, tanto en hilandería como en tejeduría para lograr tejidos resistentes.

Fuente: www.cdrtcampos.es/lanatural/info_lana.htm.

Cabe agregar Huanco (2014), Las distintas propiedades físicas de la lana como el diámetro y longitud de mecha, rendimiento al lavado, resistencia y color, varían por efecto de la raza, zona agroecológica y parte del vellón a que corresponda la lana en estudio:

E. Propiedades químicas de la lana de ovino

La fibra de lana está constituida básicamente por una proteína denominada QUERATINA (insoluble), con átomos de azufre en su molécula. Esta proteína es un compuesto químico muy complejo constituido mínimo por 20 aminoácidos. Estos se enlazan entre sí por uniones péptidas, para formar moléculas de larga cadena, responsables de las características estructurales.

Cabe agregar Andrade, (2016) La fibra de lana contiene cinco elementos químicos; Carbono. Oxígeno, Nitrógeno, Hidrogeno. Los primeros cuatro son elementos constituyentes de los aminoácidos, mientras que el azufre forma parte de la cistina y metionina.

El componente principal de la lana es la queratina, que se encuentra también en las uñas, en el cabello humano, los cuernos y las pezuñas. La queratina está compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 4: Composición de la queratina.

Componentes	Porcentaje
Carbono	50%
Oxígeno	23%
Nitrógeno	17%
Hidrógeno	7%
Azufre	3%

Fuente: Cervantes.

- ✓ **Efecto de los ácidos:** La lana es resistente a la acción de los ácidos suaves o diluidos, pero los ácidos minerales concentrados, como por el sulfúrico y el nítrico provocan desdoblamiento y descomposición de la fibra. Sin embargo, soluciones diluidas de ácido sulfúrico son usados durante el proceso industrial de la lana para carbonizar la materia vegetal adherida a las fibras.
- ✓ **Efecto de los solventes orgánicos:** La mayoría de los solventes orgánicos usados comúnmente para limpiar y quitar manchas de los tejidos de lana, son seguros en el sentido que no dañan las fibras de lana. (ANCOEC 2013, Citado por Andrade 2016).

F. Características físicas de la fibra

Propiedades físicas de la fibra:

Las distintas propiedades físicas de la lana como el diámetro y longitud de mecha, rendimiento al lavado, resistencia y color, varían por efecto de la raza, zona agroecológica y parte del vellón a que corresponda la lana en estudio (García, 1975).

- ✓ **Diámetro:** Es el grosor o finura de la fibra que se mide en micras (μ); es decir, a la medida de su sección transversal. Constituye una determinación que define el uso manufacturero de una finura textil (Carpio, 1978).

Así mismo Helman, (1965) menciona que el diámetro de la fibra, es influenciado por diversos factores que condicionan el grado de uniformidad o variabilidad. La variación del diámetro se encuentra afectada por factores genéticos así como raza, individuo, zona del cuerpo, sexo y edad, siendo el más importante el factor alimenticio.

- ✓ **Longitud:** Se refiere al crecimiento de la fibra de lana durante un año o desde una esquila a la siguiente. Es la distancia entre la base y la punta de la fibra expresada en cm. Se relaciona con el diámetro; es decir, fibras más finas crecen con mayor lentitud que las más gruesas (García 1985).

Tabla 5: Diámetro y longitud de mecha de las principales razas ovinas

Raza	Diámetro promedio (μ)	Finura en counts ('s)	Longitud de mecha (cm)
Merino Australiano fino	18 - 21	70 - 80	7 - 13

Merino Australiano	21 - 25	60 - 64	7 - 13
Merino Precoz Francés	19 - 25	60 - 70	6 - 9
Hampshire	27 - 29	50 - 56	4 - 8
Suffolk	27 - 29	50 - 56	5 - 9
Corriedale	27 - 29	50 - 56	10 - 16
Romney Marsh	29 - 31	46 - 50	12 - 16
Texel	28 - 35	46 - 56	16
Lincoln	39 - 41	36	20 - 40

Fuente: García (1975).

- ✓ **Ondulaciones o rizos:** Las ondulaciones son curvas u ondas regulares, sucesivas y uniformes colocadas en un mismo plano a lo largo de toda la fibra, siempre se asocia a las lanas de buena calidad de manera que la lanas rizadas tienen mayores cualidades textiles que las que no son rizadas, debido a su capacidad de elasticidad y torsión que facilita las operaciones de hilado (Aliaga, 2006).
- ✓ **Peso específico:** El peso específico es variable según la humedad que contenga. Así cuando está completamente seca es de 1,30 gr. /cm³. A un reprise de humedad de 17%, su valor es de 1,31 mientras que para su absorción de agua del 35%, su valor está alrededor de 1,34gr. /cm³. (soto, 2017).
- ✓ **Resistencia:** La fibra de lana posee una resistencia no muy elevada, del orden 1 a 1,8 gramos por denier, lo que corresponde a un promedio de 17 kg por mm².
- ✓ **Elasticidad:** Decimos que un cuerpo es elástico cuando tiene la capacidad de volver a su longitud primitiva una vez estirado, cuyo valor

para la lana es muy precioso, el porcentaje de recuperación de un estiramiento de 2 a 5% es del 99%.

G. Producción de lana de ovino

La producción de lana el año 2012, alcanzó las 10,946 toneladas presentando un incremento de 6.4% con respecto al año 2011. Además la producción creció un 8.53% en el periodo 2008-2012, siguiendo la tendencia ascendente en estos cinco años.

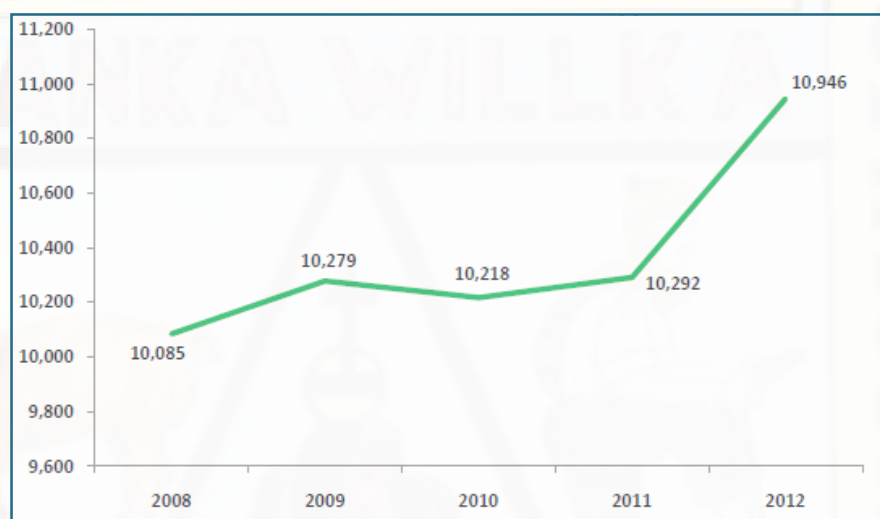


Figura 2: Producción de lana de ovino.

2.2.3 Uso de la lana de ovino en las Edificaciones

En el sector de la construcción existen productos “verdes”, por ejemplo las tejas del techo a base de neumáticos reciclados o los muros, pisos y cubiertas hechos de plásticos también reciclados.

Cabe mencionar Rosas (2016, p.19) Materiales agrícolas fibrosos como la paja, el lino, el cáñamo y la lana de oveja también han sido investigados como factibles productos aislantes, y todos son ejemplos de la tendencia hacia los materiales

sostenibles en la construcción de viviendas y otras estructuras. Desde el punto de vista del desarrollo sostenible, escoger materias primas renovables, disponibles a nivel local y reciclable como la madera, piedra, paja, fibras y la lana de oveja son la solución. Debido al aumento del uso de los recursos se produce el agotamiento, el consumo de energía y la contaminación del medio.

La utilización de materiales naturales de recursos renovables toma mayor envergadura debido a que sus propiedades físicas y mecánicas son equiparables con los materiales convencionales (lana mineral, poliestireno o poliuretano). Por un lado, los materiales convencionalmente usados en el sector de la construcción es el Poliestireno expandido (EPS) como aislante térmico, sin embargo su uso está vinculado con problemas ambientales y de salud, debido a la alta inflamabilidad y como consecuencia vapores tóxicos (Doroudiani & Omidiam, 2010 Citado por Rosas, 2016).

A. Ventajas de la lana de ovino.

Tres aspectos relevantes para el uso de este material: reacción al fuego, resistencia a los insectos (polillas) y al ataque de hongos.

B. Propiedades ambientales.

La lana cuenta con propiedades físicas que lo definen como materia prima para su uso como aislamiento térmico en edificios, su natural capacidad de regular la temperatura y rendimiento térmico, su resistencia, ser un material higroscópico y sus resistencia al fuego. Otra ventaja del material frente a los aislamientos convencionales (por ejemplo la fibra de vidrio) es la instalación, ya que no necesita de un equipo de protección especial para realizarse, no

presenta ningún problema para las vías respiratorias y ni tampoco para la visión. (Insulation, 2013) citado por Rosas (2016).

C. Conductividad técnica.

Para Rosas (2016), El valor de conductividad térmica de lana de oveja. Como se sabe para que el material aislante tenga una mejor actuación y sea óptimo debe tener un valor muy bajo. La presentación en mantos tiene una conductividad térmica de 0.035 W/mk.

2.2.4 La tierra cruda como material de construcción

La tierra es uno de los materiales más abundantes que existe en el planeta, de muchas propiedades ventajosas para ser usados en la construcción de viviendas económicas.

Según Amorós, (2011, p.3) es el material más abundante que poseemos en nuestro planeta es uno de los elementos imprescindibles en el proceso de la edificación y su empleo es conocido desde los tiempos antiguos, ya que en pueblos mediterráneos, e incluso en la américa pre-colombina ya era conocida la fabricación de adobes. En la lengua castellana, *adobe* se usa para diferenciar al ladrillo crudo del cocido, y el empleo de esta palabra está documentado ya en escritos de principios del siglo XII. Con este tipo de arquitectura, se construye una adaptación del edificio al suelo, al entorno y al clima en el que se construye, aprovechando menormente la propia naturaleza nativa, y logrando respetar al medio sin alterarlo con emisiones no deseadas de CO₂ ni contaminantes con agentes tóxicos.

Así mismo menciona López y Bernilla (2012, p.10), Desde épocas antiguas se ha utilizado mucho la tierra cruda, un material que abunda en la superficie terrestre, desde Mesopotamia hasta Egipto. En Europa, África y el Medio Oriente las civilizaciones romanas y musulmanas construyeron con materiales a base de tierra. Tal como lo hicieron en Asia las civilizaciones del valle del Indo, los monjes budistas y los Imperios de China. Durante la edad media aún se empleó este material en Europa, los indios lo emplearon en América, los Toltecas y aztecas en Méjico y los Mochicas aquí en Perú. Durante más de 10.000 años se ha empleado el adobe para levantar monumentos que evidencian tanto el prestigio como el desarrollo material de las comunidades. Los almacenes Zigurats, las Pirámides, Iglesias, Mezquitas, Monasterios, Palacios, Stupas, se construyeron tratando de aprovechar los recursos que presenta este material e idear las formas arquitectónicas más variadas, sin sentirse necesariamente restringidas por su naturaleza, considerada a menudo pobre y débil.

A. Historia del uso de la tierra

En la historia la tierra como material de construcción ha sido uno de los materiales imprescindibles para el desarrollo del ser humano durante décadas y sigue siendo hasta hoy un excelente material económico para la edificación. Como menciona López y Bernilla (2012, p.01), En la antigüedad, las primeras casas y ciudades se construyeron con tierra, debido a que como material de construcción, está disponible en cualquier lugar y en abundancia; aunque fueron las casas más primitivas las que se edificaron con tierra, estas técnicas no son algo del pasado: hoy en día, un tercio de la población mundial vive en

casas de tierra. En los lugares en que es tradicional se mantiene, y en algunos países desarrollados se continúan llevando a cabo experiencias y se investiga sobre sus aplicaciones incluso a nivel de construcción multifamiliar.

2.2.5 Antecedentes de la construcción de tierra en el Perú.

A. Época Pre- Inca e Incaica.

Según López y Bernilla (2012) Las construcciones de tierra, en las formas de adobe y tapia se han empleado en el Perú desde hace mucho tiempo. En Sechin alto en la provincia de Casma, se han encontrado muestra de los primeros adobes cónicos elaborados a mano, que datan entre el 900 y 300 a.

C. En años posteriores en diversas regiones del Perú, como en la Huaca Tres Palos ubicada en Lima, se elaboraron bloques prismáticos primero a mano y luego moldeados, tal como se fabrican actualmente.

La construcción con tierra es característica en todas las edificaciones de la Costa de la época Pre-incaica, como en Chan Chan; también se encuentra en muchas construcciones andinas como en los muros perimetrales del Templo de Rachi (a 45 Km. del Cusco).

B. Época colonial Republicana.

El periodo Colonial está exento de obras monumentales, característico de las edificaciones indígenas. Las edificaciones más relevantes son las catedrales.

Todas ellas se adaptaron al material indígena. La tierra continuó predominando en la costa y parte de la sierra. La quincha apareció en los telares del segundo piso, en forma de tabiques de madera forrados con caña y en lucidos con morteros de arcilla.

2.2.6 Estabilización de la tierra para uso en la construcción

Según Vilela, (2010, p.7) Los pobladores de las zonas rurales o periféricas de las grandes ciudades andinas generalmente construyen sus viviendas mediante el sistema de “autoconstrucción”, sistema ancestral que se fundamenta en la fabricación “in situ” de elementos de pequeño formato (bloques) en base a suelo mezclado con agua y con algunas fibras vegetales con el fin de alcanzar tan siquiera un nivel primario de estabilización. Sin embargo, la más de las veces este procedimiento no garantiza la durabilidad ni la resistencia del producto obtenido, por lo que resulta indispensable estudiar nuevos procedimientos que puedan ser aplicados por esos sectores de la población con la garantía de reproducir un producto de mejor aptitud (resistencia y durabilidad), de bajos costos y mediante una tecnología que resulte técnicamente viable.

A. Definición de la estabilización.

La estabilización puede definirse como el proceso mediante el cual los suelos naturales son sometidos a determinados tratamientos de manera que sus características puedan modificarse para satisfacer de forma adecuada las necesidades del proyecto que se va a realizar.

B. Importancia de la estabilización.

Según Vilela, (2010, p.8) La mayoría de los suelos en sus condiciones naturales no presentan las características de resistencia, estabilidad ni durabilidad requeridas para ser utilizados en la construcción. Estas insuficiencias pueden ser vencidas a partir de una detallada caracterización del suelo que permita definir qué proceso ha de seguirse para mejorar sus

propiedades, los que pueden ser clasificados como: Mecánicos o Químicos. El primero no incluye estabilizante químico, densifica al suelo mediante la introducción de energía de compactación, o recurre a la adición de fibras naturales. Los procesos Químicos ya consideran la adición de algún estabilizante que reaccionen con el suelo, lo mismo ligante (encadenar mediante cemento o aglomerar mediante cal), que hidrófugo (impermeabilizando con asfalto, o hidrofugando de manera que se limite la adsorción del agua). Pero nótese, aunque mejorado, sigue tratándose de Suelo.

C. Tipos de estabilización.

Según En general, las propiedades mecánicas y de permeabilidad de la tierra pueden ser mejoradas significativamente por la adición de algunos productos estabilizadores. De ese modo, la mezcla de fragmentos de paja, u otras fibras vegetales, reduce acentuadamente el efecto de la retracción en el secado del barro; la adición de aceites vegetales y emulsiones asfálticas, tanto en el barro como en la tierra comprimida, tiene el efecto de disminuir significativamente la permeabilidad, mejorando las condiciones de durabilidad. La mezcla de aglomerantes como el cemento, cal u otros productos cementantes - puede producir aumentos considerables de la resistencia mecánica.

Según Jiménez, (2010, p.19) menciona los tipos de estabilización existentes que menciona desde los más simples hasta los métodos más sofisticados, por ejemplo:

✓ **Estabilización Física.**

Que puede realizarse mezclando distintos tipos de suelo para obtener mejoramiento de resistencia, sin embargo debe ir acompañada de una buena compactación para dar buenos resultados.

✓ **Estabilización con agentes químicos.**

La utilización de sales es método moderno para estabilización de suelos, aunque representa un costo elevado en su aplicación. El cemento también brinda buenos resultados, especialmente para suelos no cohesivos. Otro elemento importante lo constituye la cal hidratada que además de proporcionar excelentes resultados en su aplicación a suelos cohesivos, es un método económico y de amplia utilización considerándose en muchas ocasiones más eficiente en costos que el convencional método de reposición de material de banco.

✓ **Estabilización mecánica.**

Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia, como ejemplo la compactación.

D. Estabilización con cal

La estabilización con cal es sólo efectiva en los suelos que contienen arcillas. Manuel Mateos y Donald T. Davison hicieron definitivas pruebas de laboratorio en las que comprobaron la imposibilidad de estabilizar con cal la arena. (Moreau (1964), citado por Jiménez (2010)).

La estabilización del suelo cambia considerablemente las características del mismo, produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo, en forma permanente, en particular en lo que concierne a la acción del agua, (Manual de estabilización de suelo tratado con cal, 2004) Citado por Jara (2014, p.31).

E. Cal hidráulica.

Obtenidas a partir de calizas que contienen arcillas (sílice y alúmina) por su calcinación y posterior hidratación. Además de hidróxido cálcico incorporan silicatos y aluminatos cálcicos. Tienen propiedades hidráulicas, es decir, endurecen con el agua. El dióxido de carbono atmosférico contribuye a este proceso de endurecimiento adicionalmente. Jara (2014, p.27)

2.2.7 Suelo arcilloso.

Según Beltrán y Copado (2011, p.7) Está formado fundamentalmente por arcilla. La arcilla está constituida fundamentalmente por silicato de aluminio hidratado. Es un tipo de suelo que, cuando este húmedo o mojado, resulta pegajoso, pero, cuando está seco es muy fino y suave dado que la arcilla está formada por partículas diminutas de menos de 0.005 mm de diámetro. Desde el punto de vista de la textura, tiene consistencia plástica y puede ser modelado. Son muy impermeables dado que no dejan pasar el agua o el aire, todo ello propicia que sean suelos donde el agua se estanque con facilidad por lo que en este tipo se necesita realizar un sistema de drenaje.

A. Propiedades de los suelos arcillosos.

Según Bauza (2015, p.17) menciona que las principales peculiaridades de los suelos arcillosos en su comportamiento macroscópico como material estructural derivadas de su estructura y composición se pueden resumir en los siguientes puntos:

- ❖ Comportamiento diferente según el nivel de humedad.
- ❖ Afinidad por el agua, manifiesta en mayor o menor grado según su mineralogía;
- ❖ Inestabilidad volumétrica;
- ❖ Baja resistencia y capacidad portante;
- ❖ Baja permeabilidad; y
- ❖ Compresibilidad dependiente del tiempo de aplicación de la carga.

2.2.8 Estabilización del suelo con Cal.

Para Jiménez, (2010, p.20) Cuando se tienen suelos arcillosos o arcillas muy plásticas, se puede disminuir su plasticidad y en consecuencia los cambios volumétricos del suelo, asociados a la variación en los contenidos de humedad al agregarle determinada proporción de cal. Además, al tratar el suelo con cal pueden formarse silicatos de calcio y aluminio, los cuales tienen una gran capacidad cementante que implica un considerable aumento en la resistencia del suelo, que puede aumentar significativamente con el paso del tiempo si se ha utilizado la proporción óptima de cal requerida para cada suelo.

Así mismo cabe mencionar la National Lime Association (2004, p.7) La estabilización del suelo cambia considerablemente las características del mismo,

produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo, en forma permanente, en particular en lo que concierne a la acción del agua. La cal, sola o en combinación con otros materiales, puede ser utilizada para tratar una gama de tipos de suelos. Las propiedades mineralógicas de los suelos determinarán su grado de reactividad con la cal y la resistencia final que las capas estabilizadas desarrollarán. En general, los suelos arcillosos de grano fino (con un mínimo del 25 por ciento que pasa el tamiz 200 -75µm- y un Índice de Plasticidad mayor que 10) se consideran buenos candidatos para la estabilización.

2.2.9 Acción de la cal Hidráulica en la estabilización de los suelos arcillosos.

La mezcla de cal con el suelo provoca reacciones rápidas que originan cambios físico-químicos producidos por cambios iónicos, neutralización y floculación. Las finas partículas de arcilla se aglomeran en elementos más gruesos y friables. Estas reacciones se producen siempre que el suelo tenga un cierto porcentaje de finos.

La mezcla de cal, arcilla y el agua genera una reacción exotérmica, los iones de calcio (Ca^{++}) de la cal se intercambian con las partículas de arcilla, con el agua y otros iones. Mediante la reacción exotérmica se evapora el exceso de humedad lo que aumenta la resistencia y baja el índice de plasticidad a niveles moderados, por lo que se aprecia un cambio físico en las arcillas a un carácter más arenoso o granular, (Álvarez & Echeverri, 1999). Citado por Ulloa (2015, p.42).

Al elevar la cal, el pH del suelo estabilizado aumenta hasta valores de 12.4%, se libera sílice y alúmina de la arcilla que reaccionan con los iones calcio procedentes de la cal, formando silicatos y aluminatos cálcicos hidratados que, como en el caso de los cementos portland, incrementan la resistencia mecánica. Esta reacción de

tipo puzolánica es progresiva con el tiempo y aumenta la impermeabilidad, la resistencia mecánica y la resistencia a las heladas del suelo tratado.

2.2.10 Reacción entre la cal y el suelo fino.

Según Ulloa (2015, p.43). menciona que se tiene cuatro tipos de reacciones que a continuación podemos mencionar.

✓ Intercambio catiónico (Reacción rápida).

Las partículas de arcilla tienen una elevada cantidad de superficies con carga negativa que atraen cationes libres y dipolos de agua. Como resultado, se forma una capa de agua altamente difusa alrededor de las partículas, separándolas y haciendo que la arcilla se vuelva débil e inestable, la adición de la cal al suelo en cantidades suficientes suministra un exceso de iones Ca^{++} que reemplaza los cationes metálicos más débiles reduciendo el tamaño de la capa de agua difusa y permitiendo que las partículas de arcilla se aproximen unas a otras o floculen.

✓ Floculación y aglomeración (reacción rápida).

Se produce un cambio aparente de la textura del suelo, por cuanto las partículas de arcilla se aglomeran formando otras de mayor tamaño. Como resultado de ello, se produce mejoras in meditadas en:

- Plasticidad, debido a la reducción de la capa de agua absorbida.
- Trabajabilidad, debido al cambio de textura de una arcilla plástica a un material friable del tipo limoso o arenoso.
- Aumento de fricción interna entre las partículas aglomeradas y mayor resistencia al corte.

✓ **Reacción puzolánica (reacción lenta).**

Si el suelo se compacta se produce una reacción a largo plazo entre la cal, el agua y los minerales silico aluminosos del suelo fino, formándose complejos compuestos de silicatos y aluminatos de calcio cementantes que incrementan la resistencia de la mezcla y su durabilidad.

Esta reacción es de carácter lento y varía con el suelo por tratar y con la temperatura. Se considera que un suelo es reactivo con la cal, si se logra aumentar de resistencia de cuando menos 50 psi a los 28 días, a una temperatura de 23 °C

✓ **Carbonatación.**

Consiste en la reacción con el dióxido de carbono del aire para formar carbonatos de calcio relativamente insolubles, en lugar de productos cementantes (silicatos y aluminatos de calcio hidratados).



La carbonatación es una reacción indeseable y debe ser evitada, por cuanto el carbonato no reacciona con el suelo para incrementar resistencia o para disminuir plasticidades; por lo tanto, se debe impedir que el proceso de mezcla sea muy largo y que la mezcla elaborada quede expuesta al aire durante largo tiempo antes de ser compactada.

2.2.11 Unidades de albañilería

Según Lulichac (2015, p.10) menciona que La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería, se elabora de materias primas diversas como la arcilla, concreto y la mezcla de sílice y cal. Se forma mediante el moldeo y compactación; produciéndose a través de fábricas industriales, bajo un control de calidad o en precarias canchas artesanales, sin ningún control de calidad; por lo que no debe extrañar las formas, tipos, dimensiones y pesos sean variables y pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares. Las unidades de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones y pesos que hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

A sí mismo el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006, Norma E.070), esta norma se refiere a ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica.

2.2.12 Clasificación de Unidades de Albañilería

Según Tapia (2015, p.35) menciona que las unidades de albañilería se clasifican según lo siguiente:

A. Por Su Materia Prima Y Fabricación:

Existen por la materia prima tres tipos:

- ✓ De arcilla.
- ✓ De Sílice- Cal.
- ✓ De Concreto.

Por la fabricación dos tipos:

- ✓ Los artesanales.
- ✓ Los industriales.

B. Por Sus Alveolos:

Esta clasificación se basa en el área neta de la unidad, respecto a la superficie bruta de la cara y las características de los alveolos, existen cuatro tipos:

✓ **unidades solidas o macizas.**

Unidades de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Norma Técnica E.070, 2006)

En estas unidades las perforaciones o alvéolos, necesariamente perpendiculares a la cara de asiento, no deben alcanzar más del 30% del área de la sección bruta. Las unidades sólidas no son solo aquellas que no tienen alvéolos, sino que son también aquellas que los tienen hasta un límite determinado. En la aplicación de este tipo de unidades se consideran, para todas las propiedades, que cuentan con una sección bruta. Según (Gallegos & Casabonne, 2005) citado por Quispe, (2016, p.17).

✓ **unidades huecas.**

Unidades de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Norma Técnica E.070, 2006).

En las unidades huecas el área alveolar excede el 30% del área bruta y los alvéolos tienen dimensiones tales que pueden llenarse con concreto líquido. En este caso todas las propiedades de la sección corresponden a las de la sección neta. Según (Gallegos & Casabonne, 2005), citado por Quispe, (2016, p.17).

✓ **unidades perforadas.**

Unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento. (Norma Técnica E.070 ,2006).

Las unidades perforadas tienen, como las unidades huecas, más del 30% del área bruta ocupada por alvéolos; sin embargo, se diferencian de ellas por el hecho de que los tamaños de los alvéolos son reducidos (menores de 4 x 5 cm) y, consecuentemente, no pueden llenarse con concreto líquido. Según (Gallegos & Casabonne, 2005), citado por Quispe, (2016, p.18).

✓ **Unidades tubulares.**

En estas unidades los alvéolos no son como en las unidades sólidas, huecas o perforadas, perpendiculares a la cara de asiento de la unidad, sino paralelos a esta. El tamaño de los alvéolos y la proporción del área de estos, en relación con el área bruta de la cara lateral de la unidad, varían grandemente en la producción industrial. Sus propiedades y características

Resistentes se determinan y consideran como si la unidad fuera sólida.

Para (Gallegos & Casabonne, 2005), citado por Quispe, (2016, p.18).

A. Clasificación para fines estructurales.

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la siguiente Tabla (Norma Técnica E.070, 2006).

Tabla 6: Clasificación de la 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 ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 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)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 3	8	2.0 (20)

Fuente: (Norma Técnica E.070, 2006)

B. Limitaciones en su aplicación

Tabla 7: Limitaciones en su aplicación.

TIPO	ZONAS SISMICAS 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos a mas	Muro portante en todo edificio
Solido Artesanal	No	Si, hasta 2 pisos	Sí
Solido Industrial	Sí	Sí	Sí

Alveolar	Sí, Celdas totalmente rellenas con grout	Si, Celdas parcialmente rellenas con grout	Si, Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: (Norma Técnica E.070, 2006)

C. Componentes de Unidades de albañilería

La materia prima para la fabricación de 'los ladrillos es la Arcilla, estas arcillas empleadas como materia prima para la fabricación de los ladrillos se clasifican en calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen un 15% de carbonato de calcio, que da 'lugar a unidades de color amarillento; en las segundas, predomina el silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro, que le proporciona un tono rojizo. Las mejores arcillas contienen un 33% de arena y limo; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla (Gallegos & Casabonne, 2005) citado por Tapia (2015, p.65)

D. Propiedades de Unidades de albañilería

Según la norma técnica E.070 albañilería, nos menciona que las propiedades son los siguientes:

✓ Resistencia a la Compresión:

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613.

✓ **Variación Dimensional:**

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613.

✓ **Alabeo:**

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se sigue el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.

✓ **Absorción:**

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.

La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%.

2.2.13 Resistencia a la Erosión (Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne -SAET)

Con este ensayo lo que se pretende estudiar es el comportamiento de las unidades de albañilería a la erosión de su superficie ocasionada por el contacto continuo de gotas de agua en una de las caras de las unidades del ladrillo, simulando las consecuencias de una lluvia fuerte y prolongada. De esta forma se podría comparar los resultados en cada uno de los casos, verificando cuál de las unidades del ladrillo resultaba más erosionable.

Para el diseño de este ensayo, se tuvo como guía lo establecido en la UNE 41410:2008, Basado en el ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET) y la experiencia llevada a cabo por otros doctorados en Condiciones similares.

Según (Mosquera González, 2016) citado por Vera (2017.p.73).

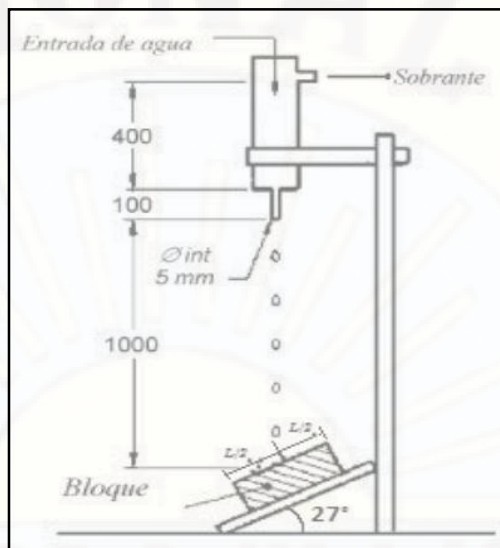


Figura 3. Prototipo para ensayo de Erosión Acelerada Swinburne –SAET.

Las herramientas y materiales utilizados en la construcción del equipo Los cuales se describen a continuación:

1. **Madera de 1 pulgada de espesor:** Se utilizó para la construcción de las bases del tanque de almacenamiento y soporte de colocación del adobe a ensayar.
2. **Tubería PVC:** Se utilizó para la construcción del tanque de almacenamiento, de 4 pulgadas de diámetro, y como medio de conexión de entrada y rebose del mismo, de 0,5 pulgadas de diámetro.
3. **Manguera:** Se utilizó como medio de conexión de entrada del fluido al tanque de almacenamiento y como un medio de rebose del mismo tanque.
4. **Conexiones de PVC:** Utilizados para conectar la tubería de entrada y de rebalse al tanque de almacenamiento.
5. **Estructura metálica:** Utilizado como marco de soporte del equipo a utilizar en el ensayo para sostener la tubería de almacenamiento.

6. **Hule:** reciclado de neumático de vehículo. Con el que se elaboraron los empaques que se colocaron en la entrada y rebalse del tanque de almacenamiento, con el fin de asegurar la colocación de los accesorios en dichos puntos. Así también, evitar la salida de fluido por los mismos.
7. **Sorbete:** Sorbete de 10 cm de largo y 5 mm de diámetro. Utilizado como salida del fluido del tanque de almacenamiento.
8. **Tapón PVC de 4" pulgadas:** tapón de PVC para la parte superior e inferior de la tubería de 4". El tapón PVC se utilizó como fondo de dicho tanque.
9. **Pegamento:** se utilizó pegamento para tubería de PVC para la unión de la tubería de entrada y de rebose. (Norma, UNE 41410:2008 2008) citado por Vera (2017).

2.2.14 Método de Prueba de Eades y Grim: Normas ASTM D 6276.

Según la Normas ASTM D 6276, Este método de prueba por lo general proporciona una proporción suelo-cal para la estabilización. Da una indicación de si el suelo en cuestión se puede estabilizar. Para la mayoría del trabajo de estabilización.

Así mismo Jiménez (2010). El pH es una medida de la concentración de hidrógeno expresado en términos logarítmicos. Los valores del pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrógeno incrementa, variando entre un rango de 0 a 14. Los valores por debajo de 7.0 son ácidos, los valores superiores a 7.0 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7.0 son denominados neutrales. Por cada unidad de cambio en pH hay un cambio 10 veces en magnitud en la acidez o alcalinidad (por ejemplo: un pH 6.0 es diez veces más ácido que uno de pH 7.0, mientras que un pH 5.0 es 100 veces más ácido que el de 7.0).

Tabla 8: *Clasificación de los suelos según su pH.*

Nivel de pH	Clasificación de suelo
0 < 5.5	Muy ácido
5.5 < 6.5	Ácido
6.5 < 7.5	Neutro
7.6 < 8.5	Básico o ligeramente alcalino
8.6 y mayores	Muy alcalino

Fuente: Jiménez (2010).

El objeto de esta prueba es encontrar la proporción mínima de cal requerida para elevar el nivel de pH en suelos arcillosos a un valor mínimo de 12.40, por lo cual el porcentaje que da un pH de 12,40 % es la requerida para estabilizar el suelo.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

La adición de lana de ovino influye favorable y significativamente en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.

2.3.2 Hipótesis específica

- ✓ La adición de lana de ovino influye favorable y significativamente en las características mecánicas de los ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.
- ✓ La adición de lana de ovino influye favorablemente en las características físicas de los ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.

- ✓ La adición de lana de ovino influye favorablemente en la dimensión Económica en Ladrillos de tierra estabilizada, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.

2.4 Variables De Estudio

2.4.1 Variable independiente

La variable independiente es: **“Lana de ovino”**

2.4.2 Variable dependiente

La variable dependiente es: **“Ladrillos de tierra estabilizados para muros de albañilería”**

Capítulo III: Metodología de la Investigación

3.1 Ámbito De Estudio

El ámbito de estudio de la presente investigación se realizará en dos lugares:

- ✓ El suelo arcilloso se obtuvo de la comunidad de Huaylacucho Distrito de Huancavelica Provincia de Huancavelica.
- ✓ Los ensayos del suelo, probetas y ladrillos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos I y II de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica, de la Universidad Nacional de Huancavelica.

3.2 Tipo De Investigación

Por el tipo de investigación, para el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada o tecnológica: según Hernández Sampieri (2010), en este tipo de investigación “será necesario la aplicación de conocimientos previos y teorías ya establecidas”. Con respecto a las características del suelo, resistencia de los especímenes será necesario la utilización de equipos de laboratorio para los ensayos.

3.3 Nivel De Investigación

El nivel de investigación es explicativo: Según Gonzales, Oseda, Ramirez, y Gave (2011, p.142), se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas, como de los efectos, mediante la prueba de hipótesis.

3.4 Método De Investigación

Como método de investigación se tiene como método general al método científico y método específico al método experimental la cual se detalla a continuación:

✓ **Método general**

En la presente investigación como método general se usará al método científico.

Según Sánchez y Reyes (1996), el método científico es la manera sistematizada en que se efectúa el pensamiento reflexivo que nos permite llevar a cabo un proceso de investigación científica.

✓ **Método específico**

El método de investigación es experimental porque de acuerdo a un plan previo se organizará para proceder con la investigación de las posibles causas-efecto, según Sánchez y Reyes, (1996).

3.5 Diseño De Investigación

Como diseño de investigación se utilizó el diseño experimental, diseño con medición previa y posterior con grupo de control. Como indica Santa paella y feliberto Martins (2010), "El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental, bajo condiciones controladas".

G.A: -	X	O1
G.B: O2	X	O3

GA: Primer Grupo Experimental

GB: Segundo Grupo Experimental

O1, O3: Post test

O2: Pre test

X: manejo de variable independiente (Lana de Ovino).

3.6 Población, Muestra Y Muestreo

3.6.1 Población

En la presente investigación la población a la que se estudiara está conformado por:

- ✓ 180 probetas cúbicas y 108 probetas prismáticas.
- ✓ 36 ladrillos del Grupo Control (GC) y Grupo Experimental (GEXP).

3.6.2 Muestra

La muestra que se toma de la población es completamente aleatoria, que a continuación se menciona:

- ✓ 06 probetas cúbicas y 06 probetas prismáticas para los ensayos a compresión y flexión, respectivamente por tratamiento (T) para los 7, 14 y 28 días de curado.
- ✓ 06 ladrillos del GC y 06 del GEXP, para los ensayos a compresión y flexión, respectivamente para los 28 días de curado.

- ✓ 03 probetas cúbicas para los ensayos de absorción, desgaste, densidad y contenido de humedad por tratamiento (T) para los 7,14 y 28 días de curado.
- ✓ 03 ladrillos de cada grupo para los ensayos de absorción, desgaste, densidad y contenido de humedad para los 28 días de curado.

3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.7.1 Técnicas

Las principales técnicas que se utilizó en esta investigación son:

- ✓ La observación directa e indirecta: Se registrará los esfuerzos de compresión de las probetas y ladrillos de acuerdo a un esquema establecido; así como también se registrará la absorción, densidad, erosión del ladrillo.
- ✓ El análisis documental: Se realizará de forma analítica e interpretativa la información que está a nuestro alcance para extraer la información necesario que ayude el buen desarrollo de la tesis.
- ✓ Se seguirá las técnicas indicadas en el ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y materiales), NTP (Normas Técnicas Peruanas).
 - Determinación del contenido de humedad: (ASTM D 2216, AASHTO T217).
 - Análisis Granulométrico (ASTM-D422, AASHTO T217).
 - Determinación del Limite Líquido ASTM-D 4318.

- Determinación del Limite Plástico ASTM-D 4319.
- Determinación de Índice Plástico ASTM - D4318.
- Determinación de Variación de Dimensiones: Normas NTP 399.613.
- Resistencia a la Compresión: Normas NTP 399.613.
- Resistencia a flexión Norma ASTM C 78.
- Ensayo a Tracción por flexión. NTP 399.613.
- Prueba de la Densidad: ITINTEC 331.017.
- Determinación del porcentaje de Absorción: Normas ITINTEC 331.018, NTP 399.613.
- Resistencia a la EROSIÓN. UNE 41410:2008
- Método de Prueba de Eades y Grim: Normas ASTM D 6276.

3.7.2 Instrumentos.

Los instrumentos y equipos que se usó en esta investigación para la recolección de datos son:

- ✓ Equipo para esfuerzo de compresión y flexión de probetas y unidades de albañilería.
- ✓ Balanza calibrada.
- ✓ Fichas de ensayos.
- ✓ Fichas técnicas de observación y control de laboratorio.
- ✓ Cuaderno de datos.
- ✓ Fichas de resúmenes textuales, comentarios bibliográficos, etc.

3.8 Procedimiento de recolección de datos.

Para la recolección de datos se realizó a través de los siguientes trabajos:

- ✓ Recipientes para humedad (aluminio o latón)
- ✓ Elaboración de un plan de trabajo de laboratorio.
- ✓ Disposición de herramientas y recolección de la materia prima el suelo.
- ✓ Disposición de herramientas de protección y seguridad para la caracterización del suelo.
- ✓ Ensayos físicos a la lana de ovino.
- ✓ Disposición de equipos, herramientas y materiales para la caracterización de los componentes de las unidades de albañilería (suelo arcilloso, cal, lana de ovino y agua).
- ✓ Elaboración del diseño de mezcla en la cual se agregará lana de ovino en porcentajes de 1, 3, 4, 6, 9 y 12%.
- ✓ Disposición de equipos y herramientas para la elaboración de probetas.
- ✓ Ensayos de resistencia a compresión de las probetas cubicas y rectangulares por cada tratamiento a un tiempo de 7, 14 y 28 días.
- ✓ Procesamiento de los datos obtenidos a través del ensayo de resistencia a compresión, resistencia a flexión, absorción, Resistencia a la erosión para elegir el tratamiento que alcanzo el mejor resultado, la que posteriormente se usara en la elaboración de los ladrillos.
- ✓ Disposición de molde para el ladrillo, equipos y herramientas para la elaboración de ladrillo.

- ✓ Ensayos de resistencia a compresión y flexión de los ladrillos en un tiempo de 28 días.
- ✓ Ensayos de absorción, erosión y densidad de los ladrillos a los 28 días.

3.9 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

3.9.1 Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos

Para el procesamiento de datos se hará mediante el uso de la estadística descriptiva empleando: porcentajes, medias aritméticas, mediana, coeficiente de variación y desviación estándar.

3.9.2 Estadísticos Inferenciales

Para la contrastación de datos se trabajó con el DCA (Diseño Completamente Aleatorio), en donde se realizó el ANOVA (Análisis de varianza) con la prueba “F” de Fisher para medir la homogeneidad de los grupos con las fases que implica su proceso, y la prueba estadística de Tukey y Dunnett para los intervalos de confianza de las medias con un 5% de nivel de significancia.

3.9.3 Presentación de Datos

Para la presentación de datos se hará a través de:

- ✓ Estadísticas descriptivas para cada una de las variables.
- ✓ Frecuencias y porcentajes.

- ✓ Se utilizará tablas, histogramas de frecuencias, gráficos de líneas, interpretados estadísticamente que permitan visualizar los resultados del proyecto.
- ✓ Cuadros comparativos para visualizar la incidencia de la variable independiente sobre la dependiente de acuerdo a normas establecidas.

Capítulo IV: Resultados

4.1 Presentación de Resultados

Con el fin de desarrollar la presente investigación y a partir de haber definido el experimento, se planteó la siguiente metodología de trabajo en la cual consistió en dos etapas como se indica en la siguiente Figura 4.

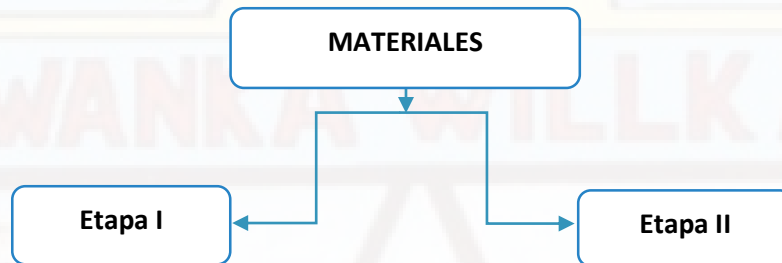


Figura 4. Etapas del proceso de ejecución de la investigación.

Posteriormente a la obtención de los diferentes materiales que se utilizó como materia prima de los ladrillos evaluados en este trabajo de tesis, se dividió la fase experimental en dos fases, que se muestra a continuación:

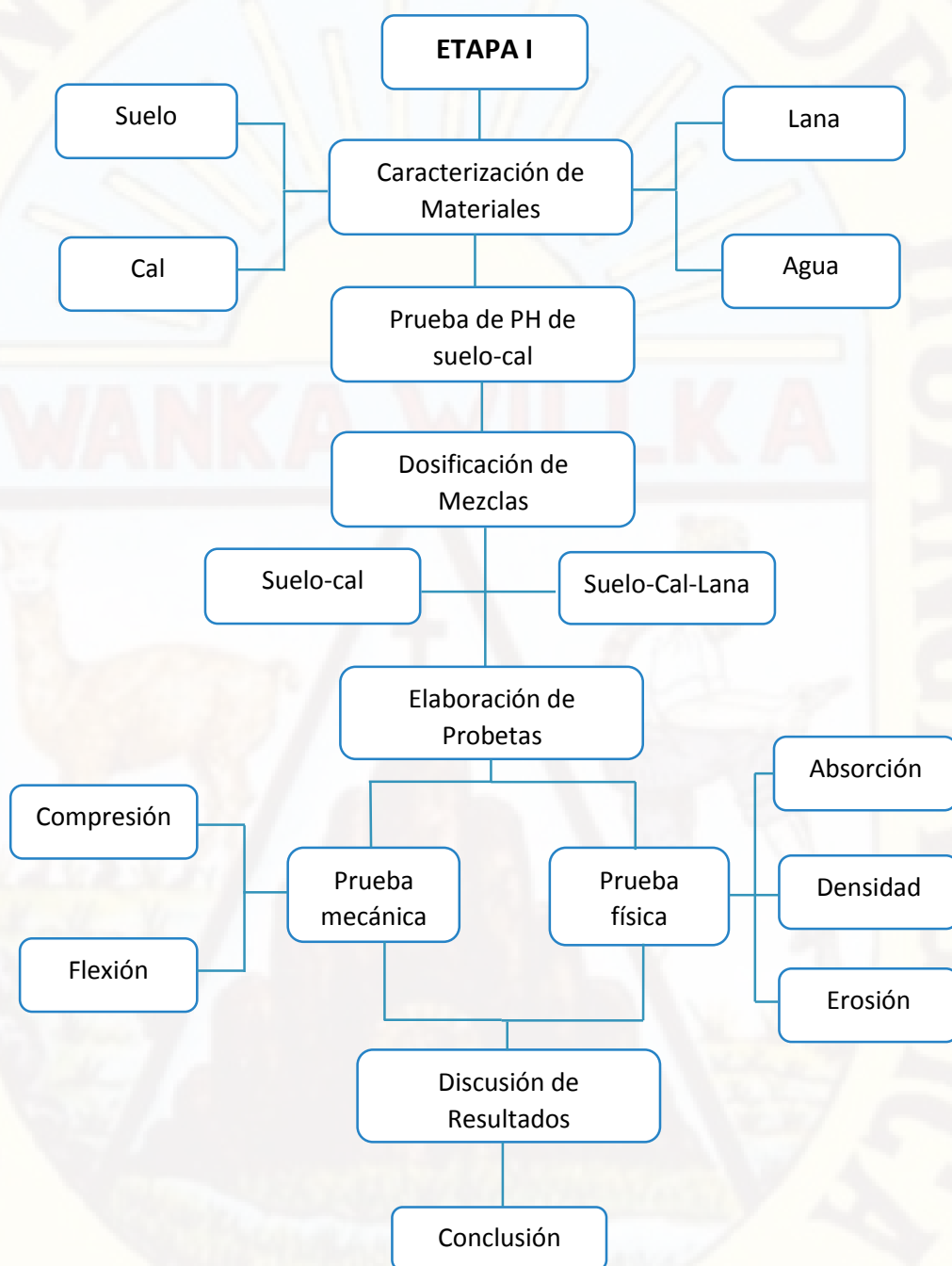


Figura 5. Etapa I del proceso de ejecución de las probetas en la presente tesis.

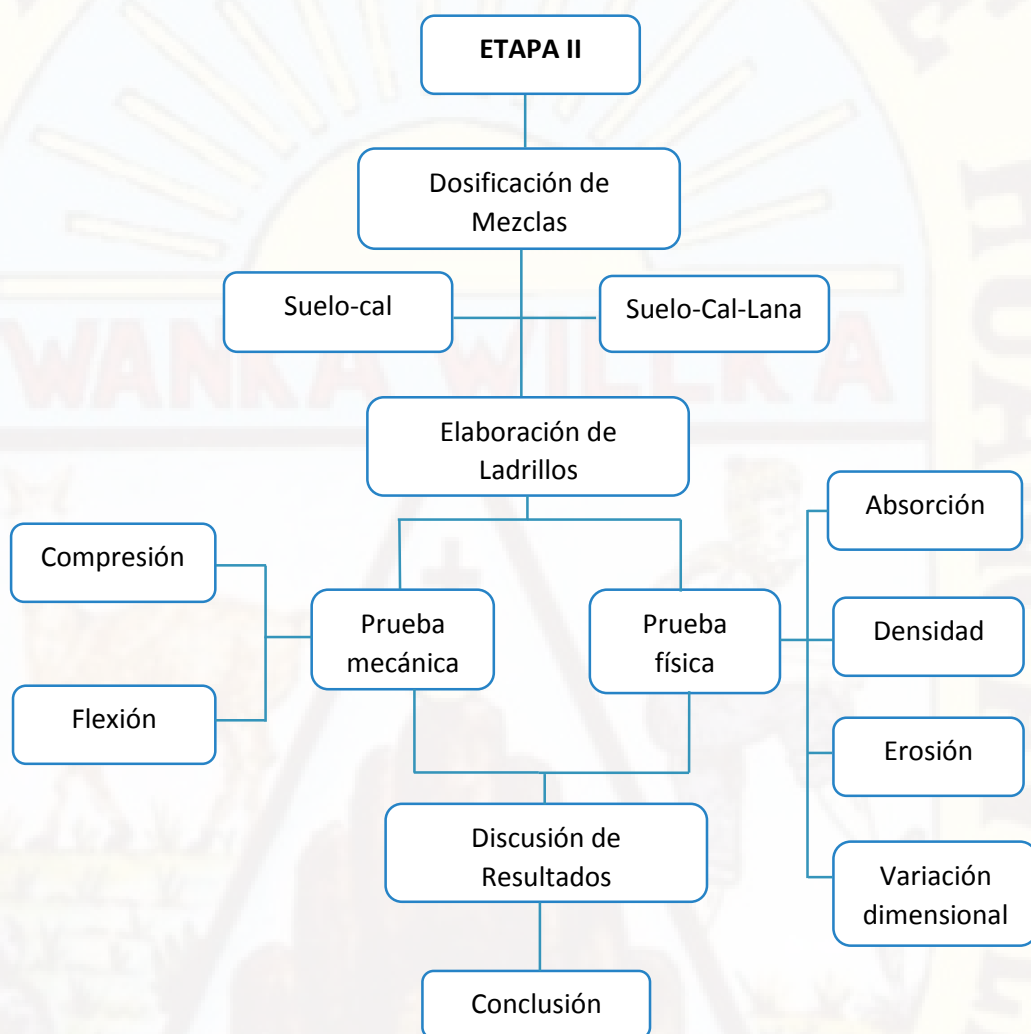


Figura 6. Etapa II del proceso de ejecución de los ladrillos de la presente tesis.

4.1.1 Caracterización de materiales.

Para la elaboración de los ladrillos que es el objetivo de nuestra investigación se utilizaron materiales como el Agua, cal hidráulica, lana de ovino y el suelo como materiales primarios.

4.1.1.1 Cal Hidráulica.

La estabilización del suelo se realizó con la cal hidráulica porque es la que mejor se comporta con el tipo de suelo encontrado y la que es más comercial y económico en la provincia de Huancavelica.

La cal, sola o en combinación con otros materiales, puede ser utilizada para tratar una gama de tipos de suelos. Las propiedades mineralógicas de los suelos determinarán su grado de reactividad con la cal y la resistencia final que las capas estabilizadas desarrollarán. En general, los suelos arcillosos de grano fino (con un mínimo del 25 por ciento que pasa el tamiz 200 -75 μ m- y un Índice de Plasticidad mayor que 10) se consideran buenos candidatos para la estabilización. (Manual de estabilización de suelo tratado con cal, 2004)

La Cal hidráulica utilizada en esta tesis es la comercial producida por la empresa “Torres” ubicado en la carretera Huancayo – Huancavelica en el Km 5.5 Izcuchaca – Huando – Huancavelica, la cual se adquirió de una ferretería ubicada en el centro de Huancavelica.



Fotografía 1. Presentación de la Cal Hidráulica (Martell)

Tabla 9: Composición química, mecánica, física de la cal.

Características químicas	Sulfato SO3:	≤ 2%	
	Cal libre (OH)2	≥ 25%	
Características mecánicas	Resistencia a compresión 28 días	≥ 3,5 a ≤ 10 Mpa.	
Características Físicas	Finura	Retenido a 0.09 mm. ≤ 15 %.	
		Retenido a 0.2 mm. ≤ 2 %.	
	Estabilidad de volumen	0 mm.	
	Test de mezcla	Penetración:	>10 e <50 mm
		Contenido de aire:	≤5%
		Inicio:	>1h

	Tiempo de fraguado	Final:	≤30 h.
--	-----------------------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia según Norma UNE en 459-1:2010.

4.1.1.2 Lana de ovino.

Para la investigación se utilizó la lana de ovino de la raza criolla ya que esta raza es que predomina en nuestra provincia de Huancavelica, obtenida de la ganadería “Pérez”, ubicado en el lugar de Iachocc en el km 30 de la carretera Huancavelica – Chincha.



Fotografía 2. Ovinos de raza criolla.



Fotografía 3. Esquila de la lana de ovino.

a. Composición Químicos.

Tabla 10: Composición química de la lana de ovino.

Elemento	C	H	O	N	S
%	50	7	22-25	16-17	3-4

Fuente: (Krajinovic, 2006), citado por Rosas (2016).

b. Características Físicas

La lana cuenta con propiedades físicas que lo definen como materia prima para su uso como aislamiento térmico en edificios, su natural capacidad de regular la temperatura y rendimiento térmico, su resistencia, ser un material higroscópico y su resistencia al fuego. (Insulation, 2013) citado por Rosas (2016).

La lana de ovino cumplió con la Norma astm-C1116-89, la cual establece que toda fibra natural o sintética tendrá unas características mecánicas, físicas de acuerdo con los siguientes:

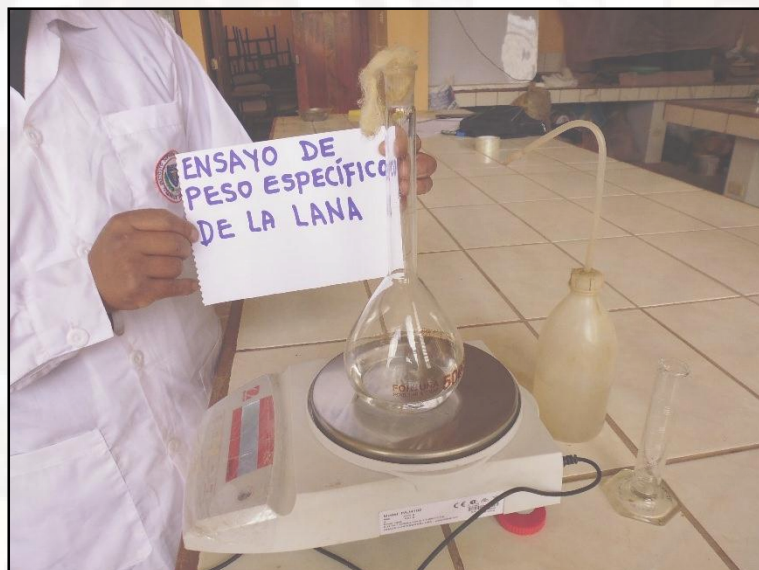
✓ **Resistencia a las sales.**

En este ensayo se comprobó que la lana de ovino tiene una resistencia alta a las sales.



Fotografía 4. Ensayo de resistencia de la lana a las sales.

✓ **Peso específico:**



Fotografía 5. Ensayo de peso específico de la lana de ovino.

Tabla 11: Resultados del ensayo de peso específico de la lana de ovino.

Peso de Picnómetro Seco y Vacío (gr)	Peso de Picnómetro Mas Agua (gr)	Peso de Picnómetro con Fibra Seca más Agua (gr)	Peso de Picnómetro Vacío (gr)	Peso de Fibra Seca (gr)	volumen (cm3)	Peso Específico (gr/cm3)
66.11	66.26	70.75	66.21	5.32	4.69	1.13

Fuente: Elaboración propia.

El peso específico es variable según la humedad que contenga.

Así en la presente tesis la lana de ovino tiene un peso específico de 1.13 (grs/cm3).

✓ **Resistencia Alcalina:**

Los álcalis la perjudican sobre todo si se trata de álcalis cáusticos, la soda cáustica (Hidróxido de sodio) ataca a la lana.

✓ **Resistencia a los ácidos:**

La lana es resistente a la acción de los ácidos suaves o diluidos.

✓ **Conductividad Térmica:**

La lana es mala conductora de calor por lo que tiene gran capacidad para conservarlo. El valor de conductividad térmica de lana de oveja está en promedio de 0.043 W/mk. Como se sabe para que el material aislante tenga una mejor actuación y sea óptimo debe tener un valor muy bajo de conductividad térmica.

Rosas (2016, p.30).

✓ **Absorción:**

La lana tiene porcentaje de absorción alta.



Fotografía 6. Ensayo de absorción de la lana de ovino.

Tabla 12: Resultados del ensayo de absorción de la lana de ovino.

MUESTRA	PESO LANA SECA (gr)	PESO LANA SATURADA (gr)	ABSORCIÓN DE LA LANA (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO (%)
M-01	1.77	2.55	44.07	47.05
M-02	1.67	2.45	46.71	
M-03	1.31	1.97	50.38	

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Tensión:**

Según Obando (2013, p.08) menciona que la fibra de lana de ovino de la raza criolla posee una resistencia del orden 1 a 1,8 gramos por denier, lo que corresponde a un promedio de 17 kgs/mm².

Tabla 13: Resultado obtenido en laboratorio.

Diámetro Promedio (Mic)	28.34 mic
Desviación estándar (SD)	8.9 mic
Coeficiente de variación (CV)	30.8 mic
Curvatura de las fibras (CRV)	54.5 Dg/mm
Resistencia a la tensión	15 kgs/mm ²

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3 El Suelo.

El suelo que se utilizó proviene de la comunidad Campesina de huaylacucho, que se encuentra a una distancia de 4.0 Km Aproximadamente de centro de la ciudad en la carretera Huancavelica-Lircay, las cuales fueron caracterizadas en el Laboratorio de Mecánica de suelos I, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica, de las cuales se obtuvieron las siguientes propiedades:



Fotografía 7. Ubicación del C.P. de Huaylacucho.



Fotografía 8. Ubicación de la cantera del suelo en el C.P. de Huaylacucho.

a) Contenido de Humedad del suelo.

Para este ensayo se basó en la norma: (ASTM D 2216, AASHTO T217), la cual se siguió las indicaciones correspondientes.

Los suelos son materiales que se encuentran en la intemperie, por el cual tienen presencia de agua es decir un cierto grado de humedad, es importante determinar la humedad del suelo ya que con este dato sabremos la cantidad de agua a adicionar en la dosificación óptima de las probetas.

Materiales y Equipos:

- ✓ Suelo natural.
- ✓ Balanza de tres escalas con una sensibilidad de 0.01 gr.
- ✓ Horno con control de temperatura.
- ✓ Recipientes para humedad (aluminio o latón).

Proceso del Ensayo:

- ✓ En un principio se inició este ensayo seleccionando el material la cual se procede a cuartear la muestra, para no cometer errores a la hora de tomar la muestra.



Fotografía 9. Preparando la muestra de suelo.



Fotografía 10. Cuarteo de la muestra del suelo.

- ✓ En seguida pesamos el recipiente donde se ubicará las muestras.



Fotografía 11. Pesando el recipiente donde contendrá la muestra.

- ✓ Luego pesamos nuestro material incluyendo el peso del recipiente.
- ✓ Introducir la muestra al horno con una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24hr.



Fotografía 12. Introduciendo en el horno la muestra de suelo.

- ✓ Después de 24 horas de secar la muestra en el horno se extrajo y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y luego pesamos y obtenemos el % de contenido de humedad.

Tabla 14: Resultados del contenido de humedad del suelo.

Proyecto :	TESIS "Uso de la Lana de Ovino en ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en Distrito-Provincia huancavelica-2018"			
Tesisistas :	Bach. Zocrates Maximiliano PEREZ SALAZAR			
	Bach. Nilton PAYTAN DUEÑAS			
Ensayo :	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO :			
			Norma :	ASTM D 2216
Fecha de Muestreo :	Huancavelica - CP Huaylacucho 08/03/2017			
Muestreado por :	Los tesisistas			
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO :				
Observaciones :		Ubicación :		
		Estrato :		
		Potencia :		
Tara Número	Unidades	M1	M2	M3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	44.14	41.45	42.88
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	43.65	41.03	42.37
Peso de la Tara	Gr	28.90	28.39	28.57
Peso de la Muestra Seca	Gr	14.75	12.64	13.80
Peso del Agua	Gr	0.49	0.42	0.51
Contenido de Humedad	%	3.32	3.32	3.70
Promedio (%)		3.45		

Fuente: Elaboración Propia

b) Análisis Granulométrico por Tamizado

Las partículas de los suelos tienen diversas formas geométricas y tamaños; es así que la granulometría es importante para la clasificación del suelo este ensayo se realizó según la norma (ASTM-D422, AASHTO T217).

Materiales y Equipos:

- ✓ Suelo extraído como muestra.
- ✓ Horno con control de temperatura
- ✓ Balanza de 16 a 20 Kg.

- ✓ Balanza de 2310 gr con sensibilidad de 0.1 gr.
- ✓ Juego de tamices.
- ✓ Bandejas de aluminio o cazoleta.
- ✓ Cucharas.

Procedimiento de ensayo:

1. Se seca la muestra representativa en horno durante 24 horas.



Fotografía 13. Muestra de suelo en el horno.

2. Se pesa la muestra después de enfriarla y se registra el peso con aproximación de gramos.



Fotografía 14. Pesando la muestra de suelo.

3. Se lleva la muestra al juego de tamices (4", 3 1/2", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°40 y N°200) y se sacude el conjunto vigorosamente con un movimiento rotatorio horizontal pesando lo retenido en cada una de las mallas con una aproximación de 0.5 gr.



Fotografía 15. Ingresando la muestra a juego de tamices.

4. Obténgase la muestra que pasa el tamiz N° 4 y el retenido en el tamiz N° 200.
5. Colocar la muestra sobre el tamiz N° 200 y lavar cuidadosamente el material a través del tamiz utilizando agua común hasta cuando el agua que pasa a través del tamiz mantenga su transparencia. Este método asegura que muy poco polvo se adhiera a las partículas mayores y que los gramos de material fino ablandados por el agua, se desbaraten y permitan que las partículas de arcilla pasen a través del tamiz y luego del secado las partículas aisladas permanezcan separadas.
6. Verter cuidadosamente el residuo, con ayuda de agua en un recipiente de secado y permitirle sedimentar por un periodo de

tiempo suficiente hasta lograr que el agua en la parte superficial de la suspensión se vuelva transparente. Botar tanto como se pueda de esta agua transparente y colocar el recipiente con la suspensión suelos y agua en el horno para secado.

7. Al día siguiente se pesa el residuo secado al horno. La diferencia en peso entre la muestra original secada a la estufa y la muestra lavada (también secada a la estufa), se añade al peso del material retenido en la cazoleta para determinar el peso del suelo que pasa por el tamiz N° 200.
8. Llevar la muestra al juego de tamices (N°8, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 80, 100 y 200) (ASTM-D422, AASTHO T193) con la cazoleta o fondo. Se coloca la tapa en la parte alta y se sacude el conjunto vigorosamente con un movimiento rotatorio horizontal; se pesa lo retirado en cada una de las mallas con una aproximación de 0.01 gr.



Fotografía 16. Ingresando la muestra lavada y secada a tamices.

9. Conociéndose los pesos retenidos en cada una de las mallas se obtiene los porcentajes retenidos parcial y acumulativo, así como los parciales que pasan.



Fotografía 17. Pesando las muestras retenidas en los tamices.

10. Trazamos luego la curva granulométrica que es una curva de distribución según el tamaño de los granos en un gráfico a escala semilogarítmica donde las abscisas son la abertura de las mallas en (mm) y las ordenadas son los porcentajes de material que pasan por dicha malla.
11. Con los porcentajes retenidos en cada una de las mayas se procede a dibujar la curva granulométrica resultante, la curva granulométrica nos permite determinar parámetros como el diámetro efectivo (D_{10}), coeficiente de cobertura (C_c) y su coeficiente de uniformidad (C_u).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Tabla 15: Resultado del Análisis granulométrico.

Proyecto : TESIS "Uso de la Lana de Ovinio en ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en Distrito-Provincia huancavelica-2018"					
Tesistas : Bach. Zocrates Maximiliano PEREZ SALAZAR Bach. Nilton PAYTAN DUEÑAS					
Ensayo : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO					
Norma :					
Fecha de Muestreo Huancavelica 08 / 03 / 2017					
Muestreado por : Los tesistas					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO					
Peso Inicial de la Muestra Seca	2000.00	Gr	Ubicación :	D60 = 0.12	Cu =
Peso de la Muestra Después del Labado	337.83	Gr	Estrato :	D30 = 0.00	Cc =
Pérdida por Lavado	1662.17	Gr	Potencia:	D10 = 0.00	
Tolerancia	83.11	%	Deschar Ensayo		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
3"	76.200	0.00	0.00		
2"	50.300	0.00	0.00		
1 1/2"	30.100	0.00	0.00		
1"	25.400	64.80	3.24		
3/4"	19.050	76.84	3.84		
1/2"	12.700	140.20	7.01		
3/8"	9.525	59.57	2.98		
1/4"	6.350	112.54	5.63		
4	4.750	105.15	5.26		
10	2.000	49.57	2.48		
20	0.850	28.99	1.45		
30	0.590	10.36	0.52		
40	0.426	12.28	0.61		
60	0.250	30.09	1.50		
100	0.150	51.20	2.56		
200	0.075	153.61	7.68		
Cazoleta		1104.80	55.24		
Total Retenido :	2000.00	100.00			

Fuente: Elaboración Propia

c) Límites de Atterberg.

c.1. Límite líquido (LL).

El Límite Líquido, se define como el contenido de humedad que requiere un suelo para presentar una resistencia al esfuerzo cortante de aproximadamente 25 gr/cm² independientemente de su mineralogía según Bowles citado por Vera (2017, p.57).

El ensayo se realizó según la norma ASTM-D423.

Materiales y Equipos:

- Aparato CASA GRANDE, que consta de; una cuchara con superficie circular y un acanalador que sirve para hacer una hendidura en el material.
- Tazón para depositar y mezclar el material a ensayar.
- Tara para determinar el contenido de humedad
- Espátula de acero inoxidable, con hojas de aproximadamente 80x200mm. Para mezclar el material con agua.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno de temperatura de 110 °C.

Procedimiento de ensayo:

1. Se coloca la muestra representativa en horno durante 24 horas.
2. Se pesa la muestra después de enfriarla y se registra el peso con aproximación de gramos.
3. Se seca la muestra al aire y se tamiza utilizando la malla N° 40, se mezcla y se toma 100 gr. Del material mezclado que ha pasado por dicho tamiz.



Fotografía 18. Tamizando la muestra.

4. La calibración del aparato debe aprobarse a menudo ajustándolo si no está exacto. Se considerará calibrarlo cuando la cuchara al estar en su máxima elevación, en el punto donde golpea la base, tenga una distancia de 10 mm de la misma.
5. Se coloca la muestra en el tazón y se mezcla con unos 15 a 20 cm³ de agua amasando y mezclando. Se va incorporando agua hasta conseguir una consistencia tal que mediante el procedimiento indicado cierre la ranura unos 13 mm, al cabo de 15 a 35 golpes.
6. Se coloca en la cuchara de bronce una porción de muestra la cual se extiende con la espátula, se nivela para obtener la profundidad de un 10 mm, en el punto de espesor máximo regresando el exceso del suelo al recipiente.



Fotografía 19. Colocando la muestra en la cuchara de bronce.

7. Utilizando el acanalador, se divide la muestra contenida en la cuchara de bronce, haciendo ranura a lo largo de diámetro y a través de la línea central de la muestra del suelo.



Fotografía 20. Haciendo la ranura con el acanalador.

8. Se gira la manivela a razón de dos vueltas por segundo y se anotan los golpes necesarios para que las paredes de la ranura se unan en el fondo del mismo en una distancia de 13 mm aproximadamente.



Fotografía 21. Realizando Giro de la manivela.

9. Por medio de la espátula, se toma aproximadamente 15 gr. Del suelo próximo a las paredes de la ranura donde se cerró. Se coloca en un recipiente y se lleva al horno a una temperatura de 110 °C hasta obtener peso constante. Una vez enfriada la muestra se vuelve a pesar para obtener la humedad del suelo.
10. Se transfiere el suelo sobrante en la cuchara, se lava y se seca, y se vuelve a hacer el mismo ensayo adicionándole un poco de agua. Por lo menos hacer dos determinaciones adicionales.

11. Luego en un gráfico de papel semilogarítmico se coloca el contenido de humedad como ordenada y en la escala aritmética el número de golpes con abscisa en la escala logarítmica. La línea de fluidez es la recta que promedia los tres o más puntos obtenidos en el ensayo. Se toma como LL el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes.

$$LL = W\left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Donde:

N: Es el número de golpes que se procura este lo más próximo a 25.

W: Es el contenido de humedad de la muestra.

(N/25)^{0.121}: Se puede determinar para distintos números de golpes y simplemente se multiplica este factor por el contenido de humedad de la muestra. Este factor en la siguiente tabla.

Tabla 16: *Determinación de L.L. por 1 punto.*

Nº de golpes	(N/25) ^{0.121}
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
2	0.9900
24	0.9951
25	1.000
26	1.0048
27	1.0094
28	1.0138

29	1.0182
30	1.0223

Fuente: ASTM-D423.

c.2. Limite Plástico ASTM-D424

El limite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con la cual el suelo, al ser enrollados en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo.

Equipo necesario:

- Tazón para depositar y mezclar el material a ensayar.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno de temperatura de 110 °C.
- Placa de vidrio u otra superficie lisa no absorbente.
- Tara para determinar el contenido de humedad.
- Espátula de acero inoxidable, con hojas de aproximadamente 80x200mm. Para mezclar el material con agua.

Procedimiento de ensayo:

1. Se toma aproximadamente 15 gr de la porción completamente mezclada, con material que pasa el tamiz N° 40. El suelo seco se coloca en la capsula de porcelana se mezcla con agua hasta que la mezcla se vuelva plástica y uniforme; para formar fácilmente una bola de la cual se toma 8 gr. Que se hace rodar entre los dedos y la placa de vidrio con una presión suficiente

como para darle forma de un hilo de diámetro uniforme a través de toda su longitud.



Fotografía 22. Tamizando la muestra con tamiz N° 40.

2. Cuando al hacerlo rodar, muestra pequeñas fisuras en un diámetro de 3.2 mm. Se reúne el pedazo y se colocan en un recipiente tapado (M3), se pesa el recipiente con el suelo húmedo (M1), y se anota el valor.



Fotografía 23. Rollitos de prueba.

3. Seguidamente se seca el suelo en un horno a una temperatura de 110° y luego se pesa (M2) la pérdida de agua se registra como peso de agua.
4. Se calcula el límite plástico (Wp), expresado como el contenido de agua (%) del peso del suelo seco al horno.

$$Wp = \frac{W_{agua}}{W_{suelo al horno}} * 100\%$$

$$Wp = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} * 100\%$$

Donde:

M1: Recipiente + suelo húmedo

M2: Recipiente + suelo seco

M3: Recipiente

c.3. Índice de plasticidad

Procedimiento de ensayo:

Se realiza mediante la siguiente formula:

$$I.P = L.L. - L.P.$$

Donde:

I.P: Índice de plasticidad

L.L: Limite Líquido

L.P: Limite Plástico

Tabla 17. Resultados de los límites de Atterberg.

Proyecto : TESIS "Uso de la Lana de Ovino en ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en Distrito-Provincia huancavelica-2018"											
Tesistas :		Bach. Zocrates Maximiliano PEREZ SALAZAR Bach. Nilton PAYTAN DUEÑAS									
Ensayo :		LÍMITES DE CONSISTENCIA									
LÍMITE LÍQUIDO		Norma : ASTM D 4318									
LÍMITE PLÁSTICO		Norma : ASTM D 4319									
Fecha de Muestreo :		Huancavelica 09 / 03 / 2017									
Muestreado por :		Los testistas									
LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación :			Calicata			Potencia.		0.50 m	
		Estrato :			E1						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO						
Tara Número		Unidades	M1	M2	M3	M1	M2	M3	Límites de Consistencia		
Peso Tara + Muestra Húm		Gr	36.86	39.27	39.61	42.54	40.55	40.40	Límite Líquido:		LL = 36.28%
Peso Tara + Muestra Seca		Gr	34.63	36.43	36.70	41.66	39.89	39.80	Límite Plástico:		LP = 16.99%
Peso de la Tara		Gr	28.57	28.51	28.60	36.08	35.79	36.66	Índice de Plasticidad :		IP = 19.29%
Peso de la Muestra Seca		Gr	6.06	7.92	8.10	5.58	4.10	3.14	Contenido de Humedad :		W _n = 30.32%
Peso del Agua		Gr	2.23	2.84	2.91	0.88	0.66	0.60	Grado de Consistencia :		K _w = 0.31
Contenido de Humedad		%	36.80	35.86	35.93	15.77	16.10	19.11	Grado de Consistencia :		Viscosa
Número de Golpes			30	24	19	Promedio :		16.99			
Calicata :		0									
Estrato :		E1									
Potencia :		Potencia.									
Número de Golpes		Contenido de Humedad (%)									
30		36.80									
24		35.86									
19		35.93									
25		36.278									
</											

Fuete: Elaboración Propia.

d) Clasificación del Suelo.

Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado. Los principales sistemas de clasificación de suelos más utilizados actualmente son: Clasificación de suelos para el propósito de construcción de carreteras, conocido como sistema American Association of State Highway and Transportation officials

(AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

d.1. Sistema de Clasificación AASHTO.

Según Braja (2011, p.35) De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por el tamiz N° 200. Los suelos de los que más del 35% pasan por el tamiz N° 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño de Grano

Grava; Fracción que pasa la malla de 75mm y es retenido en la malla N° 10.

Arena; Fracción que pasa la malla N° 10 y es retenido en la malla N° 200.

Limo y Arcilla; fracción que pasa la malla N° 200.

2. Plasticidad

El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El

término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

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

Tabla 18. Resultado clasificación AASHTO.

Proyecto : TESIS "Uso de la Lana de Ovino en ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en Distrito-Provincia huancavelica-2018"					
Tesistas :	Bach.	Zocrates Maximiliano PEREZ SALAZAR			
	Bach.	Nilton PAYTAN DUEÑAS			
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN A.A.S.H.T.O.					
Realizado por : Los tesistas					
CLASIFICACIÓN AASHTO					
Parámetros Usados			Ubicación :	C.P. huaylacuco	Potencia : 0.50 m
% Que Pasa la Malla N° 200 55.24			Estrato :	E1	
% Que Pasa la Malla N° 40 66.99			Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10 69.57			a =	20.24	IG = 8.00
Límite Líquido LL =	36.28 %		b =	40.00	
Límite Plástico LP =	16.99 %		c =	0.00	
Índice de Plasticidad : IP =	19.29 %		d =	9.29	
Tipo de Suelo :		Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos :		A - 6			
Suelo :		A - 6 (8)			
Tipo de Material :		Suelo Arcilloso			
Terreno de Fundación :		Regular a Malo			

Fuente: Elaboración Propia

d.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Según Braja M. (2011, p.35) La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos,

el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros (Prueba D-2487 de la ASTM), clasifica los suelos en dos amplias categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arena con menos del 50% pasando por la malla N° 200.

Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo **G** o **S**, **G** significa grava o suelo gravoso y **S** significa arena o suelo arenoso.

2. Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con el prefijo **M**, que significa limo inorgánico, **C** para arcillas inorgánicas u **O** para limos y arcillas orgánicas. El símbolo **Pt** se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Tabla 19. Resultado clasificación SUCS.

Proyecto :		TESIS "Uso de la Lana de Ovino en ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en Distrito-Provincia huancavelica-2018"			
Tesistas :		Bach. Zocrates Maximiliano PEREZ SALAZAR			
		Bach. Nilton PAYTAN DUEÑAS			
Realizado por :		Los tesistas			
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S					
Ubicación :		C - 1		Potencia :	0.50 m
Estrato :		E1			
% Que Pasa la Malla N° 200		55.24			
Límite Líquido	LL =	36.28 %			
Límite Plástico	LP =	16.99 %			
Índice de Plasticidad	IP =	19.29 %			
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Fino			
		Baja Plasticidad			
Tipo de Simbología :		Simbología Normal			
Tipo de Suelo :		CL, ML, OL			
Suelo :		CL		Inorgánico	
Caractrísticas del Suelo :		CL	Arcilla ligera y tipo grava con arena		

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.4 Método de la prueba de Eades y Grim: Normas ASTM D 6276.

4.1.1.4.1 Método para estabilizar Suelos Arcillosos.

Esta prueba es utilizada para estimar la proporción requerida de cal para la estabilización de suelos arcillosos, Su objetivo consiste en identificar el punto de retención de cal, a partir de la preparación de una serie de muestras de tierra con pesos similares, a las cuales se les agrega cal en un intervalo constante de porcentajes también en peso. Se mezcla la tierra con la cal en seco y se añade agua para formar suspensiones cuyo pH es medido con el fin de identificar la muestra cuya proporción de cal lo lleve a alcanzar un pH de 12,4 como mínimo.

Pasos a seguir:

1. Seque al aire una cantidad suficiente del suelo para ser probado.
2. Tamizar el suelo a través de un tamiz número 40.
3. Pesar, con precisión de 0,01 g, una serie de cantidades de cal equivalente a diferentes % de la muestra de suelo
4. Mezclar el suelo y la cal en seco en unos recipientes de plástico de 150 ml con tapa hermética al agua.
5. Añadimos los 100 ml de agua destilada libre de dióxido de carbono a cada contenedor de suelo y cal.
6. Agitamos cada botella durante 30 s cada diez minutos durante 1 h. Después de 1 h, agitamos vigorosamente y la transferencia de parte de la suspensión en un vaso de precipitados para luego medir el pH.

Este ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la Empresa **Especializada en Monitoreo y Control de Calidad Ambiental S.A.C.** ubicado en el Jr. Virrey Toledo N° 398 - Tercer Piso del Barrio de Yananaco-Huancavelica. Obteniendo el PH del suelo solo un valor de 6, lo que se buscaba era obtener un PH mínimo de 12.40 entonces que añadió la cal al suelo en diferentes porcentajes hasta que con un 12% de cal se obtuvo un PH de 12.50. Que justamente se tomó este porcentaje para la investigación.

Tabla 20. Resultado del ensayo de Ph de la solución suelo-cal.

Muestra	Determinación	NHL5	Resultado de (PH)
E1	M1	6%	8.00
E2	M2	8%	9.50
E3	M3	10%	11.00
E4	M4	12%	12.40
E5	T		6.50

Dato: (T) Suelo Natural.

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2 Elaboración de probetas con proporciones de Lana de ovino:

4.1.2.1 Agua.

Para la presente investigación se utilizó agua proveniente de la red de distribución de la ciudad universitaria Paturpampa – Huancavelica.

4.1.2.2 Determinación de la relación agua/ suelo.

Con el fin de encontrar la óptima relación agua/suelo que nos asegure una buena trabajabilidad de la masa de suelo, se tomaron 100 gr de suelo y se amasaron con distintos porcentajes de agua en relación del peso del suelo, hasta conseguir tal propósito.

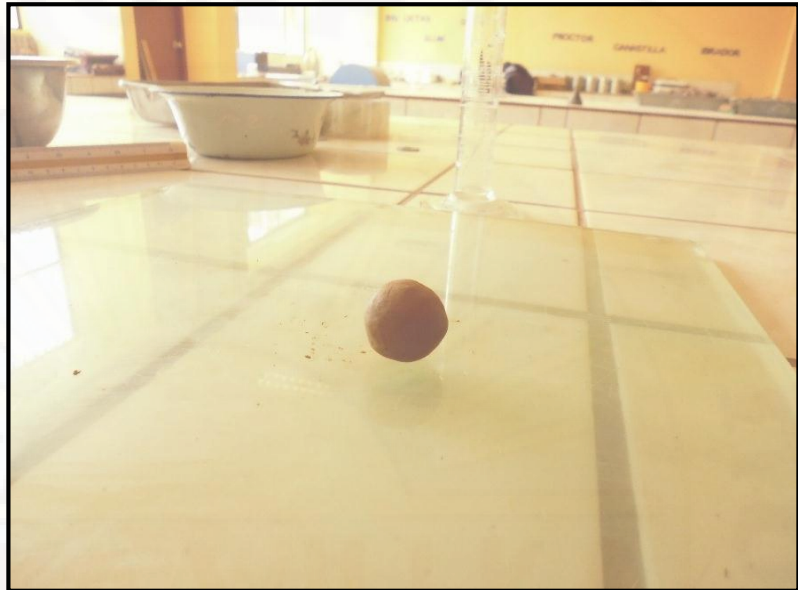
Según Amorós (2011, p.29) menciona que no existe ningún método estandarizado para llevar a cabo esta determinación, por lo que hubo que consultar bibliografías sobre los métodos rudimentarios que se emplean en el ámbito rural de la aplicación de este sistema constructivo.

Para ello existe el método siguiente:

Prueba de la bola: se amasa la arcilla hasta formar una esfera de un diámetro aproximadamente de 2 centímetros, y se la deja caer de una altura de 1.50 metros. Si la esfera se desmorona completamente en pequeños trozos, significa que en la mezcla falta agua. Si por el contrario se queda demasiado aplastado contra el suelo, indica que hay exceso de agua.

Pasos a seguir:

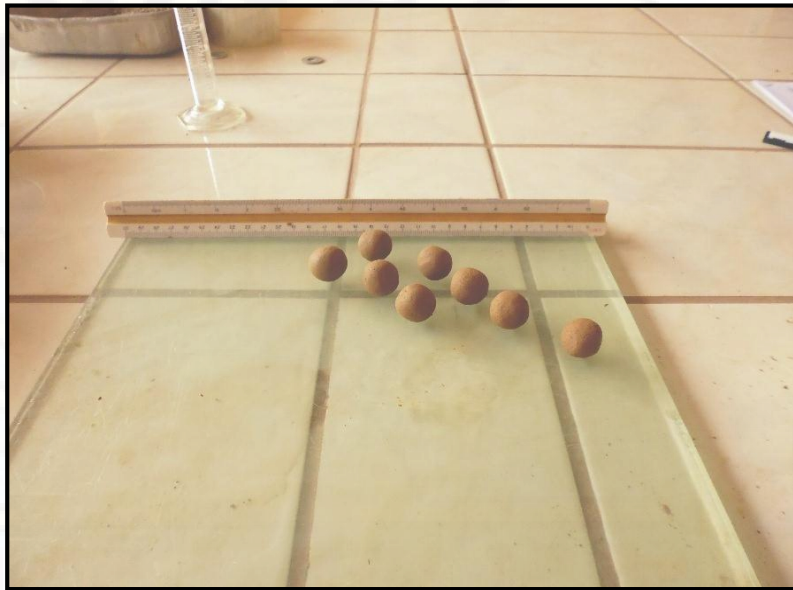
- ✓ Elaborar la esfera de un diámetro aproximado de 2 cm de diámetro, con distintos porcentajes de agua, con relación al peso seco del suelo.
- ✓ Dejar de caer desde una altura de 1.50 m.



Fotografía 24. Esfera amasada para el ensayo.



Fotografía 25. Midiendo la esfera de 2 cm de diámetros.



Fotografía 26. Esferas de 2 cm de diámetro para los ensayos.



Fotografía 27. Dejando de caer desde una altura de 1.50 metros.

Resultados del ensayo:

- ✓ En este caso se tomó la relación agua/suelo que al caer de una altura de 1.50m quede ligeramente aplastada lo cual es un indicativo que dicha relación es el óptimo, obteniendo resultados deseables con la relación agua/suelo de **0.24**.
- ✓ De igual manera se utilizó el mismo método para determinar la relación agua/ (suelo+cal) dando como resultado óptimo la relación de **0.26**.

4.1.2.3 Dosificación de las probetas:

Datos para la dosificación de las probetas:

A continuación, se presentan los resultados de los diferentes materiales que conforman las probetas que fueron calculadas en el laboratorio de mecánica de Suelos I.

SUELO. El suelo que se utilizó para las dosificaciones fueron tamizados con la malla N° ¼" que es el más próximo a la malla de 5mm de diámetro, que es lo que recomienda SENCICO "Construcción con Tierra" (pag. 05) para los suelos que se utilizaran para la elaboración de adobes y adobes estabilizados.

CAL HIDRÁULICA. Que es la que se comporta mejor según al tipo de suelo que tenemos.

LANA DE OVINO. La lana fue cortada en pedazos de 1.00 cm para su mayor trabajabilidad en cuanto al mezclado homogéneo en la masa de suelo.

Tabla 21. Dosificación para los tratamientos (T).

DOSIFICACIÓN DE MEZCLA EN PESO POR (gr) de (LO)						
TRATAMIENTO (T)	% DE LANA	SIMBOLO GÍA	DOSIFICACIÓN			
			SUELO (grs)	CAL HIDRÁULICA (grs)	AGUA (ml)	LANA DE OVINO (grs)
T1	1%	GEXP-1%	100.00	12.0	29.65	1.00
T2	3%	GEXP-3%	32.67	3.9	10.23	1.00
T3	4%	GEXP-4%	24.25	2.9	7.81	1.00
T4	6%	GEXP-6%	15.83	1.9	5.38	1.00
T5	9%	GEXP-9%	10.22	1.2	3.76	1.00
T6	12%	GEXP-12%	7.42	0.9	2.95	1.00

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.4 Tratamientos estudiados y cantidad de probetas por tratamiento.

Para determinar los tratamientos en la presente tesis, se utilizó los especímenes cúbicos de 10 cm x 10 cm x 10 cm de lado para ensayos a compresión, absorción, erosión, densidad y contenido de humedad y especímenes prismáticas de 10cm x 10 cm x 40 cm para ensayo de flexión.

A sí mismo, se determinó los tratamientos (T) de **1%, 3%, 4%, 6%, 9% y 12%** de incorporación de Lana de ovino (LO) con respecto al peso del suelo seco, Estos porcentajes de los tratamientos se obtuvieron en base de la Tesis " *Experimentación con cal y fibra de cabuya en la estabilización de tierra como material de construcción.*" realizados por Becerra en el año 2016.

La dosificación de los diferentes tratamientos (T) por unidad de probeta

Son:

Tabla 22. Dosificación de las probetas cúbicas para los tratamientos.

DOSIFICACIÓN POR UNIDAD DE PROBETAS CÚBICAS DE 10 CM DE LADO						
TRATAMIENTO (T)	% DE LANA	SIMBOLOGÍA	DOSIFICACIÓN			
			SUELO (grs)	CAL HIDRÁULICA (grs)	AGUA (ml)	LANA DE OVINO (grs)
T1	1%	GEXP-1%	1500.00	180.00	444.70	15.00
T2	3%	GEXP-3%	1470.00	176.40	460.49	45.00
T3	4%	GEXP-4%	1455.00	174.60	468.38	60.00
T4	6%	GEXP-6%	1425.00	171.00	484.18	90.00
T5	9%	GEXP-9%	1380.00	165.60	507.86	135.00
T6	12%	GEXP-12%	1335.00	160.20	531.55	180.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Dosificación de las probetas prismáticas para los tratamientos.

DOSIFICACIÓN POR UNIDAD DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE 10 X 10 X 40 cm DE LADO						
TRATAMIE NTO (T)	% DE LANA	SIMBOLOGÍA	DOSIFICACIÓN			
			SUELO (grs)	CAL HIDRÁULICA (grs)	AGUA (ml)	LANA DE OVINO (grs)
T1	1%	GEXP-1%	6000.00	720.0	1778.78	60.00
T2	3%	GEXP-3%	5880.00	705.6	1841.95	180.00
T3	4%	GEXP-4%	5820.00	698.4	1873.54	240.00
T4	6%	GEXP-6%	5700.00	684.0	1936.70	360.00
T5	9%	GEXP-9%	5520.00	662.4	2031.46	540.00
T6	12%	GEXP-12%	5340.00	640.8	2126.21	720.00

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de probetas por tratamiento (T):

La cantidad de probetas elaboradas para cada ensayo fueron de 6 probetas por tratamiento, para los ensayos mecánicos y de 3 probetas por tratamiento para los ensayos físicos esto obedeciendo que la

muestra debe ser representativa de la población para un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5%.

La NTP 399.613:2005 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”, la cual especifica que, para garantizar la veracidad de los resultados de los ensayos, se ensayaran como mínimo 6 especímenes

Tabla 24. Número de Probetas cúbicas para Ensayo a Compresión.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas	
		14 días	28 días
T1	1%	6	6
T2	3%	6	6
T3	4%	6	6
T4	6%	6	6
T5	9%	6	6
T6	12%	6	6
Total de probetas		72	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Número de Probetas prismáticas para ensayo a flexión.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 días	14 días	28 días
T1	1%	6	6	6
T2	3%	6	6	6
T3	4%	6	6	6
T4	6%	6	6	6
T5	9%	6	6	6
T6	12%	6	6	6
Total de probetas		108		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Número de Probetas cúbicas para Ensayo de densidad.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 días	14 días	28 días
T1	1%	3	3	3
T2	3%	3	3	3
T3	4%	3	3	3
T4	6%	3	3	3
T5	9%	3	3	3
T6	12%	3	3	3
Total de probetas		54		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Número de Probetas cúbicas para Ensayo de absorción.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 Días	14 Días	28 Días
T1	1%	3	3	3
T2	3%	3	3	3
T3	4%	3	3	3
T4	6%	3	3	3
T5	9%	3	3	3
T6	12%	3	3	3
Total de probetas		54		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Número de Probetas cúbicas para Ensayo de erosión.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 Días	14 Días	28 Días
T1	1%	3	3	3
T2	3%	3	3	3
T3	4%	3	3	3
T4	6%	3	3	3
T5	9%	3	3	3

T6	12%	3	3	3
Total de probetas		54		

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.5 Elaboración, moldeado y curado de las Probetas:

PROCESO DE ELABORACIÓN:

- ✓ Se pesaron los materiales según la dosificación de los diferentes tratamientos:



Fotografía 28. Pesando el suelo según la dosificación.



Fotografía 29. Pesando la cal hidráulica según dosificación.



Fotografía 30. Pesando la lana de ovino según dosificación.



Fotografía 31. Midiendo la cantidad de Agua según dosificación.

- ✓ Se mezcló el suelo y la cal hidráulica en seco hasta obtener una muestra uniforme, luego se le agregó el agua y se procedió al amasado para dejarlo reposar unos 30 minutos para que penetre bien el agua en las láminas de arcilla.



Fotografía 32. Agregando cal al suelo para mezclado en seco.



Fotografía 33. Mezclando uniformemente el suelo y la cal.



Fotografía 34. Agregando agua a la mezcla de suelo y cal.

- ✓ luego de este procedimiento se realizó el amasado hasta integrar bien los materiales entre sí y muestre una mezcla uniforme.



Fotografía 35. Agregando lana de ovino a la mezcla de suelo cal.



Fotografía 36. Mezclando uniformemente los materiales.

PROCESO DE MOLDEADO DE LAS PROBETAS:

- ✓ Para el moldeado de las probetas se tomó una cantidad suficiente como para que entre en un solo bloque para cada probeta cúbica, así nos aseguramos que no existan capas dentro de las probetas que puedan perjudicar en la resistencia última de las probetas.
- ✓ Luego nos aseguramos que no existieran cangrejas aplicándolo una presión moderada a la masa de barro.
- ✓ Los moldes cúbicos de 10 cm x 10 cm x 10 cm son asegurados mediante pernos, se limpiaron y cubrieron con líquido (desmoldante), para luego colocarlo en una superficie nivelada y proceder con el moldeo.



Fotografía 37. Moldeando probetas cúbicas.



Fotografía 38. Enrasando probetas cúbicas.

- ✓ De igual manera se hicieron para las probetas prismáticas de 10 cm x 10 cm x 40 cm son asegurados mediante pernos, se limpiaron y se cubre con líquido (desmoldante), para luego colocarlo en una superficie nivelada y proceder con el moldeo.



Fotografía 39. Moldeando probetas prismáticas.

PROCESO DE CURADO DE LAS PROBETAS:

El curado es el proceso que permite tener controlada la temperatura y humedad de las probetas, dando así inicio a la reacción de los componentes químicos de la cal y los componentes químicos de los suelos arcillosos. Para así asegurar la acción puzolánica y la carbonatación de la cal en el suelo arcilloso contribuyendo así a la mejora de las características tanto físicas como mecánicas de las probetas.

El CURADO de las probetas se ha desarrollado para 7, 14 y 28 días a temperatura ambiente después de las cuales se han sido sometidos a los distintos ensayos tanto físicos como mecánicos que se consideraron en el plan del proyecto.

4.1.3 Determinación de las propiedades Físicas y mecánicas de las probetas con (LO).

El cálculo de las propiedades tanto físicos como mecánicos de los diferentes tratamientos (T), son de suma importancia ya son a través de estos resultados que se vá determinar que tratamientos (T) son influenciados significativamente por la adición de la lana de ovino y así poder elaborar los ladrillos con el tratamiento más óptimo.

4.1.3.1 Ensayo a compresión.

Es el ensayo que mayor incidencia tiene a la hora de determinar el tratamiento óptimo, ya que la resistencia a compresión por unidad de área "f'b" que deben tener las unidades de albañilería son de vital importancia para ayudar a soportar cargas verticales y laterales de una estructura y así dar mayor seguridad a las estructuras.

Para el ensayo a compresión se basó en la NTP 399.613-2005 (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, *métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*).

El resultado de resistencia a compresión de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de seis probetas cúbicas ensayadas a los, 14,28 días.



Fotografía 40. Probetas para ensayo a los 7 días.



Fotografía 41. Probetas para ensayo a los 14 días.



Fotografía 42. Probetas para ensayo a los 28 días.

Tabla 29. Cuadro de Número de probetas para ensayo a compresión.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas	
		14 Días	28 Días
T1	1%	6	6
T2	3%	6	6
T3	4%	6	6
T4	6%	6	6
T5	9%	6	6
T6	12%	6	6

Fuente: Elaboración Propia

Equipo para el ensayo a compresión de las probetas

✓ **Máquina para ensayo de compresión**

Se utilizó una Prensa hidráulica Motorizada - digital para rotura de probetas de concreto con una capacidad de 120 Tn, del laboratorio de Concreto de la EAP de Ing Civil-Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Se utilizaron todos los implementos que se especifica para los ensayos a compresión de probetas de concreto de forma cilíndrica tales como las almohadillas de neopreno de un espesor de 1.5 cm marca QTKF De 6 pulgadas de diámetro, de igual manera, se utilizó anillos de retención también conocidos como platos de retención con diámetro no menor al 102% del diámetro de la probeta, las cuales cumplen con la norma ASTM C1231.



Fotografía 43. Prensa Hidráulica Marca (ELE).

4.1.3.2 Procedimiento a seguir para el ensayo de resistencia a compresión de probetas.

- ✓ Se ensayaron 6 probetas por tratamiento (T) las cuales son: T1 con 1% (LO), T2 con 3% (LO), T3 con 4% (LO), T4 con 6% (LO), T5 con 9% (LO) y T6 con 12% (LO), a los 14 y 28 días de CURADO a temperatura ambiente.

- ✓ El ensayo a compresión de las probetas a los 7 días de CURADO a temperatura ambiente no pudo ser posible porque el contenido de humedad de las probetas era demasiado y se comportaban como un material plástico por lo que sometidos al ensayo a compresión no llegaban a fallar solo se aplastaban exigiéndole un mayor esfuerzo a la prensa hidráulica por lo cual se decidió no realizar el ensayo a compresión a los 7 días de curado.



Fotografía 44. Probetas ensayadas a los 7 días de curado.

- ✓ Previo al ensayo a los 14 y 28 días de CURADO a temperatura ambiente, se registraron las medidas como pesos y dimensiones de cada probeta a ensayar para saber sus variaciones físicas de una probeta a otra.



Fotografía 45. Peso de probetas para ensayo de compresión.



Fotografía 46. Medida de probetas para ensayo de compresión.

- ✓ Se procedió a realizar los respectivos ensayos de los diferentes tratamientos.



Fotografía 47. Colocado de la probeta para su ensayo.



Fotografía 48. Falla de probetas del T-1 con 1% (LO).



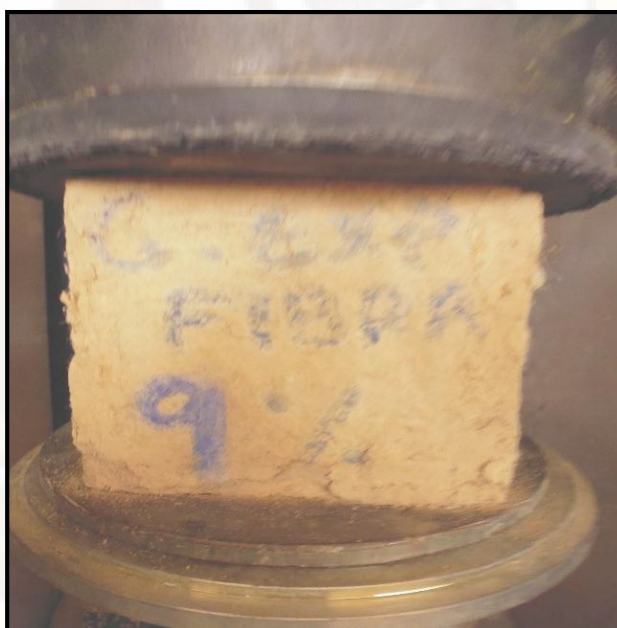
Fotografía 49. Falla de probetas del T-2 con 3% (LO).



Fotografía 50. Falla de probetas del T-3 con 4% (LO).



Fotografía 51. Falla de probetas del T-4 con 6% (LO).



Fotografía 52. Falla de probetas del T-5 con 9% (LO).



Fotografía 53. Falla de probetas del T-6 con 12% (LO).

De esta manera se procedió con el ensayo a compresión (**f_b**) de todas las probetas de cada Tratamiento, Registrándose la fuerza necesaria en (Kg-f) para la cual aparecieron las primeras grietas y la falla de la probeta. Ya que las probetas mantenían su forma hasta un esfuerzo mucho mayor debido a la lana de ovino con la cual la falla de las probetas fue por aplastamiento.

Resultados del ensayo a compresión de las probetas con (LO).

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

RESULTADOS PARA 14 DÍAS DE CURADO

Tabla 30. Cuadro de resistencia a compresión de probetas de T1: 1%(LO) a los 14 días de curado.

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T1: GEXP 1%	GEXP1-1	9.90	9.87	9.89	9.82	9.92	10.00	98.010	1130	11.53	13.14
	GEXP1-2	9.89	9.96	9.84	9.86	9.89	9.94	97.944	1340	13.68	
	GEXP1-3	9.95	9.92	9.90	9.89	9.86	9.89	98.043	980	10.00	
	GEXP1-4	8.99	9.05	9.10	9.54	9.38	9.40	85.401	1420	16.63	
	GEXP1-5	9.81	9.54	9.67	9.94	8.99	9.04	90.188	1250	13.86	
	GEXP1-6	9.76	9.83	9.86	9.91	9.93	9.94	97.447	1280	13.14	
								DES. ESTA	2.26		
								CV	17.17		

Fuente: Elaboración propia.

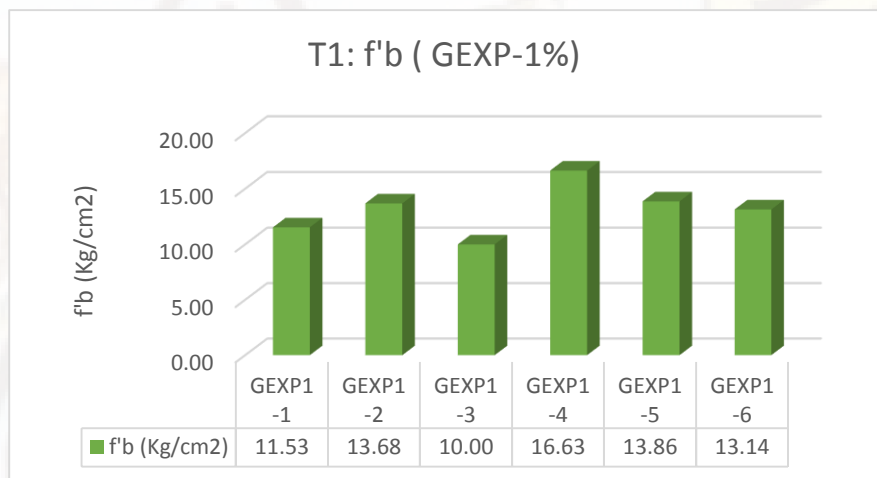


Figura 7. Comportamiento de la resistencia a compresión del T1: 1%(LO).

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 17.17 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 31. Cuadro de resistencia a compresión de probetas de T2: 3%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f' b (Kg/cm2)	PROMEDIO f' b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T2: GEXP 3%	GEXP3-1	9.77	9.83	9.89	9.83	9.82	9.79	96.465	1630	16.90	14.06
	GEXP3-2	9.89	9.90	9.92	9.89	9.93	9.95	98.274	1570	15.98	
	GEXP3-3	9.89	9.89	9.79	9.89	9.82	9.88	97.220	1180	12.14	
	GEXP3-4	9.79	9.79	9.80	9.87	9.86	9.90	96.725	1260	13.03	
	GEXP3-5	9.89	9.90	9.93	9.87	9.78	9.94	97.713	1120	11.46	
	GEXP3-6	9.83	9.86	9.94	9.93	9.96	9.98	98.339	1460	14.85	
									DES. ESTA	2.18	
									CV	15.54	

Fuente: Elaboración propia.

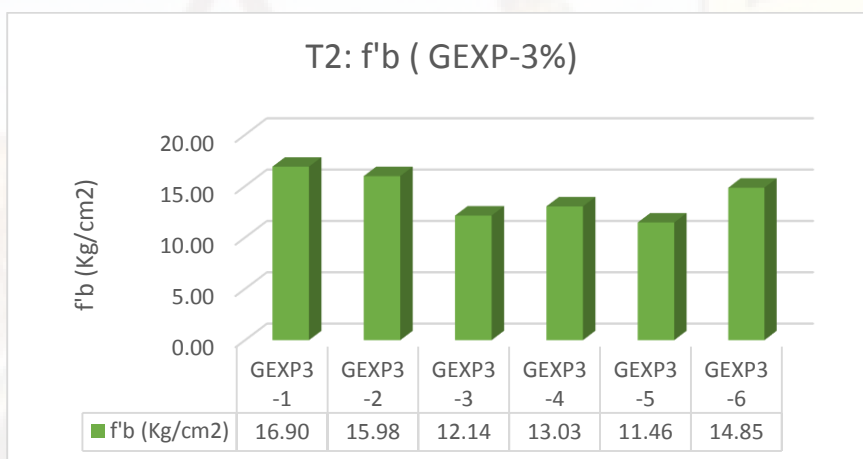


Figura 8. Comportamiento de la resistencia a compresión del T2: 3%(LO).

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 15.54 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 32. Cuadro de resistencia a compresión de probetas de T3:

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T3: GEXP 4%	GEXP4-1	9.97	9.93	9.97	9.95	9.95	10.02	99.301	1200	12.08	11.97
	GEXP4-2	9.98	9.90	9.93	9.91	9.93	10.02	98.903	1280	12.94	
	GEXP4-3	9.92	9.90	9.94	9.88	9.92	9.94	98.340	990	10.07	
	GEXP4-4	9.90	9.94	9.96	9.89	9.92	9.95	98.539	1080	10.96	
	GEXP4-5	9.95	9.96	9.96	9.99	9.98	9.96	99.334	1180	11.88	
	GEXP4-6	9.98	9.90	9.96	10.00	9.98	10.00	99.400	1430	14.39	
									DES. ESTA	1.51	
									CV	12.62	

Fuente: Elaboración propia.

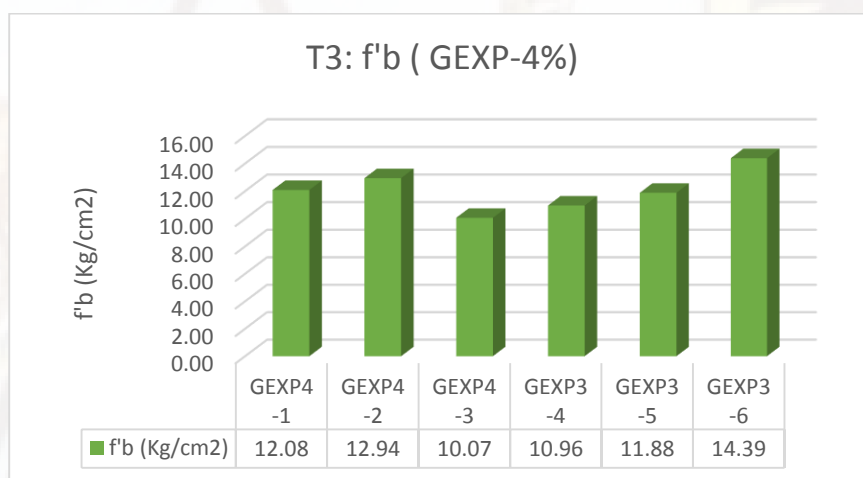


Figura 9. Comportamiento de la resistencia a compresión del T2: 4%(LO).

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 12.62 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 33. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T4: 6% (LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f`b (Kg/cm2)	PROMEDIO f`b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T4: GEXP 6%	GEXP6-1	9.70	9.89	9.70	9.90	9.71	9.82	95.778	1240	12.95	11.48
	GEXP6-2	9.88	9.75	9.83	9.72	9.73	9.85	95.909	1150	11.99	
	GEXP6-3	9.98	9.89	9.95	9.89	9.94	9.95	98.671	1260	12.77	
	GEXP6-4	9.89	9.86	9.86	9.98	9.94	9.89	98.075	1070	10.91	
	GEXP6-5	9.89	9.89	9.90	9.99	9.98	9.89	98.472	1090	11.07	
	GEXP6-6	9.89	9.95	9.96	9.86	9.98	9.96	98.671	1180	11.96	
									DES. EST A	0.84	
									CV	7.31	

Fuente: Elaboración propia.

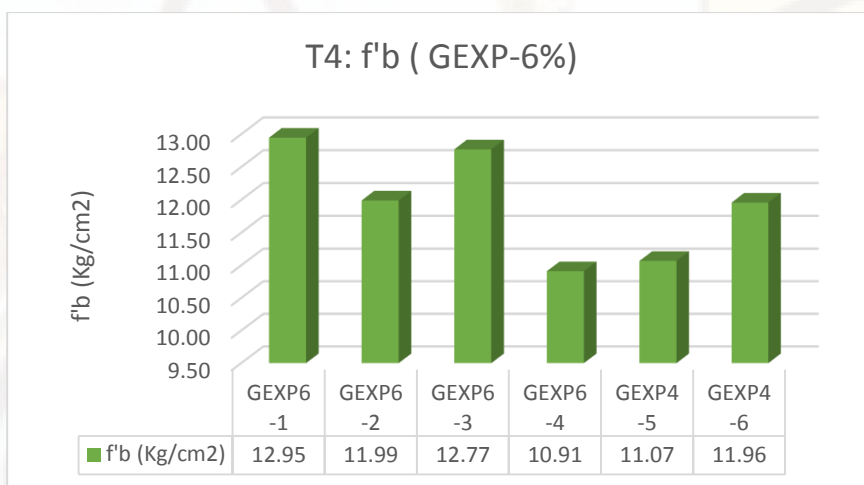


Figura 10. Comportamiento de la resistencia a compresión del T4: 6%(LO).

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 7.31 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 34. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T5:

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'm (Kg/cm2)	PROMEDIO f'm (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T5: GEXP 9%	GEXP9-1	9.91	9.79	9.83	9.93	9.85	9.89	97.351	1160	11.92	10.30
	GEXP9-2	9.98	9.89	9.89	9.92	9.95	9.98	98.704	1050	10.64	
	GEXP9-3	9.89	9.87	9.93	9.95	9.94	9.95	98.439	892	9.06	
	GEXP9-4	9.89	9.97	9.98	9.94	9.96	9.90	98.804	1020	10.32	
	GEXP9-5	9.87	9.89	9.89	9.97	9.98	9.96	98.537	887	9.00	
	GEXP9-6	9.89	9.94	9.96	9.86	9.92	9.96	98.439	980	9.96	
								DES.EST A	1.09		
								CV	10.57		

Fuente: Elaboración propia.

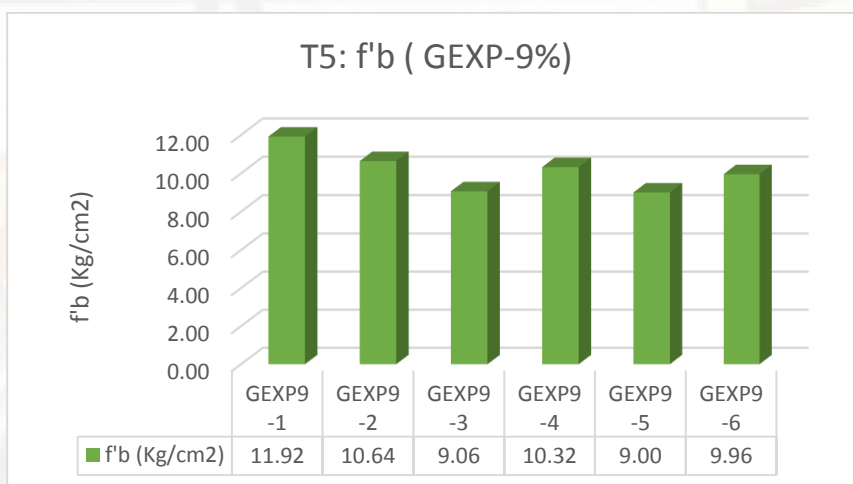


Figura 11. Comportamiento de la resistencia a compresión del T5: 9%(LO).

- Para calcular el promedio de f'_b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 10.57 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 35. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T6:

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T6: GEXP 12%	GEXP12-1	9.91	9.79	9.83	9.93	9.85	9.89	97.351	990	10.17	9.27
	GEXP12-2	9.98	9.90	9.93	9.91	9.93	10.02	98.903	850	8.59	
	GEXP12-3	9.89	9.86	9.86	9.98	9.94	9.89	98.075	1060	10.81	
	GEXP12-4	9.81	9.54	9.67	9.94	8.99	9.04	90.188	820	9.09	
	GEXP12-5	9.97	9.88	9.94	9.97	9.98	9.98	99.068	880	8.88	
	GEXP12-6	9.83	9.86	9.94	9.93	9.96	9.98	98.339	880	8.95	
									DES. ESTA	0.87	
									CV	9.39	

Fuente: Elaboración propia.

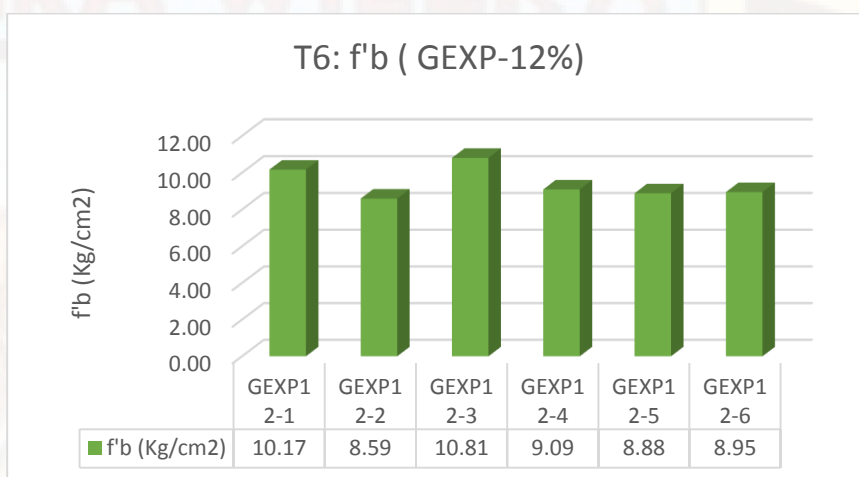


Figura 12. Comportamiento de la resistencia a compresión del T5: 9%(LO).

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 9.36 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

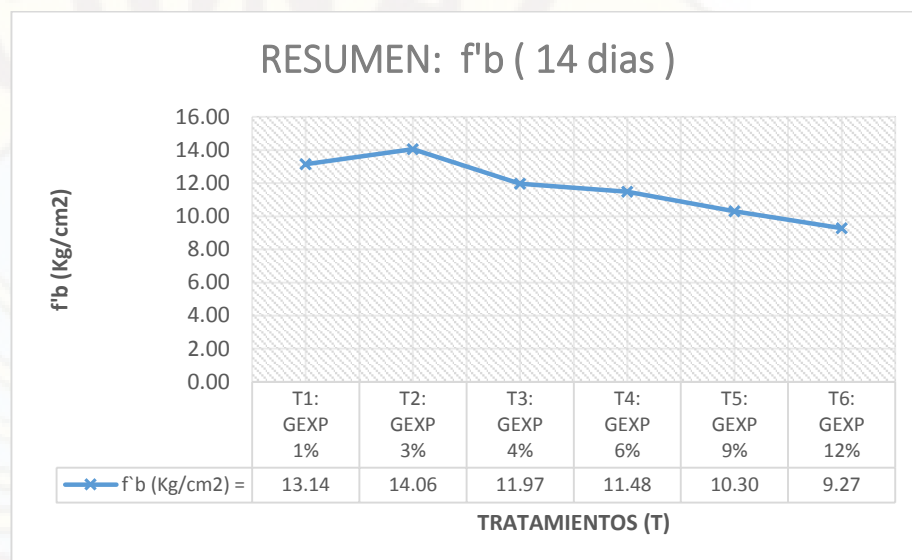


Figura 13. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de resistencia a compresión ($f'b$) de probetas a los 14 días de curado.

RESULTADOS PARA 28 DÍAS DE CURADO

Tabla 36. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T1:1%(LO)

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T1: GEXP 1%	GEXP1-1	9.93	9.90	9.91	9.92	9.92	9.98	98.539	1910	19.38	22.10
	GEXP1-2	9.89	9.96	9.84	9.86	9.89	9.94	97.944	2120	21.65	
	GEXP1-3	9.95	9.92	9.90	9.89	9.86	9.89	98.043	1860	18.97	
	GEXP1-4	8.99	9.05	9.10	9.54	9.38	9.40	85.401	2440	28.57	
	GEXP1-5	9.91	9.84	9.87	9.94	8.99	9.84	94.685	2050	21.65	
	GEXP1-6	9.86	9.83	9.86	9.91	9.93	9.94	97.778	2190	22.40	
								DES. ESTA	3.45		
								CV	15.61		

Fuente: Elaboración propia.

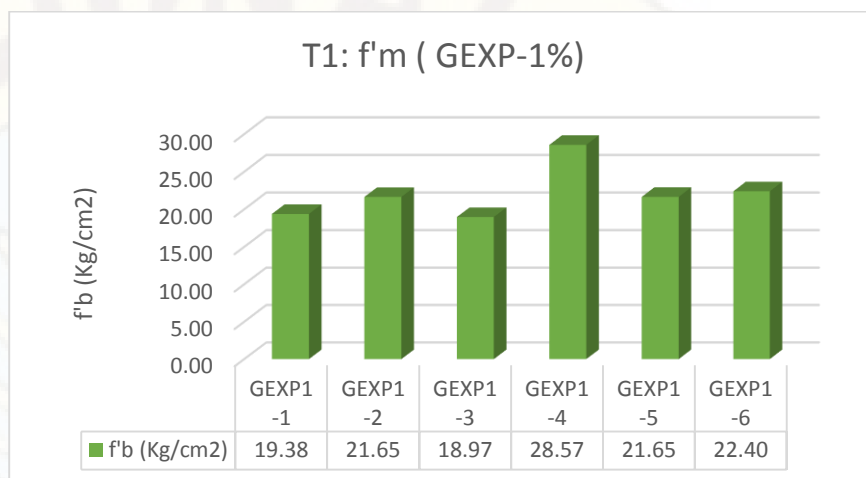


Figura 14. Comportamiento de la resistencia a compresión del T1: 1%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 15.61 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 37. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T2: 3% (LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm 2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T2: GEXP 3%	GEXP3-1	9.87	9.84	9.90	9.94	9.92	9.89	97.878	3400	34.74	23.31
	GEXP3-2	9.89	9.90	9.92	9.89	9.93	9.95	98.274	2050	20.86	
	GEXP3-3	9.89	9.89	9.79	9.89	9.82	9.88	97.220	2100	21.60	
	GEXP3-4	9.89	9.89	9.80	9.97	9.96	9.90	98.041	1956	19.95	
	GEXP3-5	9.89	9.90	9.93	9.87	9.78	9.94	97.713	2120	21.70	
	GEXP3-6	9.87	9.89	9.97	9.96	9.99	9.98	98.869	2080	21.04	
									DES. EST A	5.63	
									CV	24.15	

Fuente: Elaboración propia.

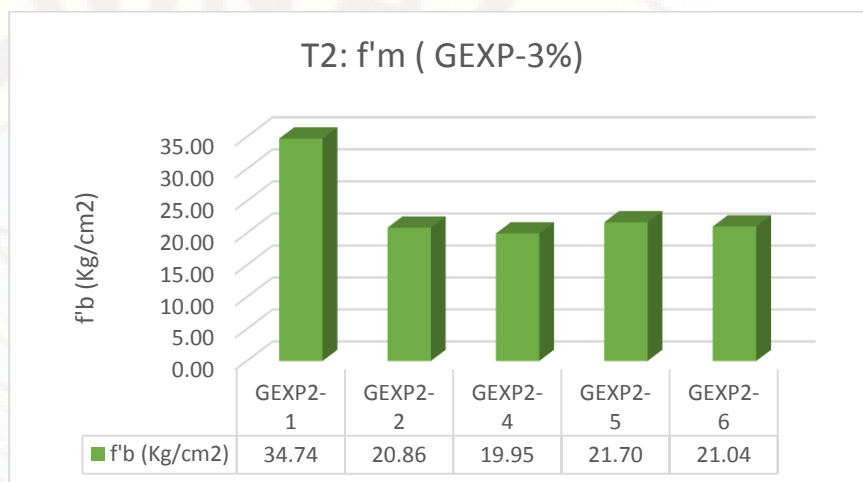


Figura 15. Comportamiento de la resistencia a compresión del T2: 3%(LO). Para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de $f'b$ se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 24.15 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 38. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T1: 4% (LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T3: GEXP 4%	GEXP4-1	9.96	9.95	9.98	9.97	9.95	10.00	99.368	2630	26.47	23.93
	GEXP4-2	9.98	9.90	9.93	9.91	9.93	10.02	98.903	2150	21.74	
	GEXP4-3	9.95	9.93	9.95	9.90	9.92	9.94	98.638	1980	20.07	
	GEXP4-4	9.91	9.95	9.95	9.91	9.91	9.94	98.572	2890	29.32	
	GEXP4-5	9.85	9.86	9.91	9.89	9.88	9.86	97.516	2170	22.25	
	GEXP4-6	9.98	9.91	9.96	9.93	9.98	9.95	99.036	2350	23.73	
									DES.EST A	3.41	
									CV	14.23	

Fuente: Elaboración propia.

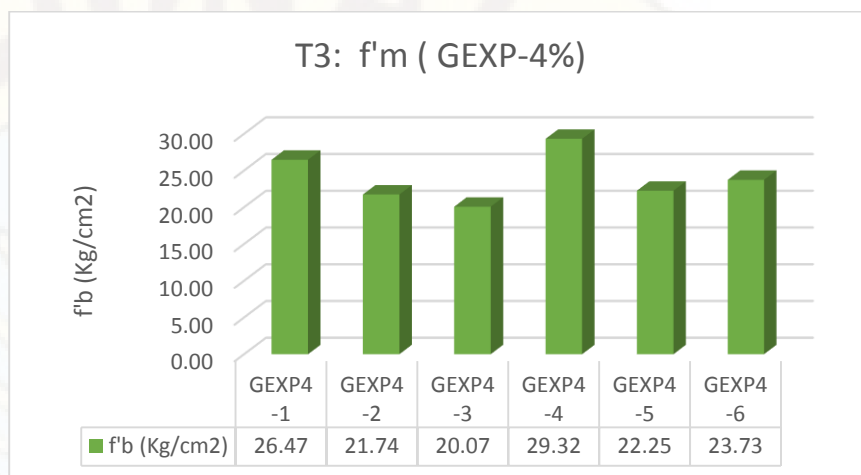


Figura 16. Comportamiento de la resistencia a compresión del T3: 4%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 14.23 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 39. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T4: 6% (LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T4: GEXP 6%	GEXP6-1	9.87	9.89	9.82	9.90	9.91	9.88	97.581	1970	20.19	21.24
	GEXP6-2	9.89	9.85	9.83	9.72	9.73	9.85	96.267	2100	21.81	
	GEXP6-3	9.98	9.89	9.97	9.97	9.94	9.95	99.002	1990	20.10	
	GEXP6-4	9.89	9.86	9.86	9.98	9.94	9.89	98.075	2150	21.92	
	GEXP6-5	9.89	9.89	9.90	9.99	9.98	9.89	98.472	2300	23.36	
	GEXP6-6	9.89	9.95	9.96	9.86	9.98	9.96	98.671	1980	20.07	
									DES. ESTA	1.35	
									CV	6.34	

Fuente: Elaboración propia.

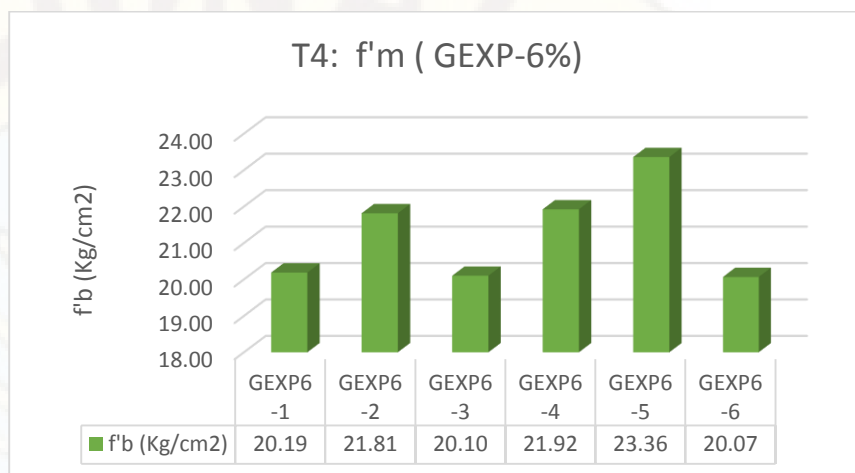


Figura 17. Comportamiento de la resistencia a compresión del T4: 6%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 6.34 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 40. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T5: 9% (LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T5: GEXP 9%	GEXP9-1	9.89	9.89	9.83	9.83	9.85	9.87	97.220	1690	17.38	19.71
	GEXP9-2	9.88	9.89	9.89	9.90	9.91	9.95	98.076	1800	18.35	
	GEXP9-3	9.89	9.87	9.93	9.95	9.94	9.95	98.439	1900	19.30	
	GEXP9-4	9.90	9.87	9.88	9.84	9.86	9.91	97.549	2300	23.58	
	GEXP9-5	9.87	9.89	9.89	9.97	9.98	9.96	98.537	2030	20.60	
	GEXP9-6	9.90	9.91	9.92	9.89	9.90	9.95	98.241	1870	19.03	
									DES. ESTA	2.17	
									CV	11.03	

Fuente: Elaboración propia.

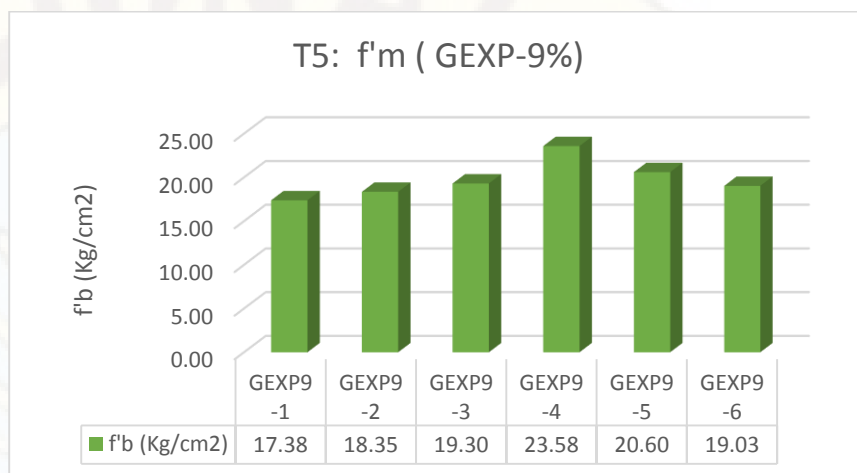


Figura 18. Comportamiento de la resistencia a compresión del T5: 9%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de $f'b$ se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 11.03 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 41. Cuadro de resistencia a compresión de probetas del T6: 12% (LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
T6: GEXP 12%	GEXP12-1	9.91	9.79	9.83	9.93	9.85	9.89	97.351	1360	13.97	14.61
	GEXP12-2	9.98	9.90	9.93	9.91	9.93	10.02	98.903	1400	14.16	
	GEXP12-3	9.89	9.86	9.86	9.98	9.94	9.89	98.075	1460	14.89	
	GEXP12-4	9.81	9.54	9.67	9.94	8.99	9.04	90.188	1580	17.52	
	GEXP12-5	9.97	9.88	9.94	9.97	9.98	9.98	99.068	1400	14.13	
	GEXP12-6	9.83	9.86	9.94	9.93	9.96	9.98	98.339	1280	13.02	
									DES. ESTA	1.54	
									CV	10.57	

Fuente: Elaboración propia.

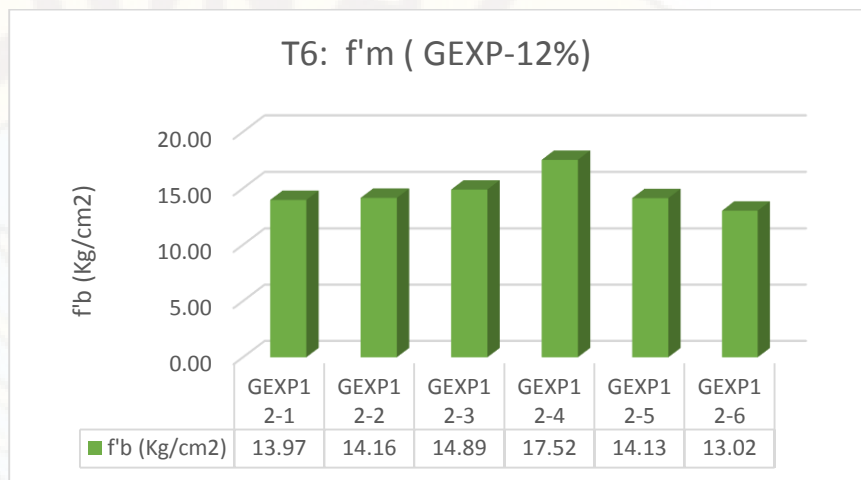


Figura 19. Comportamiento de la resistencia a compresión del T6: 12%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'_b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 10.57 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

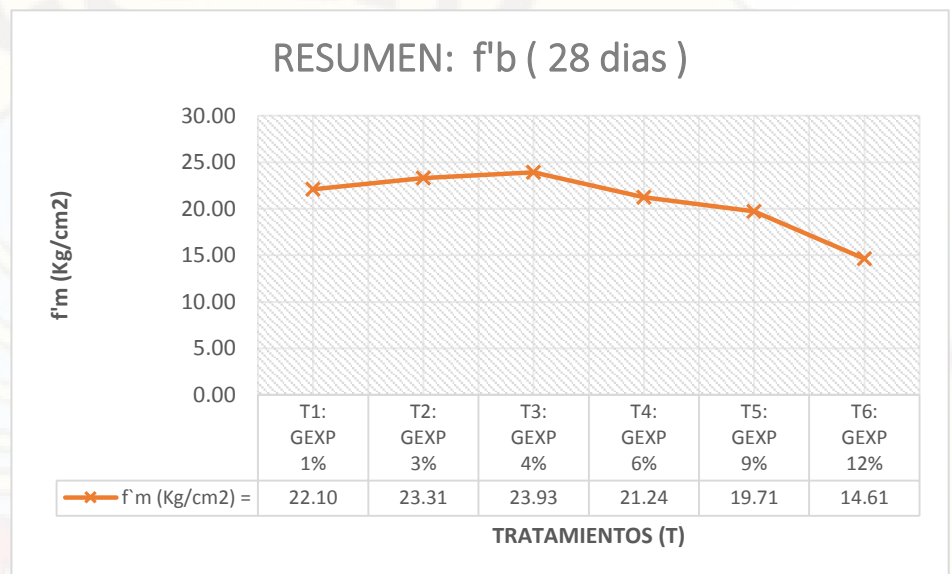


Figura 20. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de resistencia a compresión (f'_b) de probetas a los 28 días de curado.

RESUMEN DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 14 Y 28 DÍAS DE CURADO.

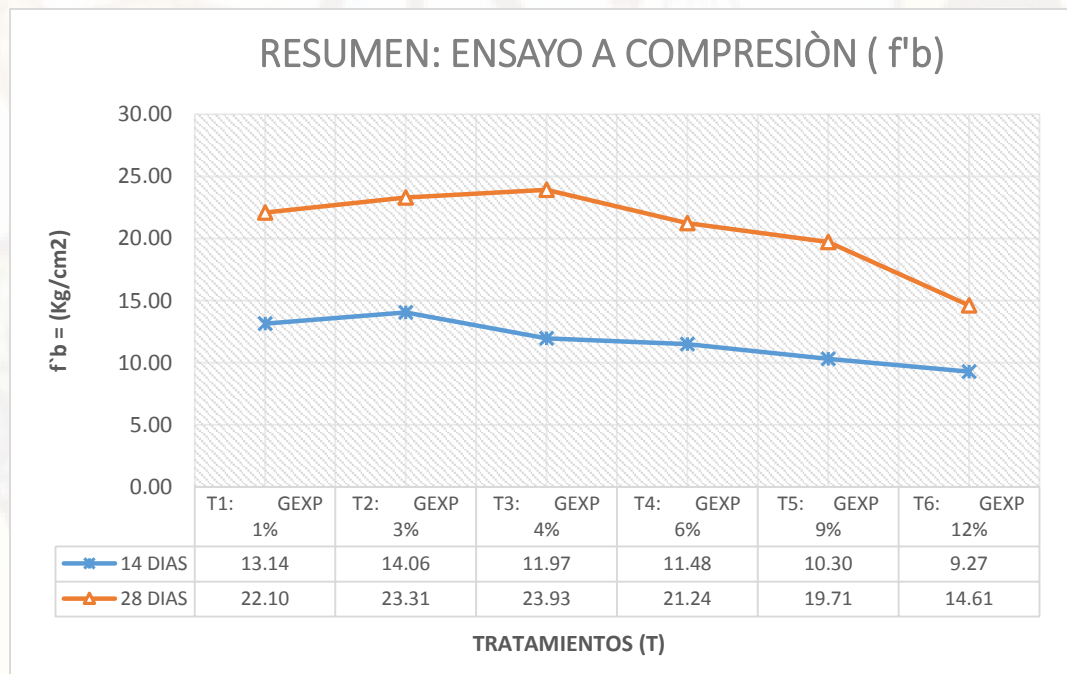


Figura 21. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de resistencia a compresión (f'_b) de probetas a los 14 y 28 días de curado.

4.1.4 Resistencia a tracción por flexión de Probetas.

Este ensayo se efectuó para una muestra representativa de 6 unidades por cada tratamiento (T). Se basó en la norma (**ASTM C 78 y C293 AASHTO T97 y T77**) ***“Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión en el concreto (utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz)”***.

El ensayo tiene como objetivo determinar la resistencia a flexión de las probetas endurecidas, mediante la aplicación uniforme de carga en una probeta prismática a través de un rodillo que transmiten la presión perpendicular a la probeta apoyada sobre otros dos rodillos.

El resultado de resistencia a tracción por flexión de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de seis probetas prismáticas ensayadas a los, 7, 14 y 28 días.



Fotografía 54. Probetas para el ensayo a tracción por flexión.

Tabla 42. Número de probetas prismáticas para ensayo a tracción por flexión.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 Días	14 Días	28 Días
T1	1%	6	6	6
T2	3%	6	6	6
T3	4%	6	6	6
T4	6%	6	6	6
T5	9%	6	6	6
T6	12%	6	6	6

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos para el ensayo a flexión.

✓ Máquina para ensayo a flexión.

Se utilizó una Prensa hidráulica manual para rotura de probetas de concreto del laboratorio de concreto I de la Universidad Nacional de Huancavelica.



Fotografía 55. Máquina para ensayo a flexión.

4.1.4.1 Procedimiento a seguir para el ensayo a tracción por flexión:

- ✓ Se ensayaron 6 probetas por tratamiento (T) las cuales son: T1 con 1% (LO), T2 con 3% (LO), T3 con 4% (LO), T4 con 6% (LO), T5 con 9% (LO) y T6 con 12% (LO), a los 14 y 28 días de CURADO a temperatura ambiente.
- ✓ Previo al ensayo de las probetas a los 7, 14 y 28 días de CURADO a temperatura ambiente, se registraron las medidas como pesos y dimensiones de cada probeta a ensayar para saber sus variaciones físicas de una probeta a otra.

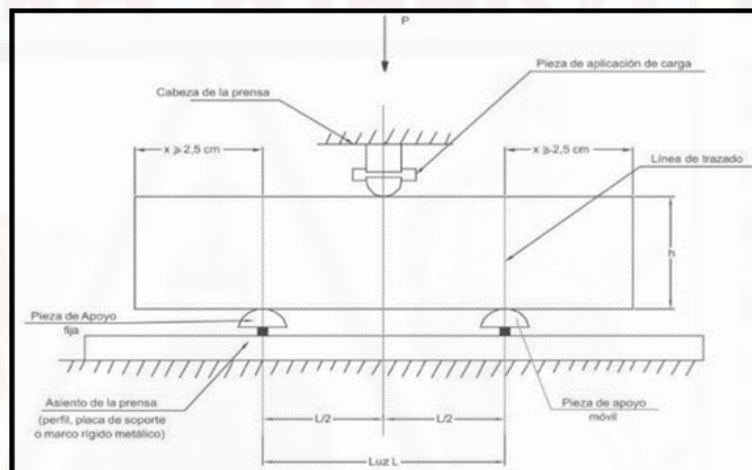


Figura 22. Dimensionamiento de las distancias según ASTM C 78.

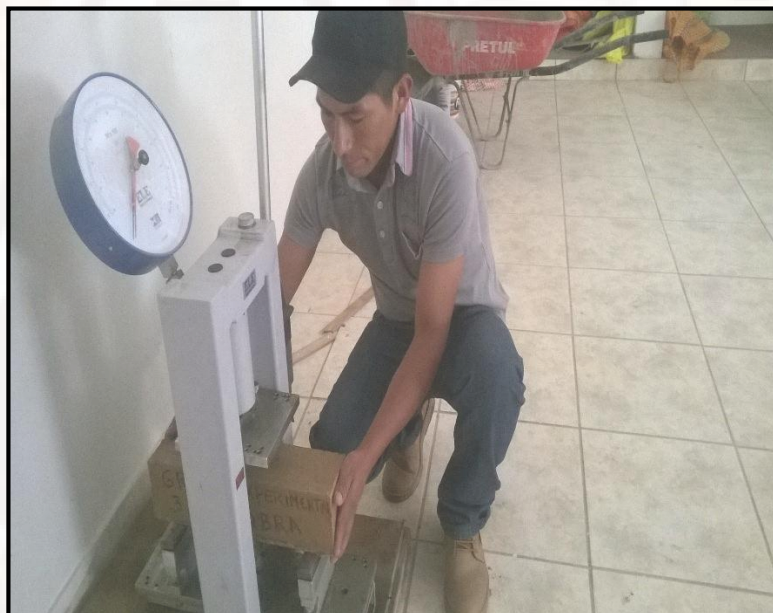


Fotografía 56. Medida de probetas prismáticas.



Fotografía 57. Peso final de probetas para ensayo de flexión.

- ✓ Colocado de las probetas en la prensa para ensayo a flexión.



Fotografía 58. Colocado de las probetas para el ensayo.

- ✓ Aplique la carga en forma continua y uniforme, sin choques. La velocidad de tensión, calculada según deberá estar comprendida entre 0,015 y 0,02 N/mm² /s.



Fotografía 59. Aplicando una carga continua a la probeta.



Fotografía 60. Rotura de las probetas.

- ✓ Se registra la carga máxima en la falla de las probetas en (Kg-f) para los diferentes tratamientos (T).
- ✓ La resistencia a tracción por flexión se calcula con la siguiente fórmula:

$$(kg/cm^2) = 3 \cdot P \cdot L / 2 \cdot b \cdot h^2 \dots \text{Ecuación N° xxxx}$$

Donde:

P = Es la carga máxima aplicada al espécimen. (Kg-f)

L = longitud entre apoyos (cm)

b = Ancho de la unidad (cm)

h = Altura de la unidad (cm)

Resultados del ensayo a tracción por flexión de las probetas con (LO).

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

RESULTADOS PARA LOS 7 DÍAS DE CURADO:

Tabla 43. Resistencia a tracción por flexión de probetas de T1: 1%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T1: GEXP 1%	GEXP1-1	9.93	9.98	9.95	19.02	10.11	10.16	30.00	21.00	0.55	0.94
	GEXP1-2	10.01	10.09	10.00	10.05	10.03	10.11	30.00	22.43	0.99	
	GEXP1-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	20.18	0.96	
	GEXP1-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	21.92	1.07	
	GEXP1-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	22.43	1.06	
	GEXP1-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	21.92	1.02	
									DES. EST	0.20	
									CV	20.71	

Fuente: Elaboración propia.

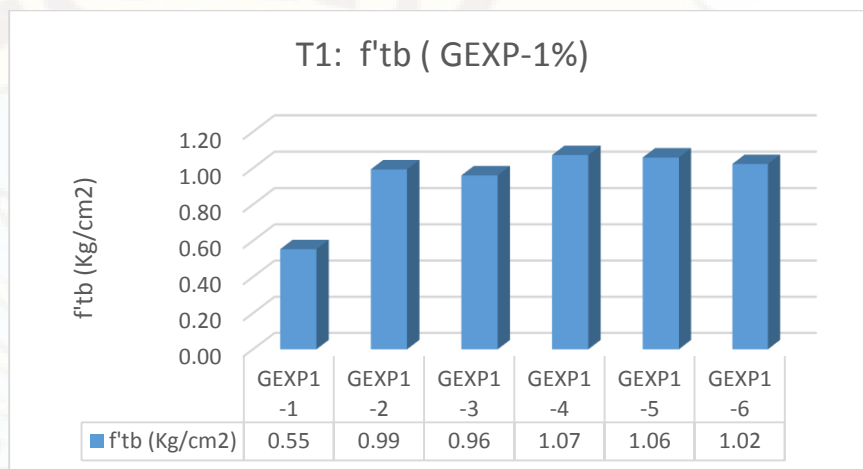


Figura 23. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T1: 1%(LO) para 7 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'_{tb} se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 44. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T2: 3%(LO).

T2: 3% (20%)											
% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T2: GEXP 3%	GEXP3-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	17.64	0.78	0.83
	GEXP3-2	10.10	10.11	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	15.39	0.70	
	GEXP3-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	18.14	0.86	
	GEXP3-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	18.04	0.88	
	GEXP3-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	19.06	0.90	
	GEXP3-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	18.35	0.86	
									DES. EST	0.08	
									CV	9.20	

Fuente: Elaboración propia.

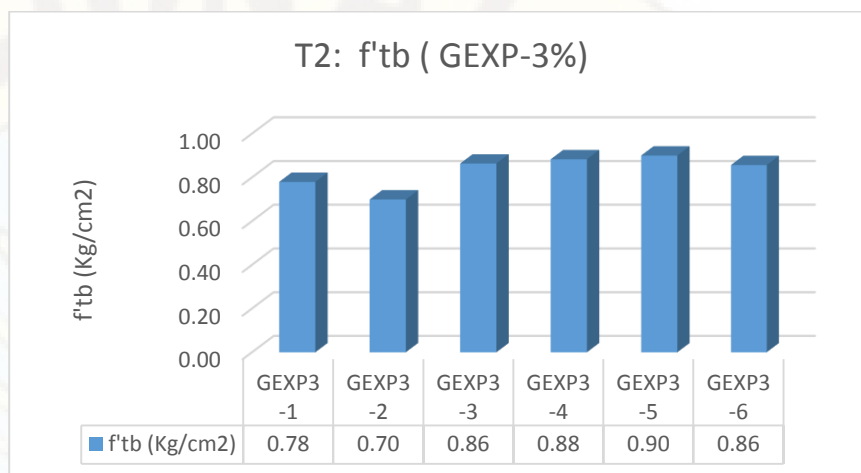


Figura 24. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T2: 3%(LO) para 7 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 45. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T3: 4%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T3: GEXP 4%	GEXP4-1	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	11.62	0.54	0.56
	GEXP4-2	9.89	9.98	9.85	9.97	9.95	9.99	30.00	12.03	0.55	
	GEXP4-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	12.33	0.59	
	GEXP4-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	11.11	0.54	
	GEXP4-5	10.10	10.11	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	11.93	0.54	
	GEXP4-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	12.54	0.59	
									DES.EST	0.02	
									CV	3.89	

Fuente: Elaboración propia.

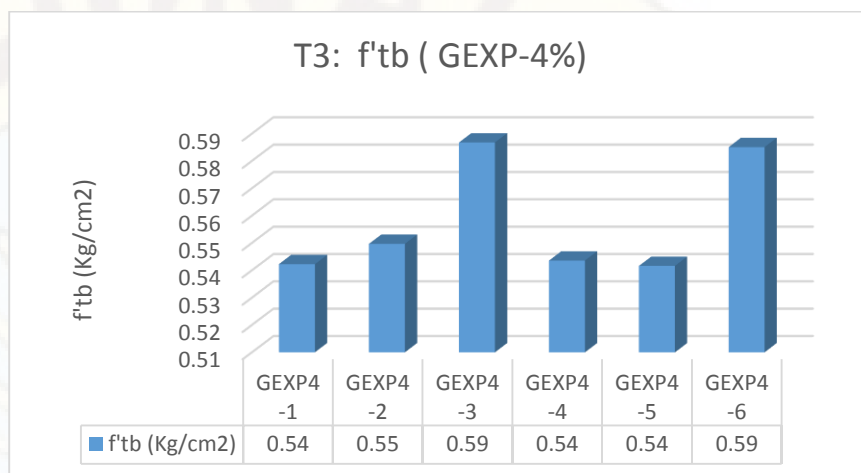


Figura 25. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T3: 4%(LO) para 7 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 46. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T4: GEXP 6%	GEXP6-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	5.71	0.25	0.30
	GEXP6-2	10.10	10.11	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	6.52	0.30	
	GEXP6-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	6.93	0.33	
	GEXP6-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	6.73	0.33	
	GEXP6-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	5.91	0.28	
	GEXP6-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	7.03	0.33	
									DES.EST	0.03	
									CV	10.68	

Fuente: Elaboración propia.

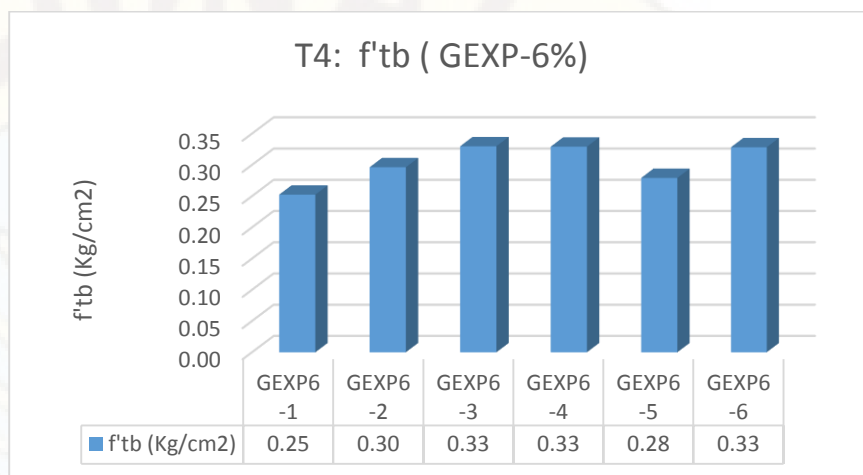


Figura 26. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T4: 6%(LO) para 7 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se corrigió por desviación estándar.

Tabla 47. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T5: 9%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T5: GEXP 9%	GEXP9-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	5.10	0.23	0.25
	GEXP9-2	10.10	10.11	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	4.79	0.22	
	GEXP9-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	5.40	0.26	
	GEXP9-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	6.93	0.34	
	GEXP9-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	5.40	0.26	
	GEXP9-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	4.69	0.22	
									DES.EST	0.05	
									CV	18.28	

Fuente: Elaboración propia.

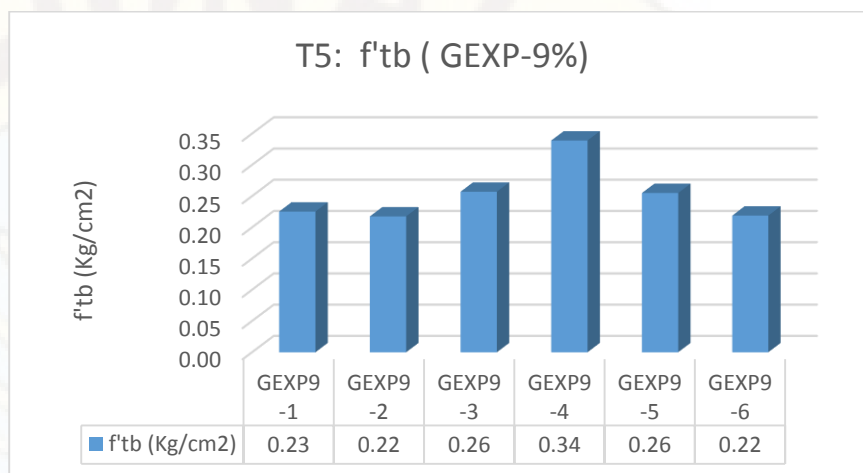


Figura 27. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T5: 9%(LO) para 7 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 48. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T6: 12%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T6: GEXP 12%	GEXP12-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	4.59	0.20	0.20
	GEXP12-2	10.10	10.11	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	4.79	0.22	
	GEXP12-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	3.98	0.19	
	GEXP12-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	4.99	0.24	
	GEXP12-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	4.49	0.21	
	GEXP12-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	3.47	0.16	
									DES.EST	0.03	
									CV	13.62	

Fuente: Elaboración propia.

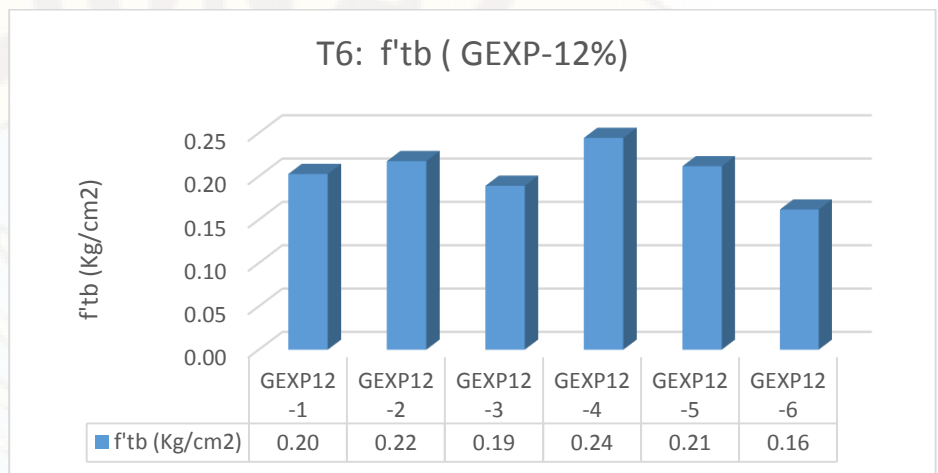


Figura 28. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T6: 12%(LO) para 7 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

RESUMEN DE GRÁFICO PARA LOS 7 DÍAS DE CURADO:

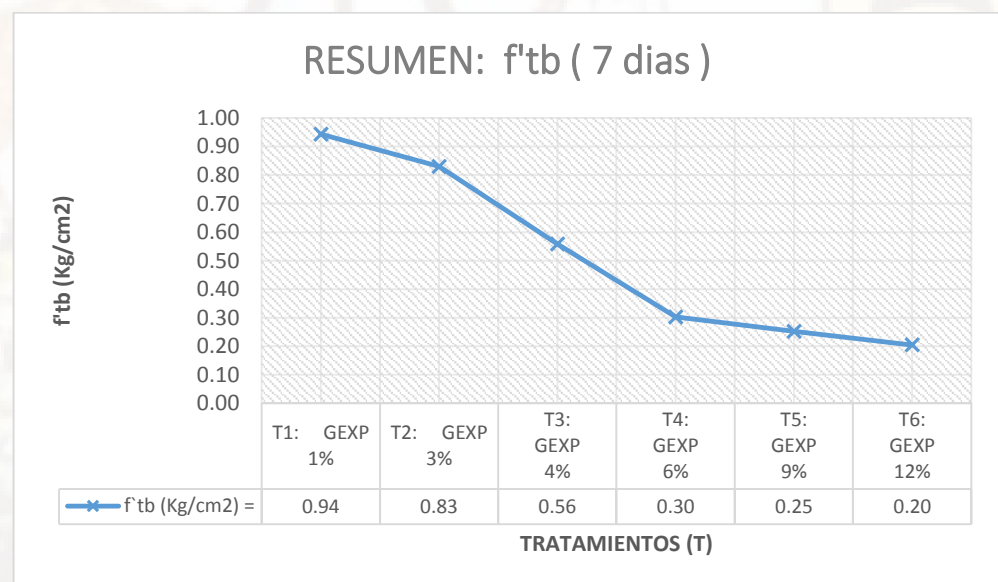


Figura 29. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de tracción por flexión (f'tb) de probetas a los 7 días de curado.

RESULTADOS PARA LOS 14 DÍAS DE CURADO:

Tabla 49. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T1: 1%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T1: GEXP 1%	GEXP1-1	9.93	9.98	9.95	19.02	10.11	10.16	30.00	77.98	2.06	3.32
	GEXP1-2	10.01	10.07	10.00	10.04	9.95	10.07	30.00	80.53	3.60	
	GEXP1-3	9.84	9.78	9.80	9.91	9.95	9.88	30.00	72.38	3.38	
	GEXP1-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	84.81	4.15	
	GEXP1-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	65.55	3.09	
	GEXP1-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	78.49	3.66	
									DES.EST	0.71	
									CV	21.43	

Fuente: Elaboración propia.

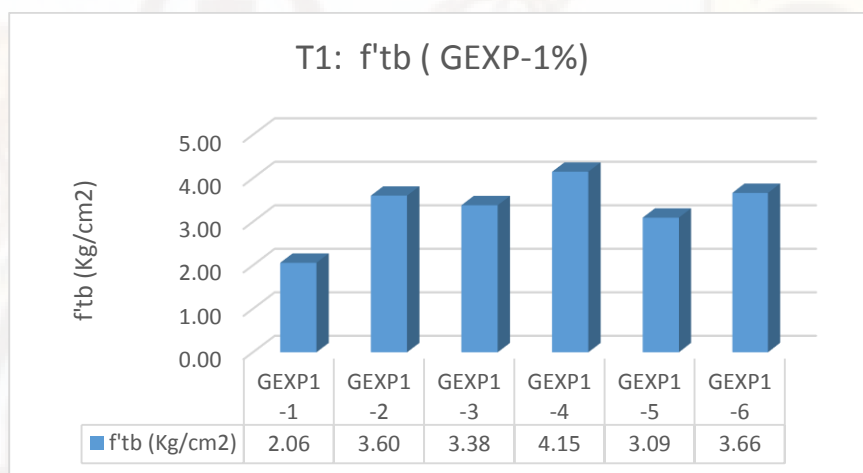


Figura 30. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T1: 1%(LO) para 14 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 50. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T2: 3%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T2: GEXP 3%	GEXP3-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	83.08	3.67	3.86
	GEXP3-2	10.03	9.97	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	79.41	3.63	
	GEXP3-3	9.89	9.98	9.85	9.97	9.95	9.99	30.00	82.06	3.75	
	GEXP3-4	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	74.92	3.56	
	GEXP3-5	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	94.80	4.64	
	GEXP3-6	9.88	9.87	9.86	9.93	9.91	9.93	30.00	84.10	3.89	
									DES.EST	0.40	
									CV	10.32	

Fuente: Elaboración propia.

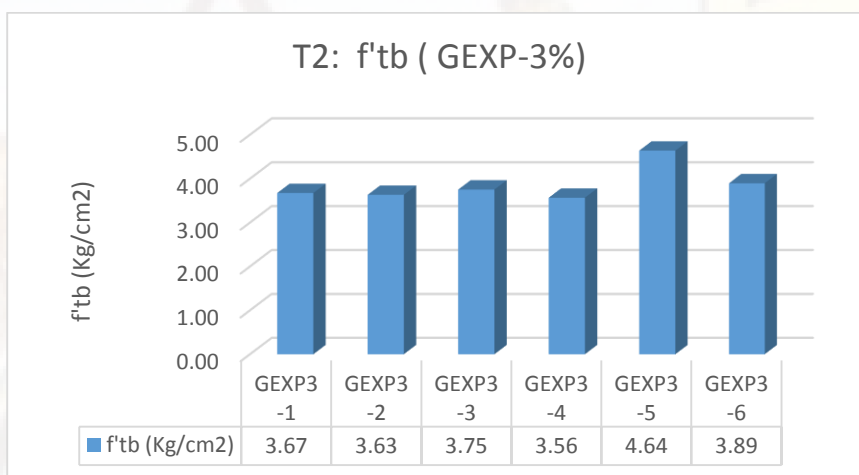


Figura 31. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T2: 3%(LO) para 14 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 51. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T3: 4%(LO).

T3: 4% (E)											
% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T3: GEXP 4%	GEXP4-1	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	70.34	3.28	3.37
	GEXP4-2	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	72.38	3.54	
	GEXP4-3	9.86	9.80	9.81	9.92	9.87	9.91	30.00	74.62	3.49	
	GEXP4-4	9.69	9.63	9.67	9.87	9.79	9.88	30.00	71.56	3.44	
	GEXP4-5	10.10	10.11	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	67.18	3.05	
	GEXP4-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	73.70	3.44	
									DES. EST	0.18	
									CV	5.34	

Fuente: Elaboración propia.

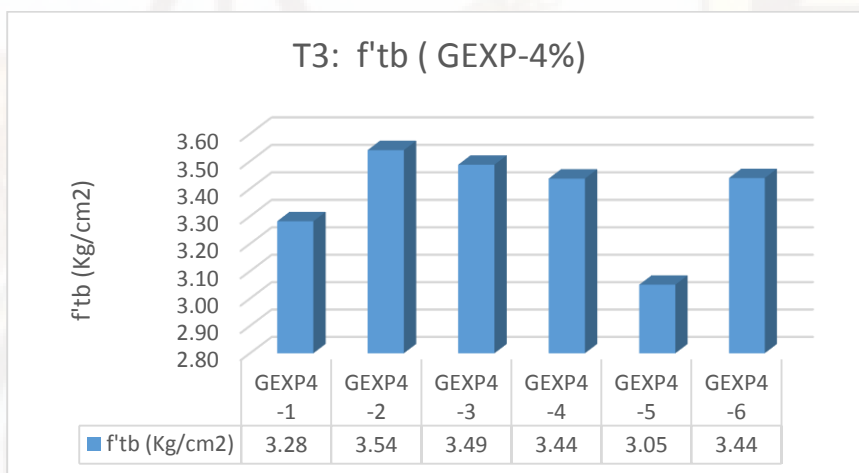


Figura 32. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T3: 4%(LO) para 14 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 52. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).

T4: 0.6%[20]											
% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm 2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T4: GEXP 6%	GEXP6-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	70.34	3.11	3.28
	GEXP6-2	10.04	9.94	10.03	9.84	9.80	9.83	30.00	73.70	3.44	
	GEXP6-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	72.88	3.47	
	GEXP6-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	65.95	3.23	
	GEXP6-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	72.58	3.43	
	GEXP6-6	9.84	9.80	9.83	9.92	9.93	9.97	30.00	65.24	3.02	
									DES. EST	0.19	
									CV	5.75	

Fuente: Elaboración propia.

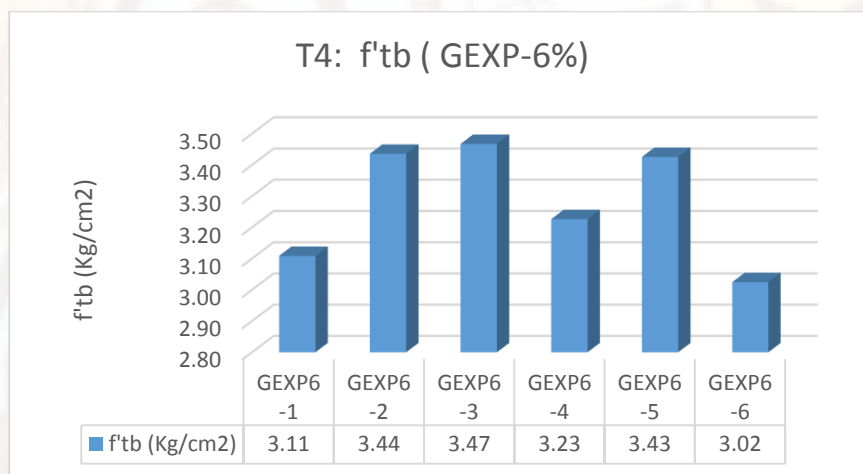


Figura 33. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T4: 6%(LO) para 14 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 53. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T5: GEXP 9%	GEXP9-1	9.78	9.80	9.81	9.92	9.90	9.93	30.00	53.01	2.48	2.41
	GEXP9-2	9.78	9.80	9.82	9.94	9.90	9.94	30.00	48.73	2.27	
	GEXP9-3	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	52.19	2.46	
	GEXP9-4	9.79	9.80	9.85	9.97	9.85	9.89	30.00	51.68	2.42	
	GEXP9-5	9.79	9.81	9.84	9.89	9.89	9.92	30.00	51.07	2.39	
	GEXP9-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	52.19	2.44	
									DES. EST	0.07	
									CV	3.09	

Fuente: Elaboración propia.

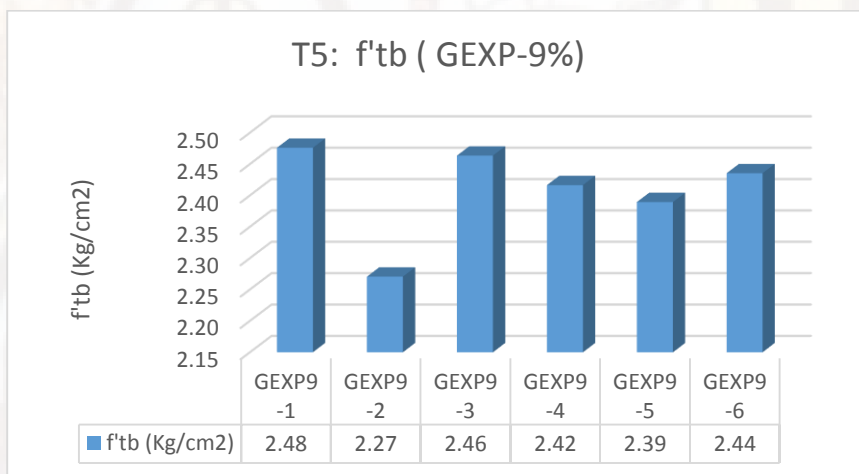


Figura 34. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T5: 9%(LO) para 14 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 54. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T6: 12%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T6: GEXP 12%	GEXP12-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	33.03	1.46	1.66
	GEXP12-2	10.10	10.04	10.07	9.94	9.88	9.93	30.00	38.33	1.74	
	GEXP12-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	37.21	1.77	
	GEXP12-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	41.69	2.04	
	GEXP12-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	30.38	1.43	
	GEXP12-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	32.31	1.51	
									DES.E ST	0.24	
									CV	14.20	

Fuente: Elaboración propia.

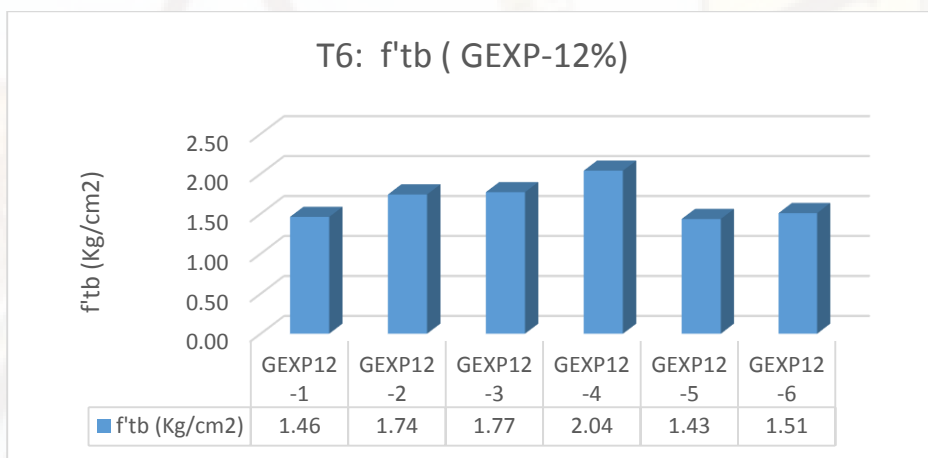


Figura 35. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T6: 12%(LO) para 14 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

RESUMEN DEL GRÁFICO PARA LOS 14 DÍAS DE CURADO.

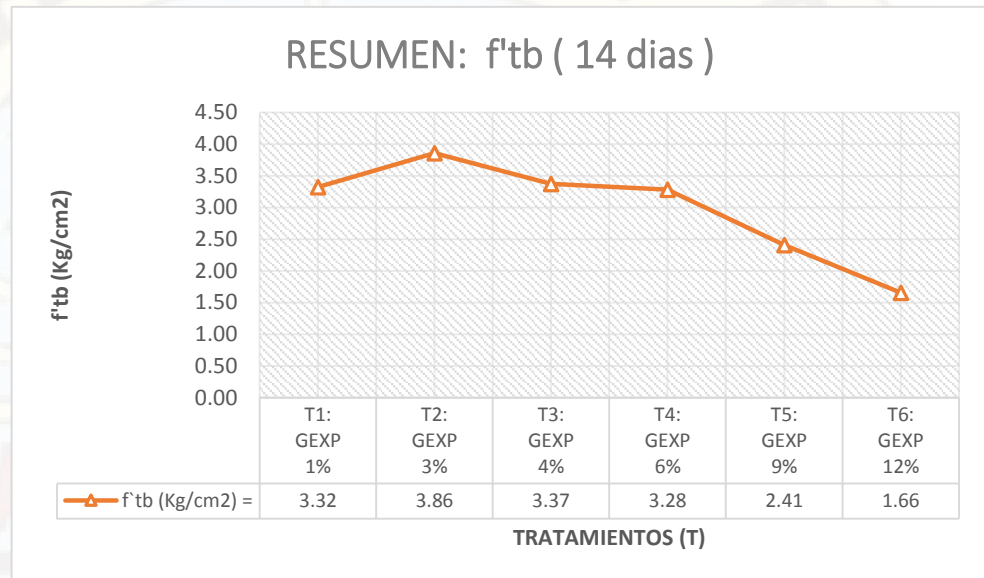


Figura 36. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de tracción por flexión (f'_{tb}) de probetas a los 14 días de curado.

RESULTADOS PARA LOS 28 DÍAS DE CURADO:

Tabla 55. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T1: 1%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T1: GEXP 1%	GEXP1-1	9.93	9.98	9.95	10.02	10.11	10.16	30.00	148.52	6.59	6.94
	GEXP1-2	9.48	9.55	9.49	9.43	9.50	9.52	30.00	138.63	7.30	
	GEXP1-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	128.85	6.13	
	GEXP1-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	147.71	7.23	
	GEXP1-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	157.49	7.43	
	GEXP1-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	148.83	6.94	
								DES.EST	0.50		
								CV	7.16		

Fuente: Elaboración propia.

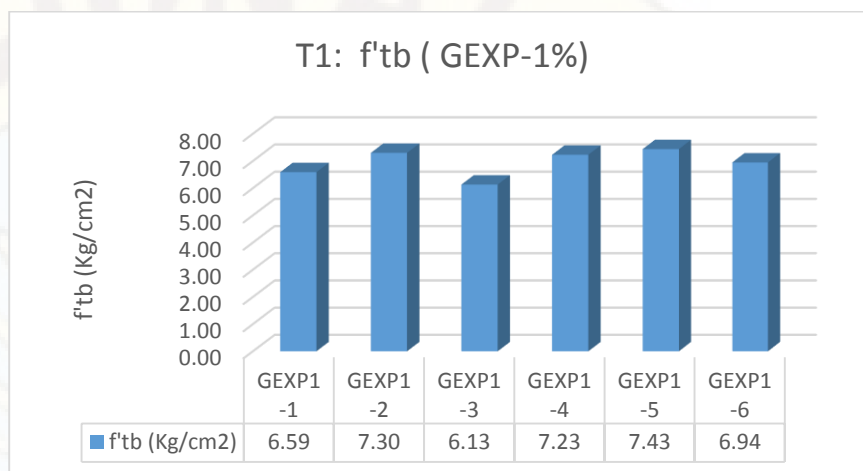


Figura 37. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T1: 1%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 56. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T2: 3%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T2: GEXP 3%	GEXP3-1	9.75	9.80	9.79	9.62	9.67	9.69	30.00	155.25	7.66	7.20
	GEXP3-2	10.10	10.02	10.11	9.94	9.88	9.93	30.00	152.50	6.93	
	GEXP3-3	9.86	9.78	9.80	9.92	9.85	9.88	30.00	156.37	7.34	
	GEXP3-4	9.79	9.78	9.35	9.87	9.85	9.88	30.00	143.02	6.86	
	GEXP3-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	155.56	7.34	
	GEXP3-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	151.58	7.07	
									DES.EST	0.30	
									CV	4.19	

Fuente: Elaboración propia.

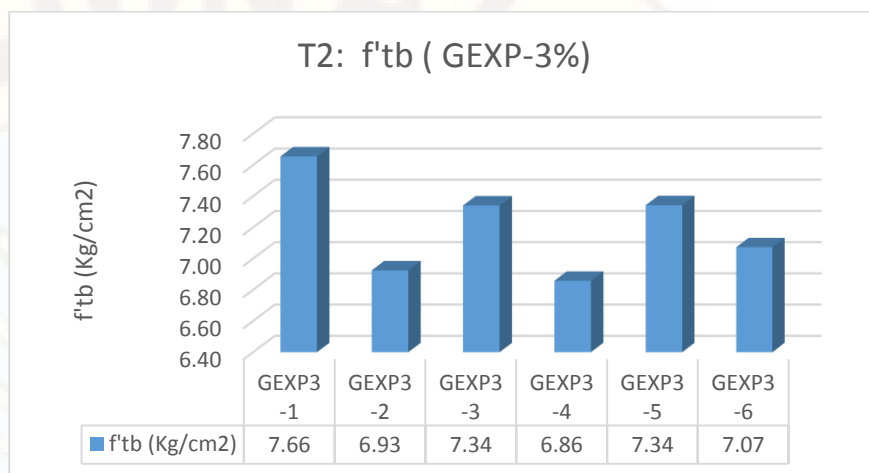


Figura 38. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T2: 3%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 57. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T3: 4%(LO).

FC: 70(±2)C:											
% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T3: GEXP 4%	GEXP4-1	9.70	9.75	9.75	9.67	9.78	9.73	30.00	134.15	6.56	6.42
	GEXP4-2	9.89	9.98	9.85	9.97	9.95	9.99	30.00	121.00	5.53	
	GEXP4-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	179.10	8.52	
	GEXP4-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	114.78	5.62	
	GEXP4-5	10.10	10.11	10.02	9.94	9.88	9.93	30.00	110.81	5.03	
	GEXP4-6	9.88	9.91	9.93	9.94	9.91	9.94	30.00	157.49	7.26	
								DES.EST	1.30		
								CV	20.31		

Fuente: Elaboración propia.

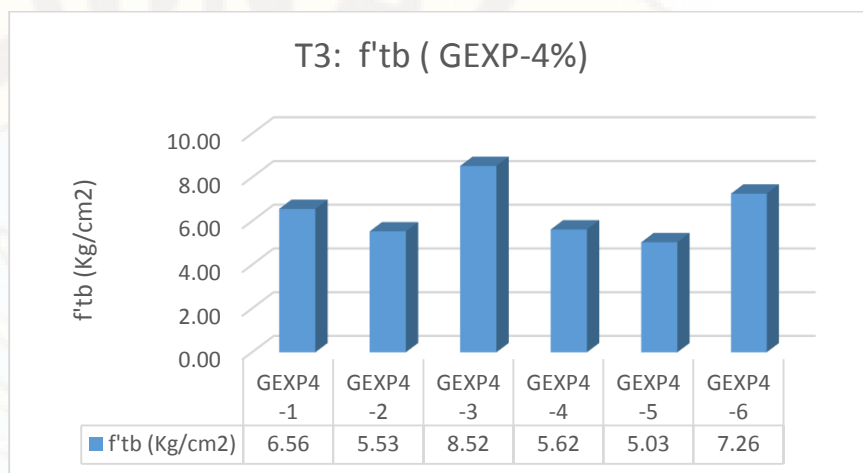


Figura 39. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T3: 4%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 58. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T4: 6%(LO).

T4: 6% GEXP											
% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)	
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)						LONG. APOYOS (cm)
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T4: GEXP 6%	GEXP6-1	9.75	9.85	9.75	9.82	9.85	9.79	30.00	98.27	4.69	5.13
	GEXP6-2	9.87	9.79	9.84	9.94	9.90	9.93	30.00	81.65	3.79	
	GEXP6-3	9.86	9.78	9.83	9.82	9.85	9.88	30.00	142.20	6.71	
	GEXP6-4	9.73	9.81	9.56	9.84	9.85	9.88	30.00	105.40	5.03	
	GEXP6-5	9.88	9.91	9.92	9.89	9.91	9.94	30.00	117.84	5.45	
	GEXP6-6	9.88	9.84	9.83	9.89	9.90	9.93	30.00	109.58	5.10	
								DES. EST	0.96		
								CV	18.70		

Fuente: Elaboración propia.

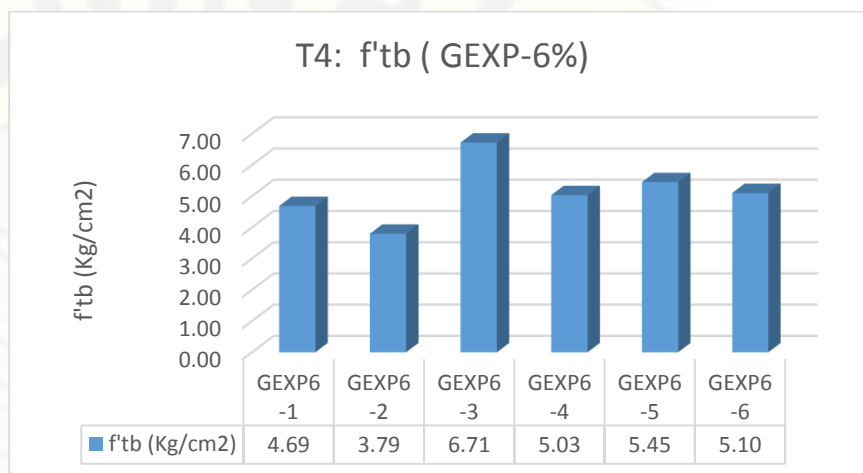


Figura 40. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T4: 6%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 59. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T5: 9%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)	
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)						LONG. APOYOS (cm)
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T5: GEXP 9%	GEXP9-1	9.99	10.07	9.98	9.96	10.20	10.09	30.00	75.94	3.36	3.63
	GEXP9-2	9.91	10.01	9.95	9.94	9.88	9.93	30.00	74.82	3.44	
	GEXP9-3	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	71.15	3.38	
	GEXP9-4	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	86.14	4.21	
	GEXP9-5	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	70.03	3.31	
	GEXP9-6	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	87.26	4.07	
								DES. EST	0.40		
								CV	11.11		

Fuente: Elaboración propia.

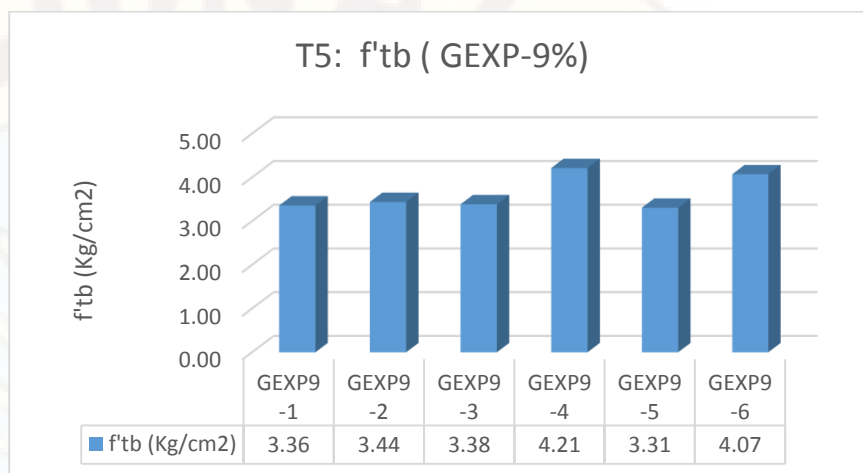


Figura 41. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T5: 9%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 60. Cuadro de resistencia a tracción por flexión de probetas de T6: 12%(LO).

T6: 12%[E6]:											
% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
T6: GEXP 12%	GEXP12-1	9.94	9.90	9.91	9.85	9.80	9.81	30.00	44.55	2.10	2.36
	GEXP12-2	10.04	10.00	10.06	9.93	9.87	9.95	30.00	50.76	2.32	
	GEXP12-3	9.89	9.89	9.92	9.79	9.81	9.84	30.00	41.69	1.97	
	GEXP12-4	9.78	9.81	9.83	9.91	9.90	9.94	30.00	57.80	2.70	
	GEXP12-5	9.76	9.68	9.81	9.92	9.85	9.78	30.00	55.56	2.64	
	GEXP12-6	9.59	9.58	9.35	9.87	9.75	9.89	30.00	49.95	2.44	
								DES.EST	0.29		
								CV	12.36		

Fuente: Elaboración propia.

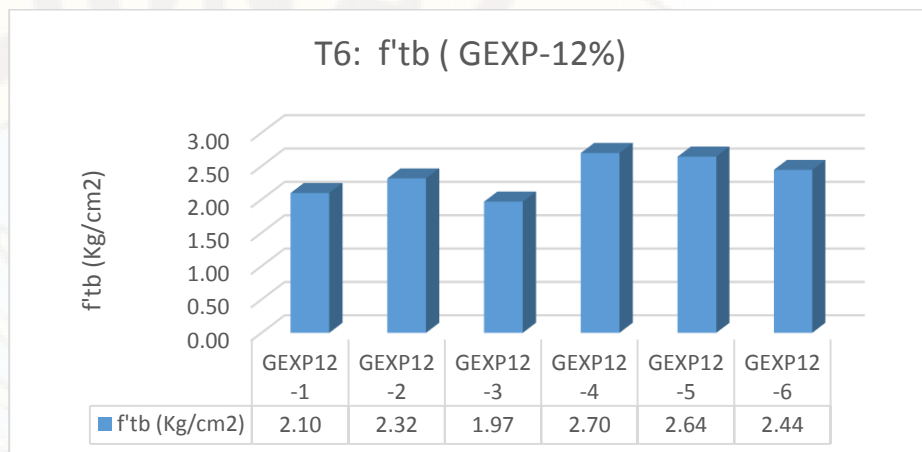


Figura 42. Comportamiento de la resistencia a tracción por flexión del T6: 12%(LO) para 28 días de curado.

- Para calcular el promedio de f'tb se ha corregido por desviación estándar.

RESUMEN DE GRÁFICOS PARA LOS 28 DÍAS DE CURADO

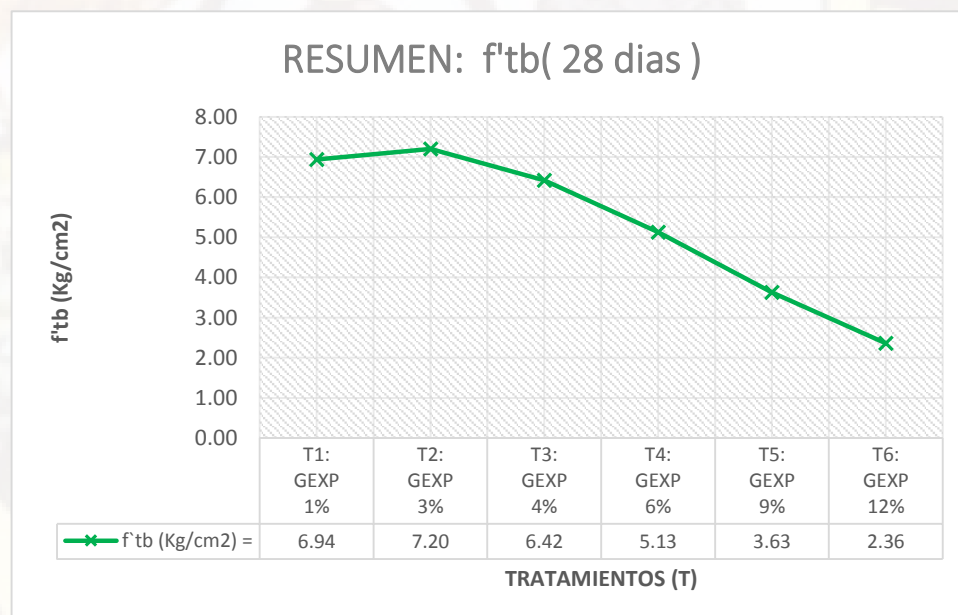


Figura 43. Comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de tracción por flexión (f'tb) de probetas a los 28 días de curado.

RESUMEN DEL ENSAYO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN PARA 7, 14 Y 28 DÍAS.

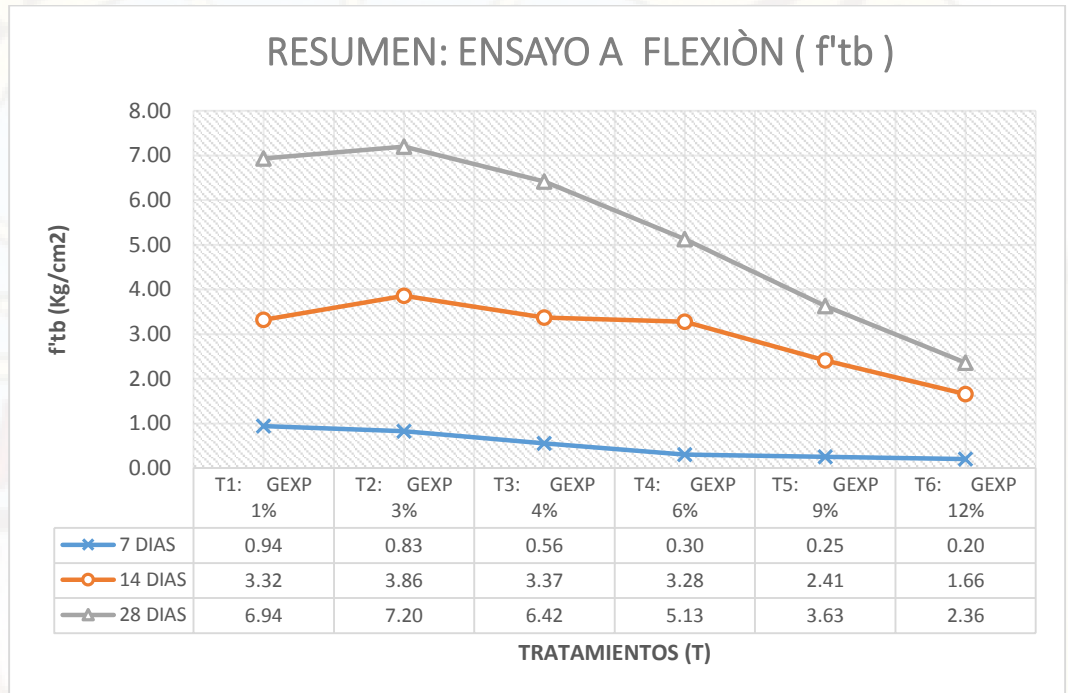


Figura 44. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de resistencia a tracción por flexión (f'_{tb}) de probetas a los 7, 14 y 28 días de curado.

4.1.5 Ensayo de densidad de probetas.

Para el ensayo de densidad se basó en la norma “**ASTM C 1185-08(2016)**,

Métodos de prueba estándar para el muestreo y prueba de unidades de albañilería de fibrocemento, tejados y tejas, y tablillas”.

El resultado del ensayo de densidad de cada tratamiento (T), corresponde el promedio de tres probetas cúbicas ensayadas a los 7, 14 y 28 días de CURADO a temperatura ambiente.

Tabla 61. Cuadro de Número de probetas para ensayo de densidad.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 Días	14 Días	28 Días
T1	1%	3	3	3
T2	3%	3	3	3
T3	4%	3	3	3
T4	6%	3	3	3
T5	9%	3	3	3
T6	12%	3	3	3

Fuente: Elaboración Propia

Equipos para el ensayo de densidad de las probetas.

- ✓ Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.
- ✓ Vernier de 30 cm de longitud.

Procedimiento a seguir para el ensayo de densidad de las probetas con (LO).

- ✓ Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose el peso seco de las probetas.
- ✓ Se registra el peso de las probetas luego de sacar del horno y haber sido enfriado durante 2 horas a temperatura ambiente.



Fotografía 61. Pesando las probetas luego de secar en el horno durante 24 horas.

- ✓ Se selecciona las muestras de forma aleatoria para el ensayo de densidad.
- ✓ Se toma las dimensiones con un vernier con una precisión de mm en todas las caras de las probetas.



Fotografía 62. Tomando las dimensiones de las probetas para ensayo de densidad.

- ✓ Se procede a realizar los cálculos respectivos según la formula siguiente:

La densidad será:

$$D = \frac{PS}{V}$$

En donde:

D: es la densidad del espécimen (grs/cm³).

PS: es el peso seco de las probetas (grs).

V: es el volumen de las probetas en (cm³)

Se indica como densidad al promedio de los valores obtenidos para cada tratamiento en (g/cm³) con dos decimales.

4.1.5.1 Resultado de ensayo de densidad de probetas

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 62. Cuadro de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de CURADO.

% DE FIBRA	MUESTRA	DIMENSIONES (cm)									VOLUMEN (cm3)	PESO EN CONDICIONES NORMALES (gr)	DENSIDAD (gr/cm3)	PROMEDIO DENSIDAD (gr/cm3)
		ANCHO			LARGO			ALTURA						
		A1	A2	A3	L1	L2	L3	H1	H2	H3				
T1: GEXP-1%	M1-1	9.82	9.80	9.85	10.12	10.08	10.10	9.94	9.83	9.78	987.33	1803.40	1.83	1.85
	M1-2	9.85	9.90	9.84	9.87	9.82	9.78	9.89	9.87	9.89	956.96	1807.24	1.89	
	M1-3	9.98	9.99	10.00	10.20	10.00	10.30	10.11	10.18	10.20	1032.24	1892.50	1.83	
T2: GEXP-3%	M3-1	9.95	9.90	9.94	9.85	9.87	9.84	9.96	9.91	9.93	969.52	1822.37	1.88	1.86
	M3-2	10.00	10.01	10.11	9.78	9.86	9.86	9.92	9.95	9.78	963.98	1782.17	1.85	
	M3-3	9.83	9.84	9.94	10.20	10.22	10.30	9.92	9.91	9.95	1003.28	1849.04	1.84	
T3: GEXP-4%	M4-1	9.86	9.74	9.82	9.84	9.87	9.82	10.04	9.99	10.01	974.58	1809.12	1.86	1.82
	M4-2	9.92	9.89	9.90	10.04	10.12	10.09	10.11	10.17	10.09	1024.51	1829.00	1.79	
	M4-3	9.98	9.92	9.95	10.00	9.99	10.00	9.88	10.09	10.20	1000.30	1824.20	1.82	
T4: GEXP-6%	M6-1	10.02	10.00	9.99	9.98	9.91	9.99	10.12	10.05	10.07	1005.42	1725.34	1.72	1.77
	M6-2	10.10	10.06	10.03	9.79	9.78	9.83	10.08	9.93	10.02	987.19	1806.20	1.83	
	M6-3	10.08	10.05	10.04	9.95	10.01	10.00	10.00	10.01	10.11	1008.34	1783.00	1.77	
T5: GEXP-9%	M9-1	10.04	10.11	10.07	9.98	10.07	9.99	10.12	10.17	10.05	1019.43	1758.14	1.72	1.72
	M9-2	9.95	9.98	10.01	10.03	10.08	10.11	9.98	10.00	9.99	1007.78	1729.47	1.72	
	M9-3	10.06	10.04	10.06	10.01	10.02	10.06	10.09	10.02	10.05	1013.73	1730.47	1.71	
T6: GEXP-12%	M12-1	10.05	10.00	10.04	9.99	10.03	10.00	10.00	10.03	10.11	1008.13	1609.54	1.60	1.58
	M12-2	10.03	10.07	10.06	10.00	9.95	10.03	9.99	9.50	10.03	979.63	1537.45	1.57	
	M12-3	10.08	10.06	10.08	10.10	10.11	10.18	10.21	10.13	10.15	1037.10	1645.00	1.59	

Fuente: Elaboración propia.

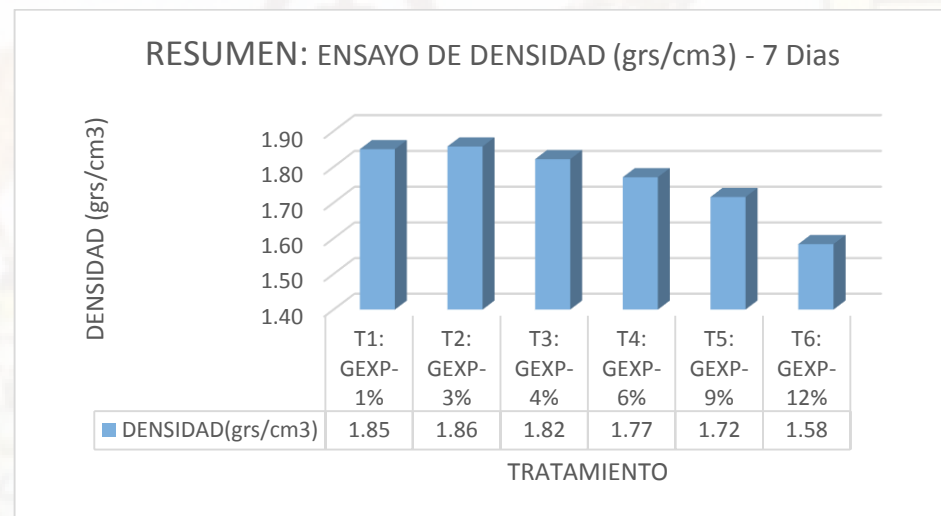


Figura 45: Ensayo de densidad a los 7 días.

Tabla 63. Cuadro de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	DIMENSIONES (cm)									VOLUMEN (cm3)	PESO EN CONDICIONES NORMALES (gr)	DENSIDAD (gr/cm3)	PROMEDIO DENSIDAD (gr/cm3)
		ANCHO			LARGO			ALTURA						
		A1	A2	A3	L1	L2	L3	H1	H2	H3				
T1: GEXP-1%	M1-1	9.68	9.70	9.63	9.69	9.61	9.67	9.71	9.78	9.70	910.05	1798.45	1.98	1.91
	M1-2	9.73	9.70	9.76	9.83	9.80	9.81	9.86	9.83	9.80	944.50	1759.83	1.86	
	M1-3	9.72	9.84	9.73	9.69	9.76	9.78	9.76	9.85	9.83	933.52	1773.23	1.90	
T2: GEXP-3%	M3-1	9.87	9.91	9.80	9.93	9.97	10.00	9.89	9.99	10.00	985.62	1814.87	1.84	1.84
	M3-2	9.97	9.90	10.02	10.05	9.96	10.01	9.89	9.91	9.95	988.58	1825.98	1.85	
	M3-3	10.03	10.06	9.93	10.10	10.06	10.03	9.89	9.92	9.95	998.95	1820.94	1.82	
T3: GEXP-4%	M4-1	9.85	9.81	9.91	9.94	9.90	9.97	10.11	9.99	10.02	992.10	1749.48	1.76	1.78
	M4-2	9.83	9.79	9.85	9.85	9.90	9.87	10.00	9.98	10.12	981.71	1764.87	1.80	
	M4-3	9.79	9.78	9.83	10.12	9.80	9.85	9.81	9.79	9.84	954.33	1711.04	1.79	
T4: GEXP-6%	M6-1	10.12	9.99	10.04	9.95	9.91	9.97	10.05	10.00	10.03	997.65	1745.79	1.75	1.75
	M6-2	10.08	10.05	10.04	9.95	10.01	10.00	10.00	10.01	10.11	1008.34	1765.49	1.75	
	M6-3	9.87	9.93	9.93	9.93	9.97	9.99	9.95	9.92	10.00	983.09	1714.38	1.74	
T5: GEXP-9%	M9-1	10.00	10.01	10.03	9.78	9.86	9.86	9.92	9.95	9.78	973.16	1618.39	1.66	1.64
	M9-2	9.89	9.94	9.95	9.99	10.00	10.10	9.85	9.80	9.96	984.24	1609.59	1.64	
	M9-3	10.06	10.01	10.02	9.98	9.98	9.97	9.97	9.97	10.03	999.66	1631.74	1.63	
T6: GEXP-12%	M12-1	10.23	9.99	10.12	9.95	9.90	9.99	10.00	9.87	9.93	987.82	1487.86	1.51	1.52
	M12-2	9.99	9.92	8.96	10.00	9.90	9.96	9.92	9.97	9.99	976.04	1502.56	1.54	
	M12-3	9.96	9.96	10.00	9.92	9.91	9.98	10.08	9.93	10.02	992.01	1510.27	1.52	

Fuente: Elaboración propia.

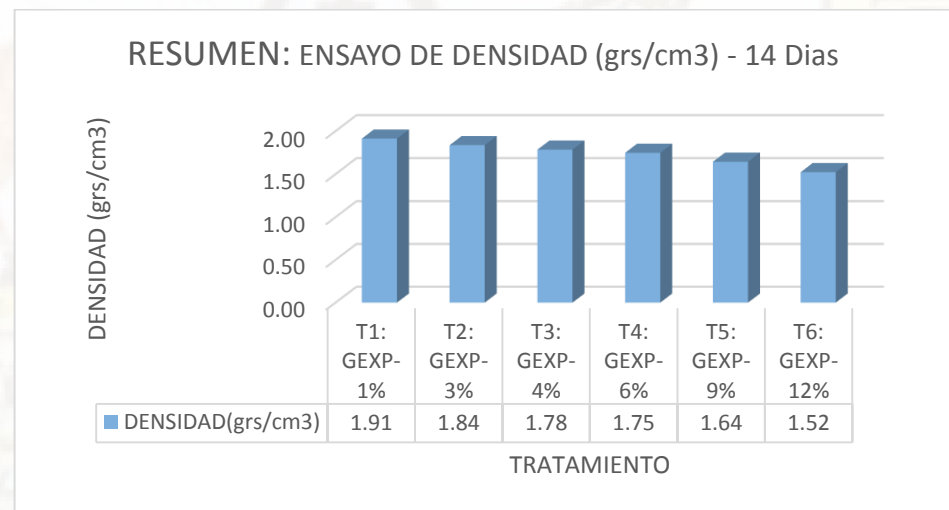


Figura 46: Ensayo de densidad a los 14 días.

Tabla 64. Cuadro de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	DIMENSIONES (cm)									VOLUMEN (cm3)	PESO EN CONDICIONES NORMALES (gr)	DENSIDAD (gr/cm3)	PROMEDIO DENSIDAD (gr/cm3)
		ANCHO			LARGO			ALTURA						
		A1	A2	A3	L1	L2	L3	H1	H2	H3				
T1: GEXP-1%	M1-1	9.54	9.60	9.51	9.48	9.48	9.48	9.53	9.59	9.60	866.71	1725.52	1.99	1.90
	M1-2	9.70	9.75	9.70	9.78	9.70	9.79	9.70	9.80	9.70	922.74	1734.76	1.88	
	M1-3	9.79	9.70	9.78	9.81	9.85	9.80	9.88	9.85	9.82	943.73	1723.76	1.83	
T2: GEXP-3%	M3-1	9.60	9.54	9.58	9.58	9.45	9.60	9.39	9.50	9.68	870.07	1531.00	1.76	1.66
	M3-2	9.80	9.94	9.95	9.89	9.85	9.90	9.94	9.92	9.97	973.23	1587.69	1.63	
	M3-3	10.02	9.96	10.00	10.12	9.98	9.95	9.96	9.99	10.00	999.78	1596.89	1.60	
T3: GEXP-4%	M4-1	9.45	9.47	9.50	9.53	9.52	9.62	9.55	9.53	9.65	867.01	1492.93	1.72	1.70
	M4-2	9.76	9.69	9.70	9.68	9.76	9.63	9.63	9.61	9.59	900.69	1523.94	1.69	
	M4-3	9.80	9.79	9.83	9.67	9.70	9.56	9.57	9.39	9.51	882.82	1499.60	1.70	
T4: GEXP-6%	M6-1	9.70	9.75	9.70	9.78	9.70	9.79	9.70	9.80	9.70	922.74	1477.88	1.60	1.60
	M6-2	9.73	9.70	9.76	9.83	9.80	9.81	9.86	9.83	9.80	938.61	1498.67	1.60	
	M6-3	9.76	9.74	9.72	9.74	9.87	9.62	9.74	9.79	9.79	927.49	1489.68	1.61	
T5: GEXP-9%	M9-1	9.79	9.70	9.78	9.91	9.85	9.90	9.88	9.85	9.82	950.14	1398.50	1.47	1.47
	M9-2	9.82	9.80	9.87	9.90	9.87	9.94	9.75	9.71	9.79	948.95	1404.86	1.48	
	M9-3	9.86	9.90	9.85	9.90	9.87	9.97	9.94	9.92	9.97	975.04	1431.76	1.47	
T6: GEXP-12%	M12-1	9.96	9.98	9.99	9.98	9.92	9.98	9.80	9.84	9.89	978.11	1301.59	1.33	1.34
	M12-2	9.86	9.80	9.91	9.94	9.87	9.93	9.96	9.90	9.93	974.55	1310.67	1.34	
	M12-3	9.92	9.90	9.93	9.99	9.92	9.96	9.83	9.80	9.95	973.00	1302.83	1.34	

Fuente: Elaboración propia.

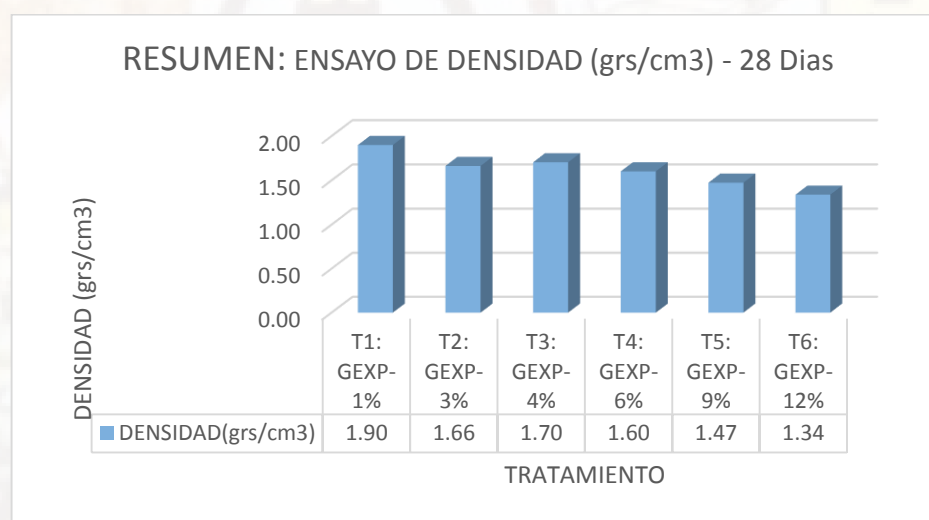


Figura 47: Ensayo de densidad a los 28 días.

RESUMEN DEL ENSAYO DE DENSIDAD PARA 7, 14 Y 28 DÍAS.

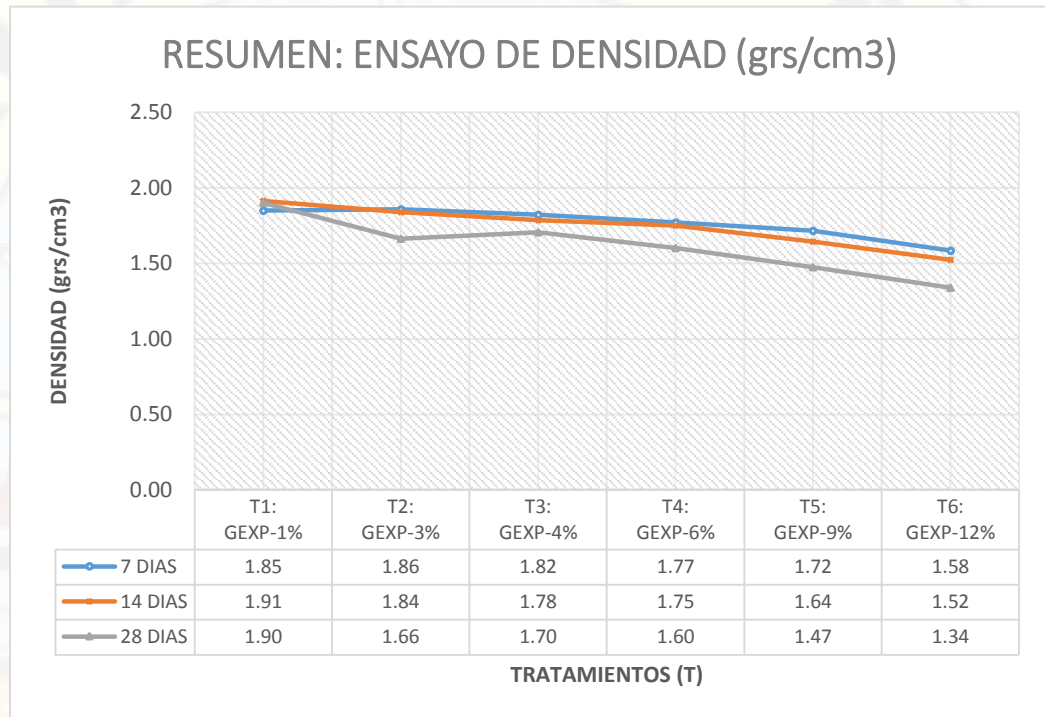


Figura 48. Cuadro de ensayo de densidad para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.

4.1.6 Determinación de porcentaje de absorción de Probetas con (LO).

El porcentaje de absorción se calcula para determinar la porosidad de la unidad de albañilería, mientras más elevada sea el % de absorción será más porosa y por tanto menos resistente al interperismo. El límite máximo de absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22% según la NTP E-070.

El ensayo para determinar el porcentaje de absorción de los tratamientos (T) de los especímenes cúbicos fue realizado de acuerdo a la norma "ITINTEC

331.018-1978” o NTP 399.613 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, métodos de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería”.

El resultado del ensayo de absorción de cada tratamiento (T), corresponde el promedio de tres probetas cúbicas ensayadas a los 7,14 y 28 días de CURADO a temperatura ambiente.

Tabla 65. *Cuadro de Número de probetas para ensayo de absorción.*

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 Días	14 Días	28 Días
T1	1%	3	3	3
T2	3%	3	3	3
T3	4%	3	3	3
T4	6%	3	3	3
T5	9%	3	3	3
T6	12%	3	3	3

Fuente: Elaboración Propia

Equipos para el ensayo de absorción de las probetas con (LO).

- ✓ Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.
- ✓ Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.
- ✓ Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.
- ✓ Taras codificadas.

Procedimiento a seguir para el ensayo de absorción de las probetas con (LO).

- ✓ Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose (PS).



Fotografía 63. Secado de los especímenes en horno durante 24 h.

- ✓ Se retiran los especímenes del horno y se deja orear a temperatura ambiente.

NOTA. - Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.



Fotografía 64. Pesado de las probetas enfriadas.

- ✓ Se introducen los especímenes secos en un recipiente lleno de agua, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 h, a temperatura ambiente. Transcurrido el lapso indicado, se retiran los especímenes del baño, secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan obteniéndose (PMS).



Fotografía 65. Sumergiendo las probetas durante 24 horas.

- ✓ Los especímenes deben pesarse dentro de los 5 min a partir del instante en que se extraen del recipiente.



Fotografía 66. Retiro de las probetas después de haber sido sumergidos durante 24 h.

- ✓ El contenido de agua absorbida se calcula con la ecuación siguiente:

$$A = \frac{(PMS - PS) * 100}{PS}$$

Dónde: **A** es el contenido agua absorbida, (%).

PS es la masa del espécimen seco, (grs).

PMS es la masa del muestra saturado luego de 24 h de inmersión en agua fría, (grs).

4.1.6.1 Resultado de ensayo de absorción de probetas con (LO).

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 66. Cuadro de absorción para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de CURADO.

% DE FIBRA	MUESTRA	PESO TARA (gr)	PESO SATURADO + TARA (gr)	PESO SECO + TARA (gr)	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO ABSORCIÓN (%)
T1: GEXP-1%	M1-1	90.12	1768.90	1409.23	1678.78	1319.1	27.266	26.720
	M1-2	80.54	1576.38	1267.07	1495.84	1186.5	26.068	
	M1-3	87.24	1915.92	1529.12	1828.68	1441.9	26.826	
T2: GEXP-3%	M3-1	89.54	1845.50	1468.59	1755.96	1379.1	27.331	27.450
	M3-2	120.45	1849.50	1476.40	1729.05	1356	27.516	
	M3-3	130.47	1930.27	1542.05	1799.8	1411.6	27.503	
T3: GEXP-4%	M4-1	150.5	2094.12	1645.69	1943.63	1495.20	29.991	31.218
	M4-2	156.5	1758.38	1368.59	1601.9	1212.1	32.158	
	M4-3	276.2	2087.5	1653.57	1811.28	1377.4	31.505	
T4: GEXP-6%	M6-1	150.8	1569.56	1233.05	1418.74	1082.2	31.094	31.253
	M6-2	87.12	1598.49	1245.67	1511.37	1158.6	30.454	
	M6-3	153.9	1913.51	1484.8	1759.59	1330.9	32.213	

Fuente: Elaboración propia.

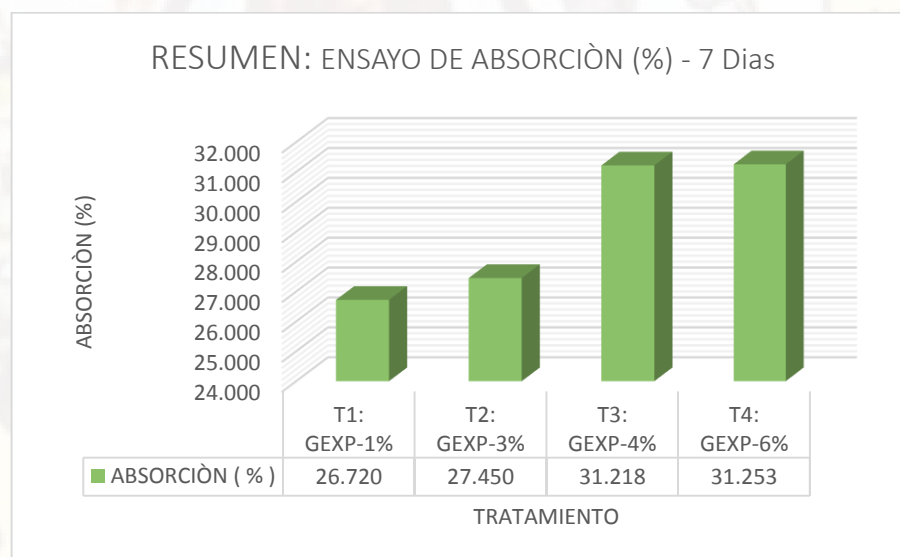


Figura 49. Comportamiento de ensayo de absorción de probetas con (LO) para 7 días de curado.

Tabla 67. Cuadro de absorción para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de CURADO.

% DE FIBRA	MUESTRA	PESO TARA (gr)	PESO SATURADO + TARA (gr)	PESO SECO + TARA (gr)	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO ABSORCIÓN (%)
T1: GEXP-1%	M1-1	87.30	1578.34	1267.16	1491.04	1179.9	26.374	25.232
	M1-2	85.29	1938.84	1578.40	1853.55	1493.1	24.140	
	M1-3	79.81	1864.19	1505.24	1784.38	1425.4	25.182	
T2: GEXP-3%	M3-1	130.03	1689.34	1374.89	1559.31	1244.9	25.260	24.316
	M3-2	127.54	1487.87	1233.45	1360.33	1105.9	23.005	
	M3-3	130.42	1957.51	1595.82	1827.09	1465.4	24.682	
T3: GEXP-4%	M4-1	150.6	1883.89	1505.15	1733.33	1354.59	27.960	29.693
	M4-2	87.83	1476.28	1145.29	1388.45	1057.5	31.300	
	M4-3	161	1944.93	1535.15	1783.97	1374.2	29.820	
T4: GEXP-6%	M6-1	130.7	2134.65	1638.9	2003.92	1508.2	32.871	30.935
	M6-2	129.5	1564.89	1238.9	1435.44	1109.5	29.383	
	M6-3	129	1911.31	1494.2	1782.36	1365.3	30.552	

Fuente: Elaboración propia.

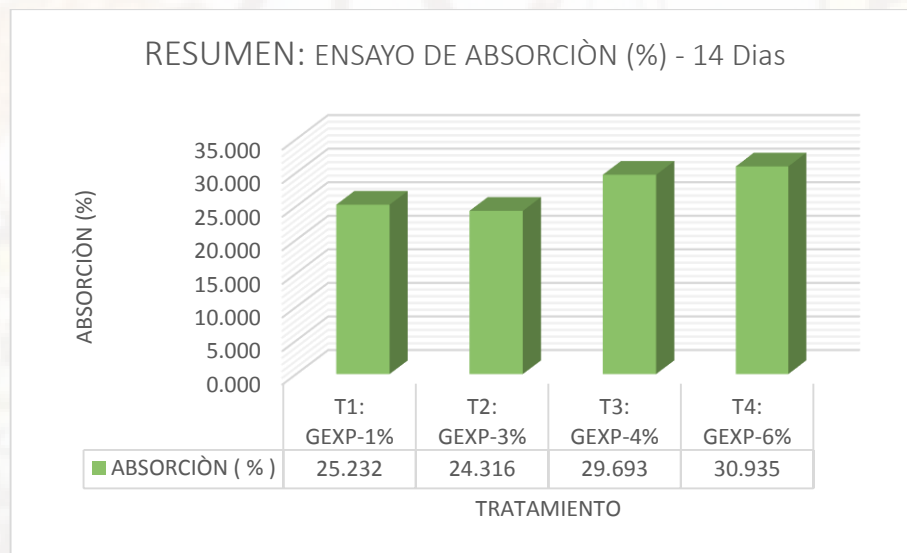


Figura 50. Comportamiento de ensayo de absorción de probetas con (LO) para 14 días de curado.

Tabla 68. Cuadro de absorción para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de CURADO.

% DE FIBRA	MUESTRA	PESO TARA (gr)	PESO SATURADO + TARA (gr)	PESO SECO + TARA (gr)	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO ABSORCIÓN (%)
T1: GEXP-1%	M1-1	87.04	1850.29	1514.67	1763.25	1427.6	23.509	22.951
	M1-2	85.09	1834.98	1514.87	1749.89	1429.8	22.389	
	M1-3	87.37	1881.64	1546.64	1794.27	1459.3	22.957	
T2: GEXP-3%	M3-1	87.39	1876.75	1512.46	1789.36	1425.1	25.563	24.563
	M3-2	129.47	1829.74	1514.98	1700.27	1385.5	22.718	
	M3-3	130.52	1973.95	1600.46	1843.43	1469.9	25.409	
T3: GEXP-4%	M4-1	133	1953.39	1539.85	1820.41	1406.87	29.394	29.448
	M4-2	268	1983.92	1589.54	1715.94	1321.6	29.842	
	M4-3	276.4	2057.24	1655.74	1780.84	1379.3	29.108	
T4: GEXP-6%	M6-1	87.34	1822.53	1423.76	1735.19	1336.4	29.839	29.731
	M6-2	130.2	1865.46	1469.49	1735.23	1339.3	29.566	
	M6-3	129	1864.22	1465.98	1735.19	1337	29.787	

Fuente: Elaboración propia.

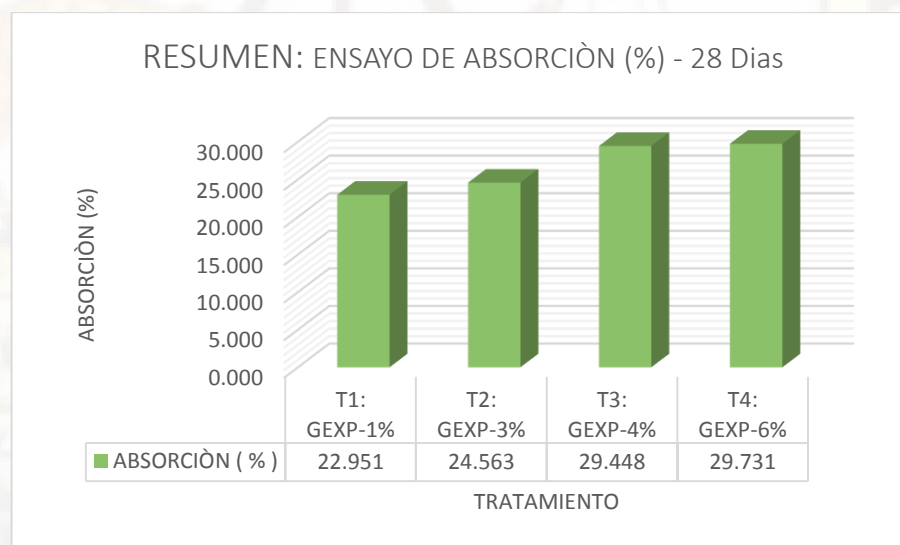


Figura 51. Comportamiento de ensayo de absorción de probetas con (LO) para 28 días de curado.

RESUMEN DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PARA 7, 14 Y 28 DÍAS:

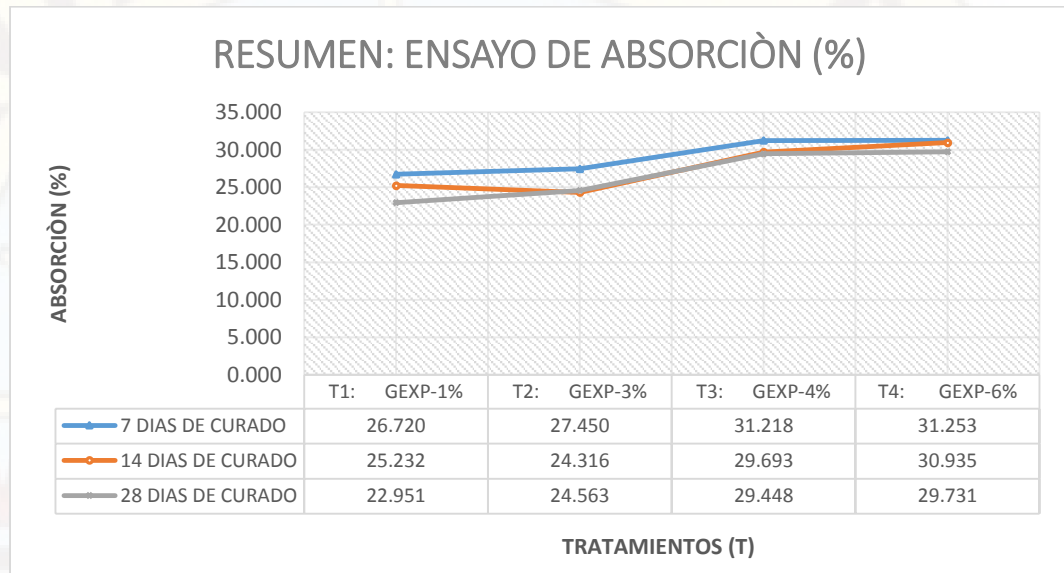


Figura 52. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de absorción (%) de probetas a los 7, 14 y 28 días de curado.

4.1.7 Determinación de la Resistencia a la Erosión Acelerada en Probetas.

Con este ensayo lo que se pretende estudiar es el comportamiento de las unidades de albañilería a la erosión de su superficie ocasionada por el contacto continuo de gotas de agua en una de las caras de las unidades de los tratamientos, simulando las consecuencias de una lluvia fuerte y prolongada. De esta forma se podría comparar los resultados en cada uno de los tratamientos (T), verificando cuál de los tratamientos resultan más erosionables.

Para el diseño de este ensayo, se tuvo como guía lo establecido en la **UNE 41410:2008 "Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques"**, Basado en el ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET).

Según (Mosquera González, 2016) citado por Vera (2017.p.73).

El resultado del ensayo de absorción de cada tratamiento (T), corresponde el promedio de tres probetas cubicas ensayadas a los 7,14 y 28 días de curado a temperatura ambiente.

Tabla 69. Cuadro Número de probetas para ensayo de erosión acelerada.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de probetas		
		7 Días	14 Días	28 Días
T1	1%	3	3	3
T2	3%	3	3	3
T3	4%	3	3	3
T4	6%	3	3	3
T5	9%	3	3	3
T6	12%	3	3	3

Fuente: Elaboración Propia.

Equipo para el ensayo de erosión acelerada de las probetas.

- ✓ Equipo de Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET).

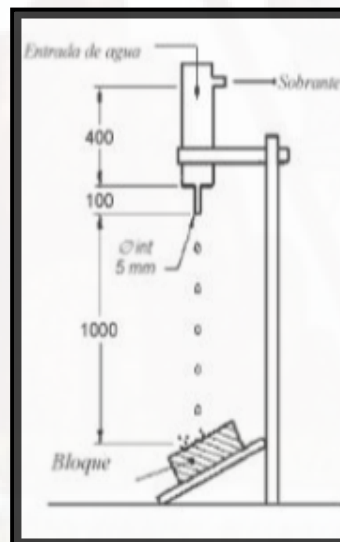


Figura 53. Equipo para ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET).

- ✓ Cronómetro.
- ✓ Recipientes de agua.

- ✓ Vernier.
- ✓ Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

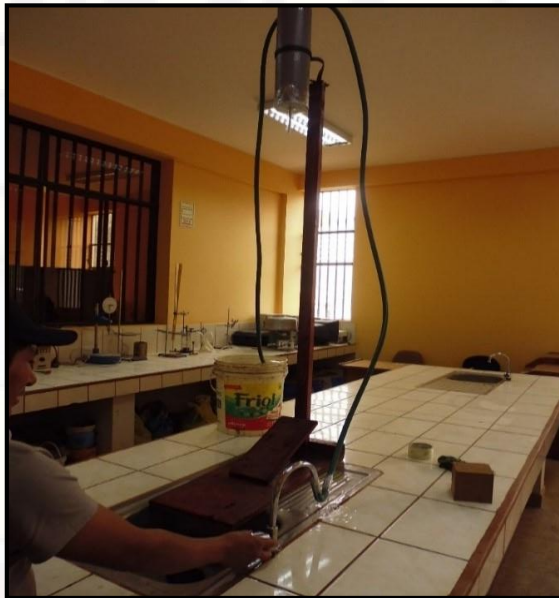
Procedimiento a seguir para el ensayo de erosión acelerada de las probetas.

- ✓ Para este ensayo se comenzó seleccionando los especímenes de los diferentes tratamientos (T) de manera aleatoria, las cuales fueron curadas durante 7, 14 y 28 días antes del ensayo. Según la Norma Española **UNE 41410:2008** se debe ensayar al menos 2 unidades. En este caso usamos 3 unidades por cada tratamiento (T).



Fotografía 67. Muestras para el ensayo.

- ✓ Se instala el equipo de SAET a un grifo de agua para poder tener un caudal constante que pueda ingresar al equipo, se coloca en la base del equipo una madera con 27° de inclinación.



Fotografía 68. Equipo de Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET).

- ✓ Se coloca la unidad de los especímenes en las marcas referidas de la tabla, con inclinación de 27° , se abre la cañería y se inicia el ensayo tomando control del tiempo.



Fotografía 69. Realizando el ensayo de erosión acelerada.

- ✓ Al transcurrir los 10 minutos se retiran los especímenes y se deja orear por un periodo de 2 minutos. Luego se procede a medir la oquedad que deja el ensayo en el adobe con la ayuda de una varilla de 3 mm de diámetro.



Fotografía 70. Resultado del ensayo de los tratamientos (T).



Fotografía 71. Midiendo la oquedad de los tratamientos (T).

4.1.7.1 Resultado de ensayo de erosión acelerada en probetas.

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 70. Cuadro de ensayo de erosión acelerada para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	TIEMPO DE LA PRUEBA (min)	SOCAVACIÓN ACELERADA (mm)	PROMEDIO SOCAVACIÓN ACELERADA (mm)
T1: GEXP-1%	M1-1	10 minutos	11.80	12.00
	M1-2		12.40	
	M1-3		11.80	
T2: GEXP-3%	M3-1	10 minutos	10.80	11.80
	M3-2		11.10	
	M3-3		13.50	
T3: GEXP-4%	M4-1	10 minutos	13.80	13.87
	M4-2		14.30	
	M4-3		13.50	
T4: GEXP-6%	M6-1	10 minutos	14.30	14.73
	M6-2		14.90	
	M6-3		15.00	

Fuente: Elaboración propia.

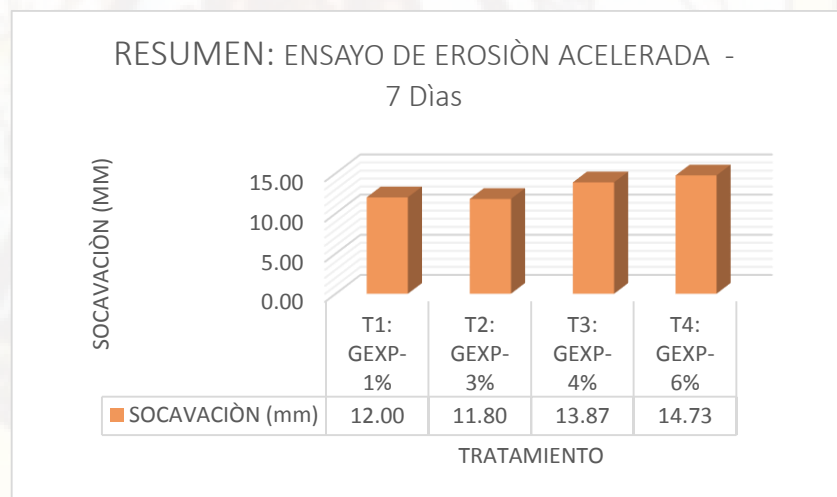


Figura 54. Comportamiento de ensayo de erosión acelerada de probetas con (LO) a los 7 días de curado.

Tabla 71. Cuadro de ensayo de erosión acelerada para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	TIEMPO DE LA PRUEBA (min)	SOCACACIÓN ACELERADA (mm)	SOCACACIÓN ACELERADA (mm)
T1: GEXP-1%	M1-1	10 minutos	10.20	9.70
	M1-2		9.60	
	M1-3		9.30	
T2: GEXP-3%	M3-1	10 minutos	10.90	11.30
	M3-2		11.70	
	M3-3		11.30	
T3: GEXP-4%	M4-1	10 minutos	11.00	11.23
	M4-2		11.50	
	M4-3		11.20	
T4: GEXP-6%	M6-1	10 minutos	12.10	11.90
	M6-2		11.60	
	M6-3		12.00	

Fuente: Elaboración propia.

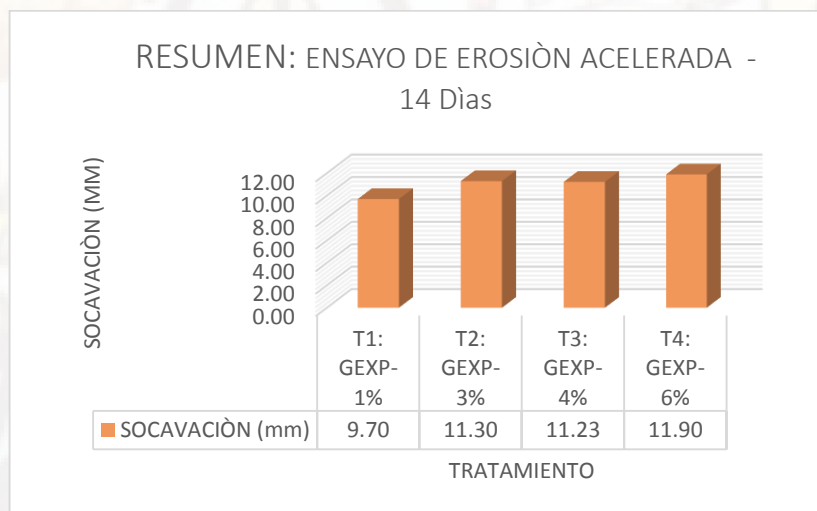


Figura 55. Comportamiento de ensayo de erosión acelerada de probetas con (LO) a los 14 días de curado.

Tabla 72. Cuadro de ensayo de erosión acelerada para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	TIEMPO DE LA PRUEBA (min)	SOCAVACIÓN ACELERADA (mm)	SOCAVACIÓN ACELERADA (mm)
T1: GEXP-1%	M1-1	10 minutos	8.00	7.00
	M1-2		6.00	
	M1-3		7.00	
T2: GEXP-3%	M3-1	10 minutos	12.50	14.18
	M3-2		15.15	
	M3-3		14.90	
T3: GEXP-4%	M4-1	10 minutos	13.00	12.52
	M4-2		12.45	
	M4-3		12.10	
T4: GEXP-6%	M6-1	10 minutos	13.70	13.93
	M6-2		13.10	
	M6-3		15.00	

Fuente: Elaboración propia.

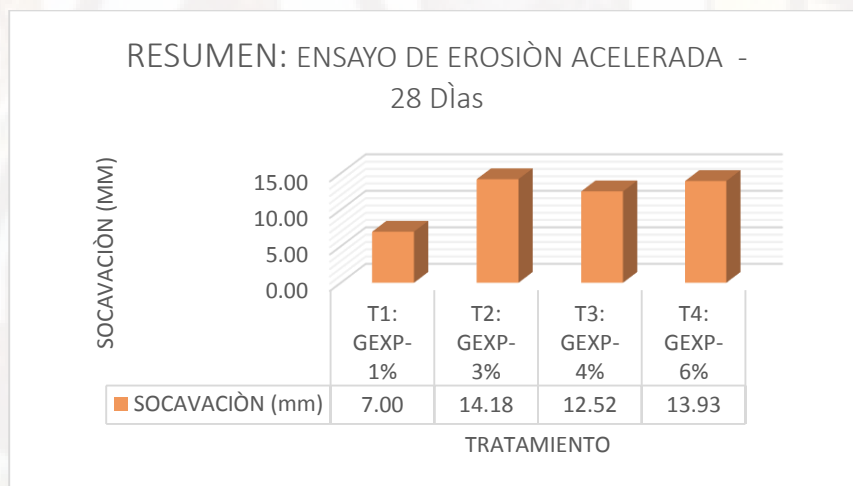


Figura 56. Comportamiento de ensayo de erosión acelerada de probetas con (LO) a los 28 días de curado.

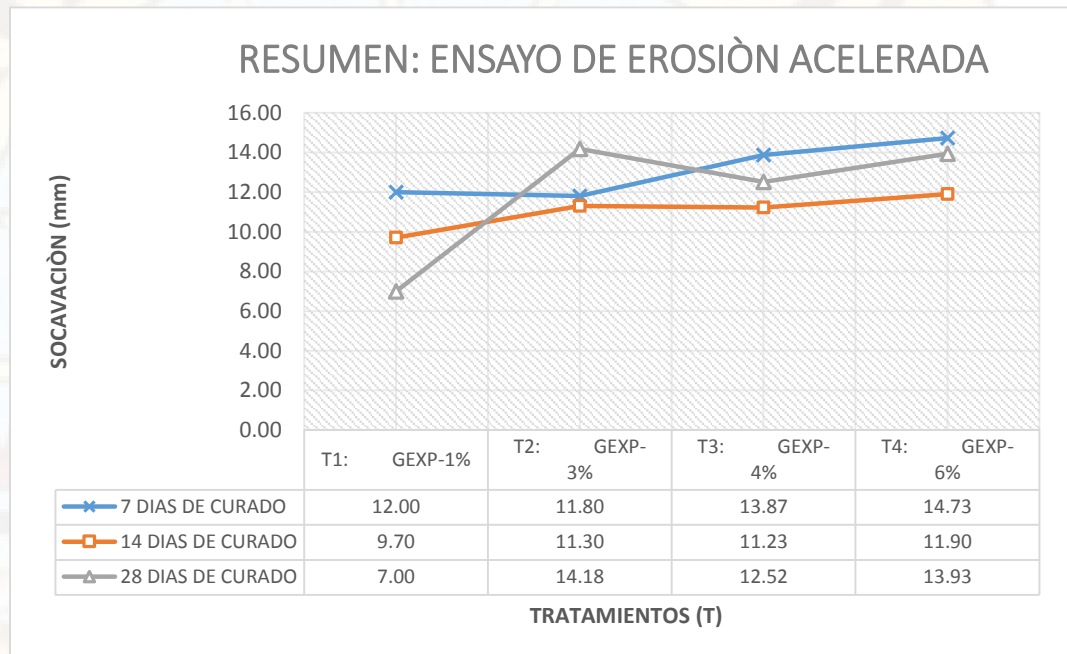


Figura 57. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de erosión acelerada de probetas a los 7,14 y 28 días de curado.

4.1.8 Determinación del contenido de humedad en Probetas.

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en suelos arcillosos), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica, etc.

Con este ensayo lo que se pretende estudiar la variación de la humedad con el tiempo de curado y la mejora de sus propiedades tanto físicas como mecánicas de los especímenes para los diferentes tratamientos (T).

Para el diseño de este ensayo, se tuvo como guía lo establecido en la NTP 339.127 y ASTM D 2216 “**Método de ensayo para determinar el Contenido de humedad de un suelo**”.

El resultado del ensayo de contenido de humedad de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de tres muestras por tratamiento (T) ensayadas a los 7, 14 y 28 días de CURADO a temperatura ambiente.

Tabla 73. Cuadro de Número de probetas para ensayo de cont. Humedad.

Tratamiento	% de Lana de Ovino	N° de muestras		
		7 Días	14 Días	28 Días
T1	1%	3M	3M	3M
T2	3%	3M	3M	3M
T3	4%	3M	3M	3M
T4	6%	3M	3M	3M
T5	9%	3M	3M	3M
T6	12%	3M	3M	3M

Fuente: Elaboración Propia.

Equipo para el ensayo del contenido de humedad de las probetas con (LO).

- ✓ Balanza con capacidad no menor de 4 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,01 g.
- ✓ Taras codificadas para cada tratamiento (T).
- ✓ Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Procedimiento para el ensayo de contenido de humedad de las probetas con (LO).

- ✓ Se codifico y peso las taras que contendrán las diferentes muestras de los tratamientos (T).



Fotografía 72. Pesando el recipiente donde contendrá la muestra.

- ✓ Luego extraemos las muestras de la parte central de las probetas.
- ✓ Luego introducimos las muestras a las taras ya codificadas para cada tratamiento (T).
- ✓ Introducimos las muestras al horno con una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24hr.



Fotografía 73. Introduciendo en el horno la muestra de suelo.

- ✓ Después de 24 horas de secar la muestra en el horno se extrajo y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y luego pesamos y obtenemos el % de contenido de humedad.

$$w(\%) = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso seco}} = \frac{wh - ws}{ws}$$

Dónde: **w(%)** = Contenido de Humedad (%)

wh = Peso de la muestra húmeda (grs)

ws = Peso de la muestra seco (grs)

4.1.8.1 Resultado de ensayo de contenido de humedad en probetas con (LO).

Los cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 74. Cuadro de resultados del ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos (T). Para los 7 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	DESCRIPCIÓN						
		PESO TARA (gr)	PESO TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	CONTENIDO O HUMEDAD (%)	CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO (%)
T1: GEXP-1%	M1-1	29.42	50.67	46.10	21.25	16.68	27.40	26.34
	M1-2	28.47	40.66	38.08	12.19	9.61	26.85	
	M1-3	28.60	46.93	43.29	18.33	14.69	24.78	
T2: GEXP-3%	M3-1	28.76	46.99	43.06	18.23	14.30	27.48	26.90
	M3-2	28.37	45.50	41.89	17.13	13.52	26.70	
	M3-3	28.98	40.77	38.30	11.79	9.32	26.50	
T3: GEXP-4%	M4-1	25.21	56.83	49.80	31.62	24.59	28.59	29.44
	M4-2	25.59	48.82	45.53	23.23	19.94	16.50	
	M4-3	25.49	51.27	43.49	25.78	18.00	43.22	
T4: GEXP-6%	M6-1	25.38	46.07	41.23	20.69	15.85	30.54	30.79
	M6-2	25.24	41.37	37.65	16.13	12.41	29.98	
	M6-3	26.04	47.69	42.46	21.65	16.42	31.85	
T5: GEXP-9%	M9-1	25.73	45.59	40.35	19.86	14.62	35.84	35.46
	M9-2	25.56	35.14	32.75	9.58	7.19	33.24	
	M9-3	25.80	33.79	31.62	7.99	5.82	37.29	
T6: GEXP-12%	M12-1	28.17	38.30	35.71	10.13	7.54	34.35	36.42
	M12-2	28.55	43.48	39.66	14.93	11.11	34.38	
	M12-3	28.50	41.57	37.80	13.07	9.30	40.54	

Fuente: Elaboración propia.

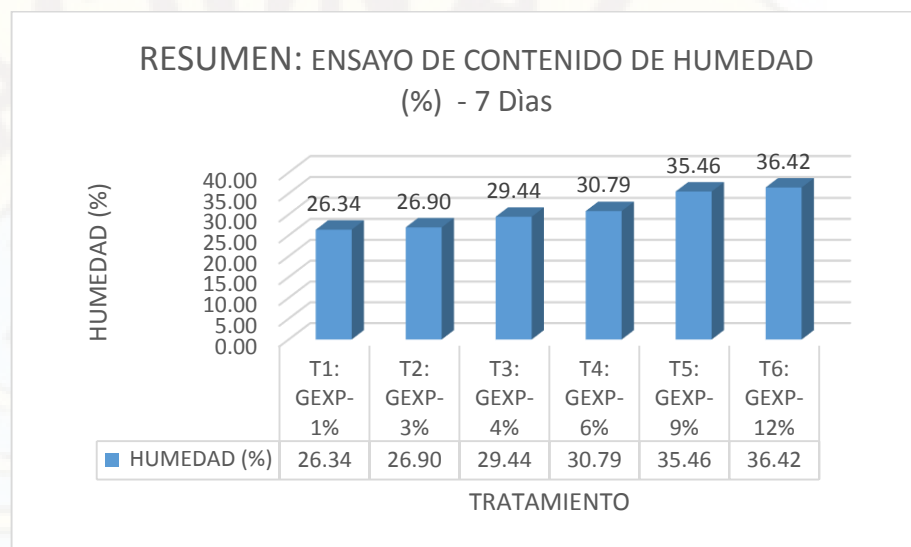


Figura 58. Comportamiento de ensayo de contenido de humedad de probetas con (LO) a los 7 días de curado.

Tabla 75. Cuadro de ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos (T). Para los 14 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	DESCRIPCIÓN						CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO (%)
		PESO TARA (gr)	PESO TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	CONTENIDO O HUMEDAD (%)	
T1: GEXP-1%	M1-1	28.63	37.16	36.24	8.53	7.61	12.09	19.05
	M1-2	28.61	40.55	38.92	11.94	10.31	15.81	
	M1-3	28.40	38.92	36.54	10.52	8.14	29.24	
T2: GEXP-3%	M3-1	28.82	36.00	34.63	7.18	5.81	23.58	23.23
	M3-2	28.53	38.72	36.80	10.19	8.27	23.22	
	M3-3	28.55	41.06	38.73	12.51	10.18	22.89	
T3: GEXP-4%	M4-1	28.30	45.85	42.57	17.55	14.27	22.99	25.43
	M4-2	29.44	42.58	39.33	13.14	9.89	32.86	
	M4-3	28.39	41.76	39.49	13.37	11.10	20.45	
T4: GEXP-6%	M6-1	28.60	44.27	41.43	15.67	12.83	22.14	25.77
	M6-2	25.40	42.01	38.96	16.61	13.56	22.49	
	M6-3	25.64	37.13	34.30	11.49	8.66	32.68	
T5: GEXP-9%	M9-1	28.57	32.99	31.82	4.42	3.25	36.00	24.30
	M9-2	29.50	34.95	34.13	5.45	4.63	17.71	
	M9-3	28.61	33.27	32.52	4.66	3.91	19.18	
T6: GEXP-12%	M12-1	28.86	33.37	32.69	4.51	3.83	17.75	34.00
	M12-2	29.11	35.22	33.89	6.11	4.78	27.82	
	M12-3	28.48	33.11	31.44	4.63	2.96	56.42	

Fuente: Elaboración propia.

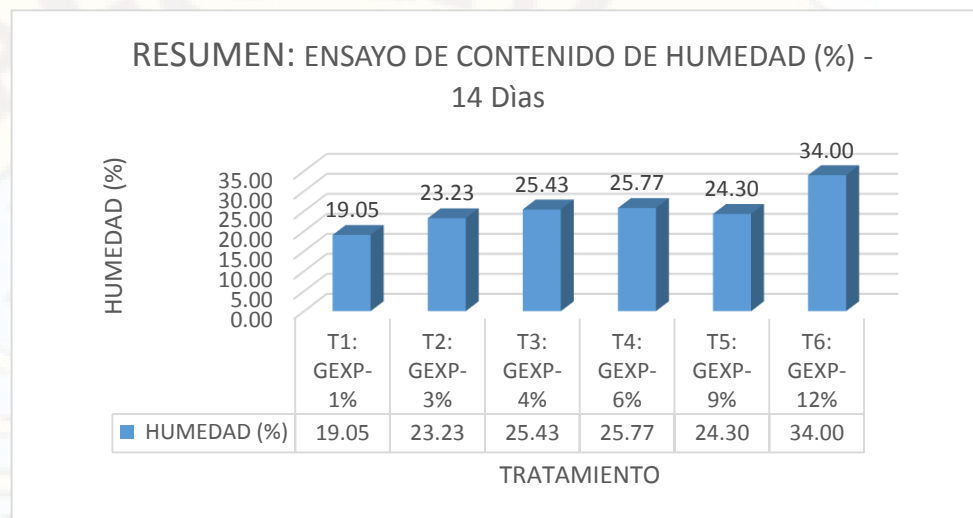


Figura 59. Comportamiento del ensayo de contenido de humedad de probetas con (LO) a los 14 días de curado.

Tabla 76. Cuadro del ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos (T). Para los 28 días de curado.

% DE FIBRA	MUESTRA	DESCRIPCIÓN						
		PESO TARA (gr)	PESO TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	CONTENID O HUMEDAD (%)	CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO (%)
T1: GEXP-1%	M1-1	29.34	36.93	36.00	7.59	6.66	13.96	10.10
	M1-2	28.41	37.18	36.04	8.77	7.63	14.94	
	M1-3	28.57	38.76	38.62	10.19	10.05	1.39	
T2: GEXP-3%	M3-1	28.69	43.88	40.49	15.19	11.80	28.73	17.57
	M3-2	28.37	35.73	34.66	7.36	6.29	17.01	
	M3-3	28.91	40.41	39.66	11.50	10.75	6.98	
T3: GEXP-4%	M4-1	25.18	34.80	33.37	9.62	8.19	17.46	17.54
	M4-2	25.54	35.09	33.64	9.55	8.10	17.90	
	M4-3	25.44	37.27	35.53	11.83	10.09	17.24	
T4: GEXP-6%	M6-1	25.34	33.73	32.46	8.39	7.12	17.84	17.85
	M6-2	25.19	34.42	33.01	9.23	7.82	18.03	
	M6-3	25.95	37.99	36.18	12.04	10.23	17.69	
T5: GEXP-9%	M9-1	25.73	40.35	39.45	14.62	13.72	6.56	19.36
	M9-2	25.56	32.75	31.25	7.19	5.69	26.36	
	M9-3	25.80	31.62	30.45	5.82	4.65	25.16	
T6: GEXP-12%	M12-1	28.17	35.71	33.12	7.54	4.95	52.32	24.24
	M12-2	28.55	39.66	38.87	11.11	10.32	7.66	
	M12-3	28.50	37.80	36.75	9.30	8.25	12.73	

Fuente: Elaboración propia.

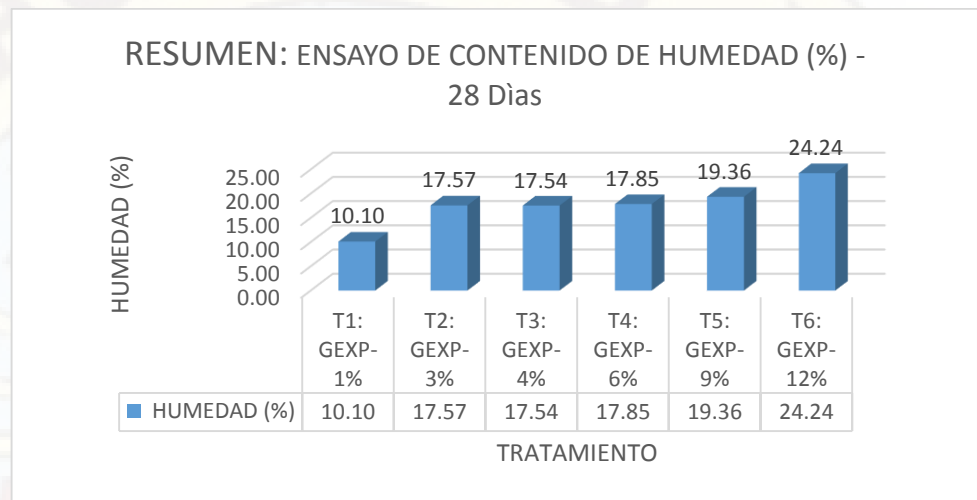


Figura 60. Comportamiento del ensayo de contenido de humedad de probetas con (LO) a los 28 días de curado.

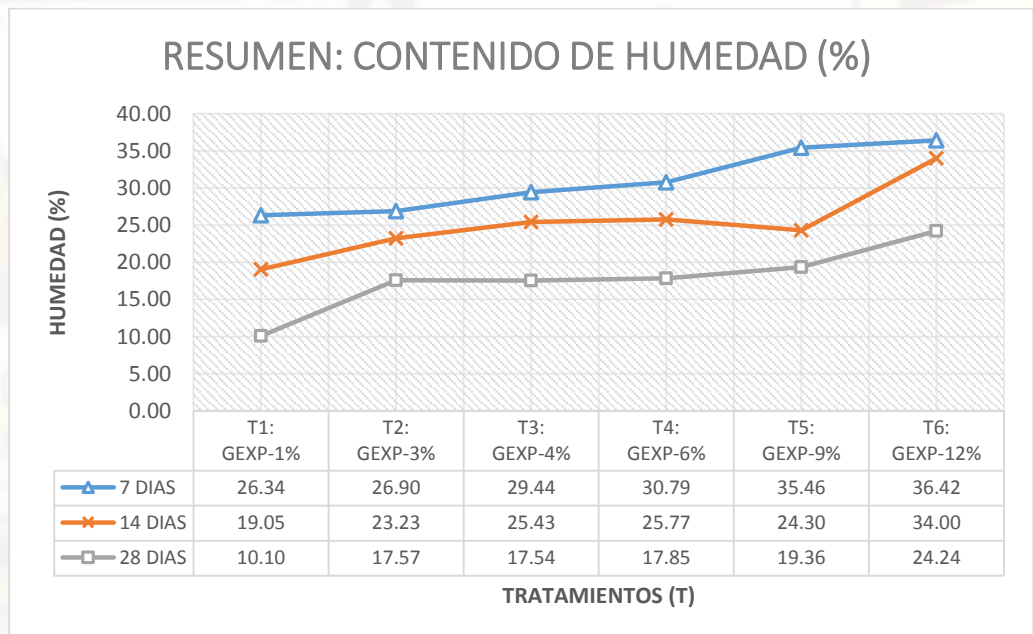


Figura 61. Comparación del comportamiento de los tratamientos (T), del ensayo de contenido de humedad de probetas a los 7,14 y 28 días de curado.

4.1.9 Uso del óptimo tratamiento (T) de Lana de Ovino (LO).

Para determinar el tratamiento (T) más óptimo para la elaboración de las unidades de albañilería (ladrillo), se realizó un análisis comparativo de los diferentes ensayos

realizados tanto de las propiedades mecánicas como de las propiedades físicas teniendo en cuenta los requisitos de las diferentes normas en las cuales nos apoyamos para realizar los ensayos, dando mayor incidencia a la propiedad mecánica a compresión (f_b) ya que las unidades de albañilería trabajan mayormente a compresión.

Para el análisis comparativo de los diferentes tratamientos (T), se realizó un análisis estadístico de comparaciones múltiples de TUKEY para determinar que tratamientos (T) son significativamente diferentes para un nivel de significancia de 5% (Nivel de Confianza de 95%), Para el análisis se utilizó los datos de resistencia a compresión alcanzada a los 28 días.

4.1.10 Elaboración de ladrillos con (LO):

4.1.10.1 Elaboración del molde para el ladrillo.

Según Tapia (2015, p.34) Nos dice que Los ladrillos: Son de arcilla cocida en forma de paralelepípedo triangular usadas para construir muros y paredes tienen por característica principal su peso y 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 11cm a 14cm, un largo de 23cm a 29cm y una altura de 6cm a 9cm; con un peso oscilante de 3kg a 6kg.

Tabla 77. Dimensiones, peso mínimo y máximo, para ladrillos.

Largo (L)	Ancho (a)	Alto (h)	Peso (P)
23 cm a 29 cm	11 cm a 14 cm	6 cm a 9 cm	3 kg a 6 kg

Fuente. Tapia (2015).

En base a las especificaciones de la norma se optaron por las siguientes dimensiones los cuales también son las dimensiones de los ladrillos artesanales.

Tabla 78. Dimensiones del ladrillo.

Largo (L)	Ancho (a)	Alto (h)
23 cm	13 cm	8 cm

Fuente. Elaboración propia

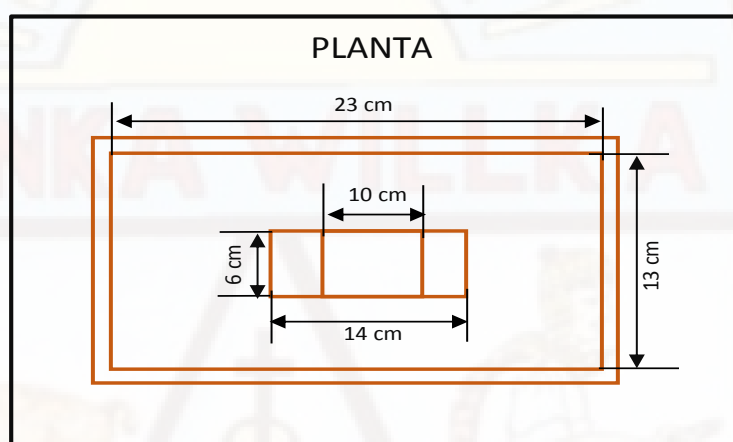


Figura 62. Dimensiones en planta del molde para ladrillos



Figura 63. Dimensiones en elevación del molde.



Fotografía 74. Molde para elaboración de ladrillo.

El molde para la presente investigación está fabricado de madera con las medidas exactas. Este molde nos permite fabricar ladrillos con dimensiones de 23 cm x 13 cm x 8 cm.

a) Dosificación:

Como se sabe la dosificación es el proporcionamiento de los diferentes materiales que conforman la mezcla para la elaboración del ladrillo.

Para determinar la dosificación óptima de los diferentes materiales se elaboró una etapa anterior la cual consistió en experimentar con las diferentes dosificaciones (tratamientos (T)) para los diferentes %(LO), las cuales fueron mezcladas ensayadas en probetas cúbicas y prismáticas.

Los resultados que se obtuvo del análisis estadístico es que el tratamiento más óptimo tanto económicamente como de resistencia fue el T1-1%(LO), por lo cual se utilizó la misma dosificación del T1 para el GRUPO EXPERIMENTAL (GEXP).

Tabla 79. Dosificación para las unidades de albañilería (ladrillos).

Dosificación de Mezcla en Peso por (gr) de (lo)						
Tratamiento (t)	% de Lana	Simbología	dosificación			
			Suelo (grs)	Cal Hidráulica (grs)	Agua (ml)	Lana de Ovino (grs)
GC	0%	GC-0%	100.00	12.0	29.65	0.00
GEXP	1%	GEXP-1%	100.00	12.0	29.65	1.00

Fuente: Elaboración propia.

b) Cantidad de ladrillos con (LO).

La cantidad de muestras (ladrillos) que se necesitó para la investigación se definieron de acuerdo a la NTP 399.613, (2005). **“UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”**, de acuerdo al ensayo que se va a realizar. En este caso se realizaron los ensayos de resistencia a compresión, resistencia a flexión, absorción, erosión y densidad y contenido de humedad.

La norma estipula que como mínimo las muestras para el ensayo de resistencia a compresión y resistencia a flexión son 5, pero en la investigación se optó por realizar 6 especímenes para dar veracidad a los datos. A sí mismo para el ensayo de absorción, erosión y densidad la norma especifica 3 especímenes como mínimo para su análisis las cuales se optaron por estos.

A continuación, mostraremos la cantidad de muestras que se definió para la investigación:

Tabla 80. Número de ladrillos con (LO) para los ensayos correspondientes.

Tratamiento (Grupo)	% (LO)	N° de probetas				
		ENSAYO				
		Compresión	Flexión	Absorción	Erosión	Densidad
GC	0%	6	6	3	3	3
GEXP	1%	6	6	3	3	3
Total de probetas		12	12	6	6	6

Fuente: Elaboración Propia.

PROCESO DE ELABORACIÓN:

c) Elaboración, moldeado y curado de los ladrillos con (LO):

PROCESO DE ELABORACIÓN:

Ya teniendo la dosificación, el cual se calculó para la elaboración de las probetas, para los tratamientos con 0%LO (control) y 1%LO, y la cantidad de ladrillos a ser ensayadas en los diferentes ensayos.

- ✓ Se dispuso de los materiales que conforman los ladrillos los cuales son; suelo arcilloso, cal hidráulica, agua y lana de ovino para su pesado según la dosificación correspondiente.



Fotografía 74. Pesando el suelo según la dosificación.



Fotografía 76. Pesando la cal hidráulica según dosificación.



Fotografía 77. Pesando la lana de ovino según la dosificación.



Fotografía 78. Midiendo la cantidad de agua según dosificación.

PROCESO DE MEZCLADO:

- ✓ Para el GC-0%(LO), se inició con la mezcla disponiendo del suelo arcilloso en una bandeja apta para el mezclado, seguidamente se agregó la cal hidráulica realizando el mezclado hasta obtener una pasta uniforme empleando una plancha de batir. Después del mezclado en seco se incorporó agua uniformemente en toda la mezcla, para luego mezclar uniformemente hasta obtener la consistencia deseada.



Fotografía 79. Disposición del suelo y cal hidráulica.



Fotografía 80. Mezclando uniformemente el suelo, cal hidráulica y agua.

- ✓ Para el caso del GEXP-1%(LO), se inició el mezclado previamente en seco, comenzando con la unión del asuelo y cal hidráulica para luego agregarle agua, ya mezclado se le agregó la lana de ovino y

se procedió al amasado hasta distribuir uniformemente la lana de ovino en la mezcla de suelo, cal hidráulico y agua.



Fotografía 81. Mezclado de los materiales para el GEXP-1%(LO).



Fotografía 82. Mezclado uniforme de los materiales del GEXP-1%.

PROCESO DE MOLDEADO DE LA MEZCLA

- ✓ Ya teniendo listo la mezcla se procedió a vaciar al molde manualmente en 3 capas se depositó la primera capa de mezcla en el molde y con la ayuda de una varilla se acomodó la mezcla. Se prosiguió haciendo el mismo proceso en la segunda y tercera capa.



Fotografía 83. Vaciando la mezcla al molde en capas.



Fotografía 84. Elaborando los ladrillos con (LO).



Fotografía 85. Ladrillos protegidos del sol para secado.

- ✓ Una vez elaborado los ladrillos, estos deben permanecer durante 28 días en un ambiente libre pero protegido del sol, con la finalidad de que no puedan secarse aceleradamente y permitirle la reacción adecuada de la cal hidráulica.

PROCESO DE CURADO DE LOS LADRILLOS:

El curado es el proceso que permite tener controlada la temperatura y humedad de los ladrillos, dando así inicio a la reacción de los componentes químicos de la cal hidráulica y los componentes químicos de los suelos arcillosos. Para así asegurar la acción puzolámica y la carbonatación de la cal en el suelo arcilloso contribuyendo así a la mejora de las características tanto físicas como mecánicas de los ladrillos.

El curado de los ladrillos tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO) se ha desarrollado para 28 días a temperatura ambiente después de las cuales se han sido sometidos a los distintos ensayos tanto físicos como mecánicos que se consideraron en el plan del proyecto.

4.1.11 Determinación de las propiedades Mecánicas y Físicas de los ladrillos con (LO).

El determinación de las propiedades tanto físicos como mecánicos de los ladrillos del GC-0%(LO) y el GEXP-1%(LO), son de suma importancia ya son a través de estos resultados que se va poder determinar la influencia significativa del uso de (LO) en los ladrillos.

4.1.11.1 Ensayo a compresión.

Para el ensayo a compresión se basó en la NTP 399.613-2005 (*Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*).

El resultado de resistencia a compresión de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de seis ladrillos ensayados a los 28 días de CURADO a temperatura ambiente, corregidas por la desviación estándar de cada grupo.



Fotografía 86. Ladrillos para el ensayo de resistencia a compresión del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO) a los 28 días de CURADO.

Tabla 81. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo a compresión.

Tratamiento	Nomenclatura	N° de ladrillos
T1	GC-0%	6U
T2	GEXP-1%	6U
Total		12U

Fuente: Elaboración Propia

Equipos para el ensayo a compresión de los ladrillos:

✓ Máquina para ensayo de compresión

Se utilizó la Prensa hidráulica Motorizada del laboratorio de concreto de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica.



Fotografía 87. Prensa hidráulica para la compresión de los ladrillos.

4.1.11.2 Procedimiento a seguir para el ensayo a compresión de los ladrillos:

- ✓ Se ensayaron 6 ladrillos por tratamiento, las cuales son: T1: GC-0%(LO) (patrón) y T2: GEXP-1%(LO), a los 28 días de curado a temperatura ambiente, los cuales se escogieron de forma aleatoria.



Fotografía 88. Ladrillos para ensayo a compresión.

- ✓ Previo al ensayo se registraron las medidas de cada ladrillo para verificar el área de los ladrillos y saber la variación dimensional de ambos grupos.



Fotografía 89. Medida de los ladrillos del grupo control (GC).



Fotografía 90. Medida de los ladrillos del grupo experimental (GEXP).



Fotografía 91. Peso de los ladrillos para ensayo de compresión.

- ✓ En seguida se refrenó las caras opuestas con una capa delgada de yeso de no menos de 3 mm; esto es debido a que las unidades de albañilería presentaban algunas deformaciones en las caras que son detectables en el proceso de recibir la carga en la máquina de compresión, es por eso que se coloca una capa (capping) de yeso y así las cargas puedan ser distribuidas uniformemente en toda el área de contacto de la unidad. Después de realizar este proceso se debe dejar secar el yeso por un tiempo no menor de 24 horas antes de ser ensayadas.



Fotografía 92. Colocando del capping de yeso.



Fotografía 93. Ladrillos con una capa de yeso listo para el ensayo.



Fotografía 94. Colocado de la muestra para ensayo.



Fotografía 95. Revisando lo correcto colocado de la muestra por el técnico encargado del laboratorio.



Fotografía 96. Falla del ladrillo del GC-0%(LO), como podemos ver la falla es de forma frágil.



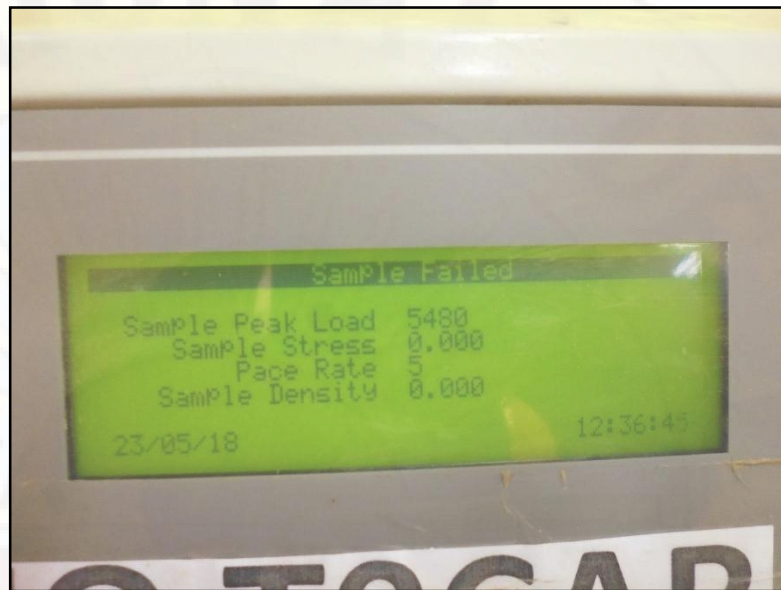
Fotografía 97. Falla del ladrillo del GEXP-1%(LO), como podemos ver la falla es por aplastamiento.



Fotografía 98. Probetas ensayadas del GC-0%(LO).



Fotografía 99. Probetas ensayadas del GEXP-1%(LO).



Fotografía 100. Lectura registrada de resistencia del ladrillo del GC.

Para unidades de albañilería que se ensayen en unidades enteras, para obtener el valor promedio de la resistencia a compresión deberán efectuarse la corrección en el valor promedio de resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio, Estos coeficientes se detallan en el anexo A de la NTP 399.613, que se reproduce a continuación:

$$Rue = 0.92 * Rmu$$

Dónde: Rue: resistencia a la compresión en unidad entera

Rmu: resistencia a la compresión en media unidad

4.1.11.3 Resultados del ensayo a compresión de Ladrillos con (LO):

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 82. Cuadro resultados de la resistencia a compresión de ladrillos del GC: 0%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
GC 0%	GC-02	21.92	21.90	21.96	12.43	12.39	12.32	187.452	5480	27.19	28.58
	GC-03	21.86	21.87	21.78	12.35	12.29	12.29	184.809	5230	26.32	
	GC-05	21.88	21.89	22.02	12.27	12.42	12.28	186.251	6108	30.50	
	GC-07	21.86	21.81	21.90	12.39	12.38	12.37	186.586	6320	31.50	
	GC-08	21.96	21.92	21.91	12.32	12.37	12.31	186.470	5360	26.73	
	GC-11	21.84	21.87	22.03	12.37	12.38	12.40	187.360	5890	29.24	
									DESV.EST	2.15	
									CV	7.52	

Fuente: Elaboración propia.

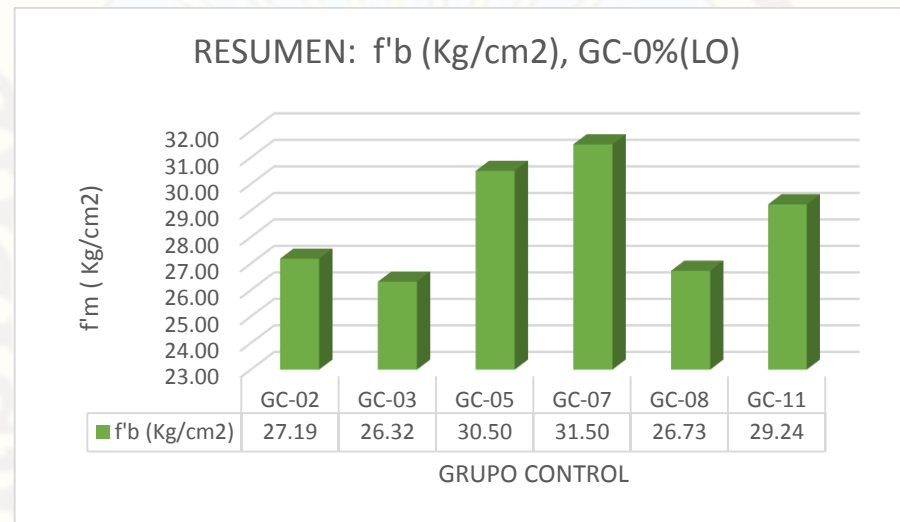


Figura 64: Grafico de resistencia a compresión de ladrillos del GC: 0%(LO).

- Para calcular el promedio de f'_b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 7.52 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

Tabla 83. Cuadro de resistencia a compresión de ladrillos del GEXP: 1%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES						ÁREA DE CONTACTO (cm2)	FUERZA EJERCIDA (Kg-f)	f'b (Kg/cm2)	PROMEDIO f'b (Kg/cm2)
		LARGO (cm)			ANCHO (cm)						
		L1	L2	L3	A1	A2	A3				
GEXP 1%	GEXP1-03	21.72	21.70	21.76	12.24	12.23	12.30	182.297	7010	35.76	37.54
	GEXP1-07	21.74	21.68	21.69	12.29	12.19	12.38	182.662	7580	38.59	
	GEXP1-08	21.62	21.66	21.62	12.18	12.18	12.20	179.638	7010	36.29	
	GEXP1-09	21.66	21.63	21.62	12.37	12.23	12.25	181.770	8080	41.34	
	GEXP1-15	21.82	21.80	21.77	12.29	12.32	12.33	184.390	7830	39.49	
	GEXP1-17	22.00	21.99	21.93	12.32	12.33	12.34	186.931	6790	33.78	
									DESV.EST	2.76	
									CV	7.36	

Fuente: Elaboración propia.

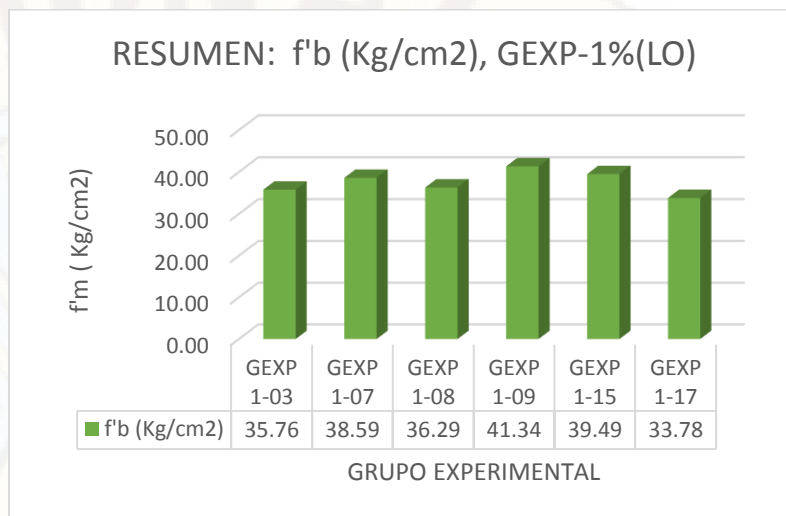


Figura 65: Grafico de resistencia a compresión del GEXP-1%(LO).

- Para calcular el promedio de f'_b se ha corregido por desviación estándar.
- Según este resultado el coeficiente de variación es 7.36 % que es menor al 40% que es el permisible para unidades de albañilería artesanales.

La resistencia a la compresión (f'_b) que representa el valor promedio de la resistencia para el 100% de los especímenes ensayados, se presenta a continuación:

Tabla 84. Resumen de la resistencia final de los ladrillos.

Tratamiento	Peso promedio (grs)	Resistencia a compresión (f'_b) (Kg/cm ²)
T1: GC-0%(LO)	3243.33	28.58
T2: GEXP-1%(LO)	3048.33	37.54

Fuente: Elaboración Propia

Para una mejor interpretación de los resultados se muestra el siguiente gráfico, donde se observa con mayor detalle.

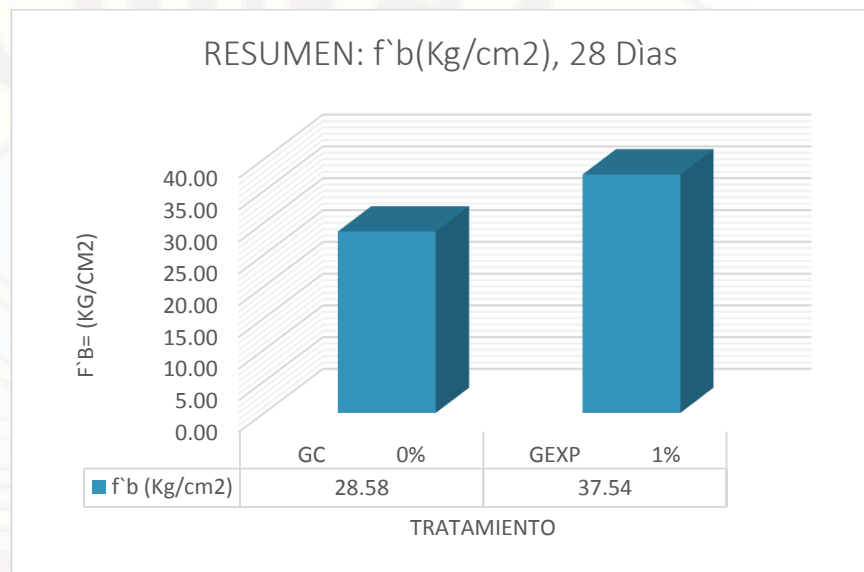


Figura 66. Resumen de comparación del ensayo de resistencia a la compresión ($f'b$) de los ladrillos a los 28 días.

4.1.12 Ensayo a tracción por flexión:

Para la determinar la resistencia a flexión de las unidades de ladrillos, se efectuaron los ensayos de laboratorio, de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.613 (**Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería**).

El resultado de resistencia a tracción por flexión de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de los seis ladrillos ensayados a los, 28 días de curado a temperatura ambiente.



Fotografía 101. Ladrillos para el ensayo del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO) a los 28 días de curado.

Tabla 85. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo a flexión.

Tratamiento	Nomenclatura	N° de ladrillos
T1	GC-0%	6U
T2	GEXP-1%	6U
Total		12U

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos para el ensayo de resistencia a tracción por flexión de los ladrillos:

Se utilizó el equipo ELE INTERNACIONAL adecuándolo para dicho ensayo de manera técnica por el profesional encargado del laboratorio de mecánica de suelos II de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, ya que este equipo es más sensible que el equipo de flexión para concreto, se le adeco con los requerimientos del equipo de flexión de concreto.



Fotografía 102. Equipo para en ensayo de resistencia a flexión.

4.1.12.1 Procedimiento a seguir para el ensayo a tracción por flexión de los ladrillos:

- ✓ Se ensayaron 6 ladrillos por tratamiento, las cuales son: T1: GC-0%(LO) (control) y T2: GEXP-1%(LO) (experimental), a los 28 días de CURADO a temperatura ambiente.
- ✓ El ensayo tiene como objetivo determinar la resistencia a tracción por flexión de los ladrillos endurecidos, mediante la aplicación uniforme de carga ubicada a $L/2$ de la Luz entre los apoyos inferiores a través de un rodillo que transmiten la presión perpendicular a los ladrillos apoyados sobre otros dos rodillos.

Para lo cual se tuvo el siguiente procedimiento de cálculo:

Se seleccionó las probetas de manera aleatoria para el ensayo a flexión.



Fotografía 103. Selección de los ladrillos para el ensayo a flexión.

- ✓ Previo al ensayo se registraron las medidas de cada ladrillo para verificar las dimensiones de los ladrillos y saber la variación dimensional de ambos grupos, asimismo se pesaron los ladrillos de ambos tratamientos.



Fotografía 104. Verificación de las medidas de los ladrillos.



Fotografía 105. Peso de los ladrillos para ensayo a flexión.

- ✓ Se colocó los ladrillos adecuadamente en la prensa hidráulica, haciendo coincidir las líneas marcadas previamente del ladrillo con los apoyos tal y como especifica las normas.



Fotografía 106. Verificando la correcta posesión de los ladrillos.

- ✓ Luego se aplicó la carga en forma continua y uniforme, sin choques. La velocidad de tensión, calculada según deberá estar comprendida entre 0,015 y 0,02 N/mm² /s.

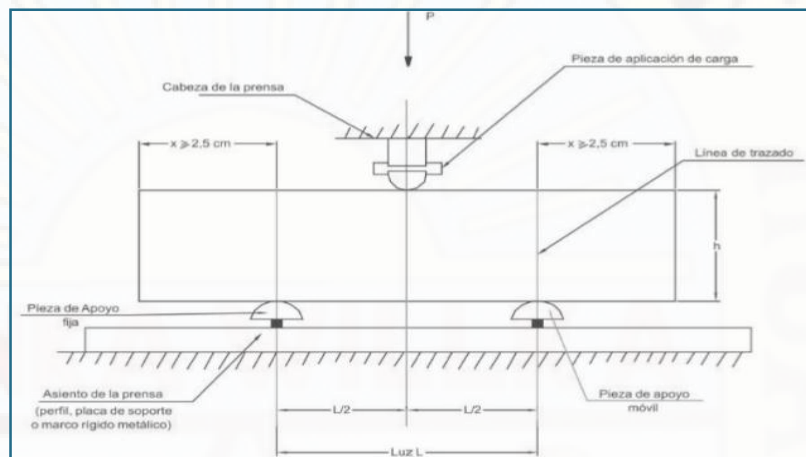


Figura 67. Esquema del ensayo de resistencia a la tracción por flexión.



Fotografía 107. Realizando el ensayo a flexión.

- ✓ Se registra la carga máxima P expresada en N en la cual los ladrillos fallan.

La resistencia a tracción por flexión se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_{tb} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{3 * P * L}{2 * b * h^2} \dots \dots \text{Ecuacion N}^\circ 03$$

Donde:

P = Es la carga máxima aplicada al espécimen. (Kg-f)

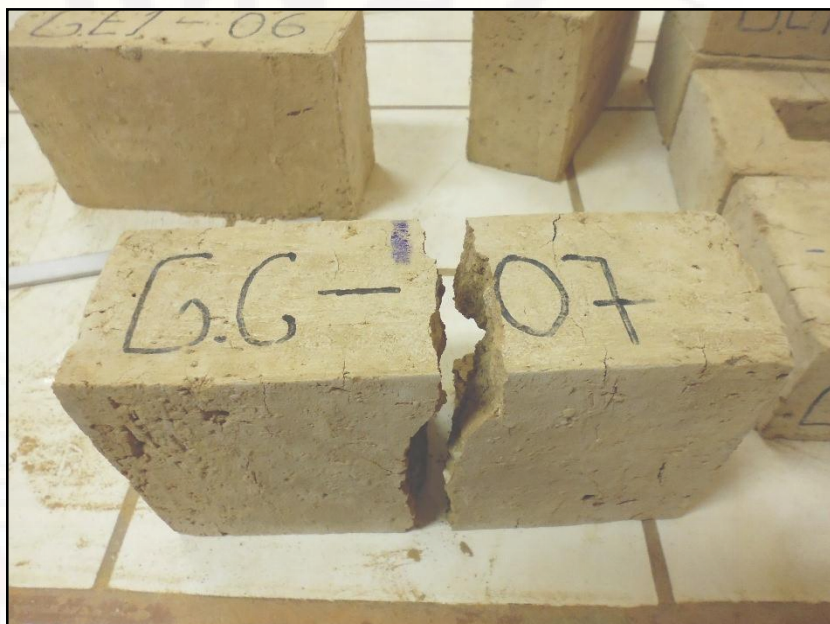
L = longitud entre apoyos (cm)

b = Ancho de la unidad (cm)

h = Altura de la unidad (cm)



Fotografía 108. Realizando los ensayos del GC-0%(LO) Y GEXP-1%(LO).



Fotografía 109. Ladrillos ensayados del GC-0%(LO).



Fotografía 110. Ladrillos ensayados del GEXP-1%(LO).

4.1.12.2 Resultados de ensayo a tracción por flexión de Ladrillos con (LO):

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 86. Cuadro de resistencia tracción por flexión de ladrillos del GC: 0%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
GC 0%	GC-4	12.37	12.38	12.41	7.54	7.49	7.69	18.00	127.01	4.83	4.86
	GC-6	12.39	12.37	12.41	7.58	7.62	7.64	18.00	142.30	5.35	
	GC-7	12.32	12.33	12.32	7.60	7.72	7.70	18.00	110.70	4.12	
	GC-10	12.22	12.33	12.22	7.60	7.61	7.60	18.00	148.62	5.66	
	GC-13	12.34	12.37	12.29	7.72	7.74	7.69	18.00	121.00	4.45	
	GC-15	12.84	12.87	12.02	7.48	7.39	7.52	18.00	123.55	4.76	
								DESV. EST	0.57		
								CV	11.69		

Fuente: Elaboración Propia

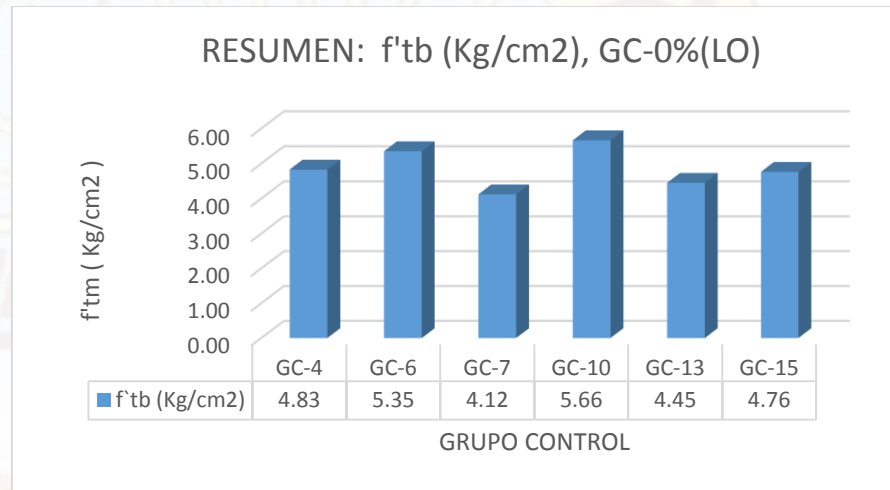


Figura 68: Comparación de resistencia a flexión de ladrillos del GC: 0%(LO).

- Para calcular el promedio de f'_b se ha corregido por desviación estándar.

Tabla 87. Cuadro de resistencia tracción por flexión de ladrillos del GEXP: 1%(LO).

% DE FIBRA	Nº DE ENSAYO	DIMENSIONES							F (Kg)	f'tb (Kg/cm2)	PROMEDIO f'tb (Kg/cm2)
		ANCHO (cm)			ALTO (cm)			LONG. APOYOS (cm)			
		A1	A2	A3	H1	H2	H3				
GEXP 1%	GEXP1-1	12.44	12.28	12.30	7.60	7.55	7.58	18.00	305.20	11.63	11.32
	GEXP1-5	12.33	12.28	12.25	7.40	7.52	7.52	18.00	290.42	11.41	
	GEXP1-6	12.32	12.29	12.34	7.49	7.52	7.52	18.00	245.36	9.54	
	GEXP1-10	12.33	12.27	12.42	7.48	7.48	7.39	18.00	283.79	11.19	
	GEXP1-11	12.30	12.31	12.38	7.53	7.44	7.42	18.00	316.51	12.44	
	GEXP1-12	12.33	12.35	12.50	7.43	7.58	7.54	18.00	303.77	11.71	
									DESV. EST	0.97	
									CV	8.58	

Fuente: Elaboración Propia

- Para calcular el promedio de f' b se ha corregido por desviación estándar.

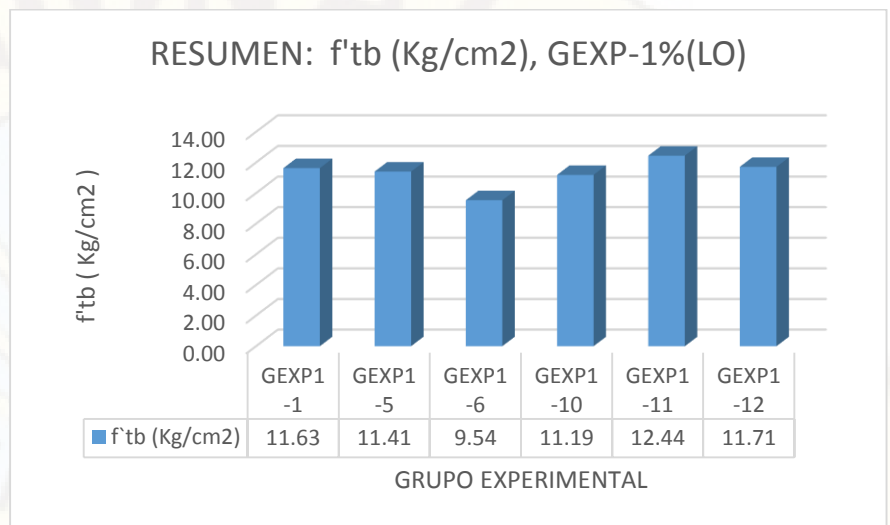


Figura 69: Comparación de resistencia a tracción por flexión de ladrillos del GEXP: 1%(LO).

- Para calcular el promedio de f'_{tb} se ha corregido por desviación estándar.

La resistencia a flexión (f'_{tb}) que representa el valor promedio de la resistencia para el 100% de los especímenes ensayados, se presenta a continuación:

Tabla 88. Resistencia final de los ladrillos a tracción por flexión.

Tratamiento	Peso promedio (grs)	Resistencia a flexión (f'_{tb}) (Kg/cm ²)
T1: GC-0%(LO)	3243.33	4.86
T2: GEXP-1%(LO)	3048.33	11.32

Fuente: Elaboración Propia

Para una mejor interpretación de los resultados se muestra el siguiente gráfico, donde se observa con mayor detalle.

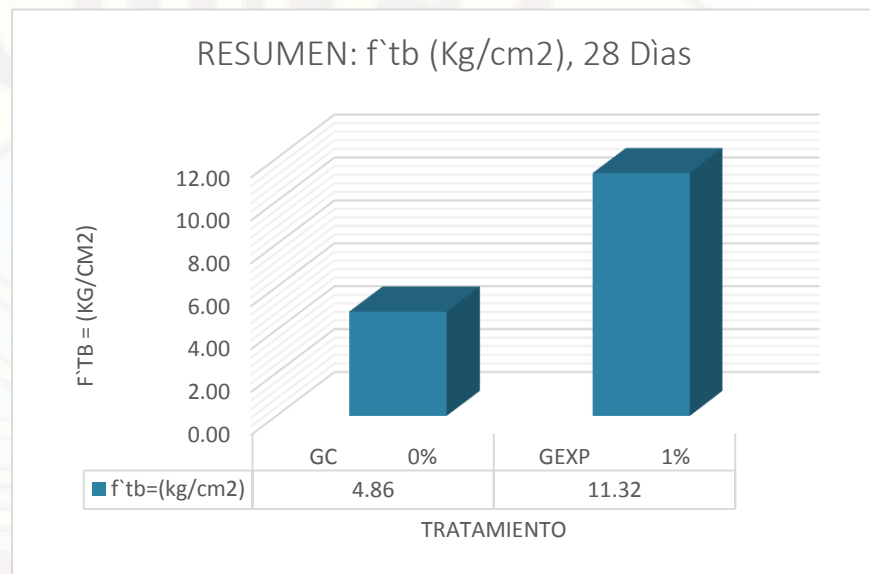


Figura 70. Resumen de comparación del ensayo de resistencia a tracción por flexión (f'_{tb}) de los ladrillos a los 28 días.

4.1.13 Determinación de la densidad de los ladrillos.

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad y sus otras propiedades.

Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor de la densidad como un criterio que permite de una manera simple, mediante ensayos fáciles de efectuar prácticamente en cualquier lugar, evaluar la calidad de ladrillo con que se cuenta.

Para el ensayo de densidad se basó en la norma "**ASTM C 1185-08(2016)**, *Métodos de prueba estándar para el muestreo y prueba de unidades de albañilería de fibrocemento, tejados y tejas, y tablillas*".

El resultado del ensayo de densidad de cada tratamiento (T), corresponde el promedio de los tres ladrillos ensayadas a los 28 días de curado a temperatura ambiente.

Tabla 89. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de densidad

Tratamiento	Nomenclatura	N° de ladrillos
T1	GC-0%	3U
T2	GEXP-1%	3U
Total		6U

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos para el ensayo de densidad de los ladrillos.

- ✓ Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.
- ✓ Vernier de 30 cm de longitud.

Procedimiento a seguir para el ensayo de densidad de los ladrillos con (LO).

- ✓ Se calientan los ladrillos en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose el peso seco de los ladrillos.



Fotografía 111. Muestras de ladrillos en horno para el ensayo.

- ✓ Se registra el peso de los ladrillos luego de sacar del horno y haber sido enfriado durante 2 horas a temperatura ambiente obteniéndose el peso seco de los ladrillos (PS).



Fotografía 112. Pesando los ladrillos luego de secar en el horno durante 24 horas.

- ✓ Se selecciona las muestras de forma aleatoria para el ensayo de densidad.
- ✓ Se toma las dimensiones con un vernier con una precisión de mm en todas las caras de las probetas obteniéndose el volumen (V) de los ladrillos.



Fotografía 113. Tomando las dimensiones de las probetas para ensayo de densidad.

- ✓ Se procede a realizar los cálculos respectivos según la formula siguiente:

La densidad será:

$$D = \frac{PS}{V}$$

En donde: D: es la densidad del espécimen (grs/cm³).

PS: es el peso seco de las probetas (grs).

V: es el volumen de las probetas en (cm³)

Se indica como densidad al promedio de los valores obtenidos para cada tratamiento en (g/cm³) con dos decimales.

4.1.13.1 Resultados de ensayo de densidad de Ladrillos de suelo-cal y (LO):

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 90. Cuadro de resumen del ensayo de densidad para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).

% DE FIBRA	MUESTRA	DIMENSIONES (cm)									VOLUMEN (cm3)	PESO EN CONDICIONES NORMALES (gr)	DENSIDAD (gr/cm3)	PROMEDIO DENSIDAD (gr/cm3)
		ANCHO			LARGO			ALTURA						
		A1	A2	A3	L1	L2	L3	H1	H2	H3				
GC-0%	CG-01	12.39	12.37	12.41	21.86	21.90	21.91	7.58	7.62	7.64	1848.866	3250.00	1.758	1.682
	GC-02	12.43	12.39	12.32	21.92	21.90	21.96	7.67	7.56	7.64	1853.370	3235.00	1.745	
	CG-03	12.35	12.29	12.29	21.86	21.87	21.78	7.59	7.51	7.50	2069.493	3190.00	1.541	
	GC-04	12.38	12.39	12.40	21.92	22.00	21.92	7.62	7.60	7.61	2119.229	3270.00	1.543	
	CG-05	12.27	12.42	12.28	21.88	21.89	22.02	7.62	7.60	7.54	2104.385	3235.00	1.537	
	GC-06	12.32	12.33	12.32	21.79	21.79	21.76	7.60	7.72	7.70	1843.540	3280.00	1.779	
GEXP-1%	GE1-01	12.44	12.28	12.30	21.90	21.88	21.89	7.60	7.55	7.58	2095.257	3065.00	1.463	1.541
	GE1-02	12.32	12.30	12.28	21.98	21.93	21.90	7.60	7.62	7.58	2108.984	3075.00	1.458	
	GE1-03	12.24	12.23	12.30	21.72	21.70	21.76	7.50	7.50	7.48	1779.449	3030.00	1.703	
	GE1-04	12.24	12.18	12.31	21.65	21.68	21.68	7.51	7.50	7.49	2027.567	3030.00	1.494	
	GE1-05	12.33	12.28	12.25	21.91	21.86	21.85	7.40	7.52	7.53	2056.136	3025.00	1.471	
	GE1-06	12.32	12.29	12.34	21.95	21.94	21.98	7.49	7.52	7.52	1814.951	3065.00	1.689	

Fuente: Elaboración Propia

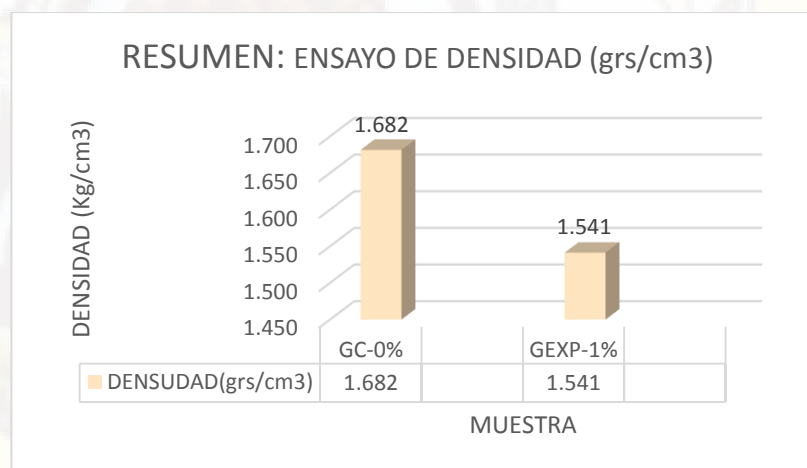


Figura 71. Resumen del ensayo de densidad para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).

4.1.14 Ensayo de porcentaje de absorción.

El porcentaje de absorción se calcula para determinar la porosidad de los ladrillos, mientras más elevada sea el % de absorción será más porosa y por tanto menos resistente al interperismo. El límite máximo de absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22% según la NTP E-070.

El ensayo para determinar el porcentaje de absorción de los tratamientos (T) de los ladrillos fue realizado de acuerdo a la norma **“ITINTEC 331.018-1978”** y **NTP 399.613 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, métodos de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería”**.

El resultado del ensayo de absorción de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de los ladrillos ensayados a los 28 días de curado a temperatura ambiente.

Tabla 91. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de absorción.

Tratamiento	Nomenclatura	N° de ladrillos
T1	GC-0%	3U
T2	GEXP-1%	3U
Total		6U

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos para el ensayo de absorción

- ✓ Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.
- ✓ Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.

- ✓ Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Procedimiento para el ensayo de absorción de los ladrillos con (LO):

- ✓ Se seleccionan los ladrillos aleatoriamente de ambos tratamientos a ser ensayadas.



Fotografía 114. Selección de ladrillo para el ensayo.

- ✓ Se introducen los ladrillos en el horno entre 110°C y 115°C durante 24 horas, se retiran los especímenes y se deja enfriar durante 4 horas a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose el peso seco (PS) de los ladrillos.



Fotografía 115. Introduciendo los ladrillos al horno durante 24 h.

NOTA. - Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.



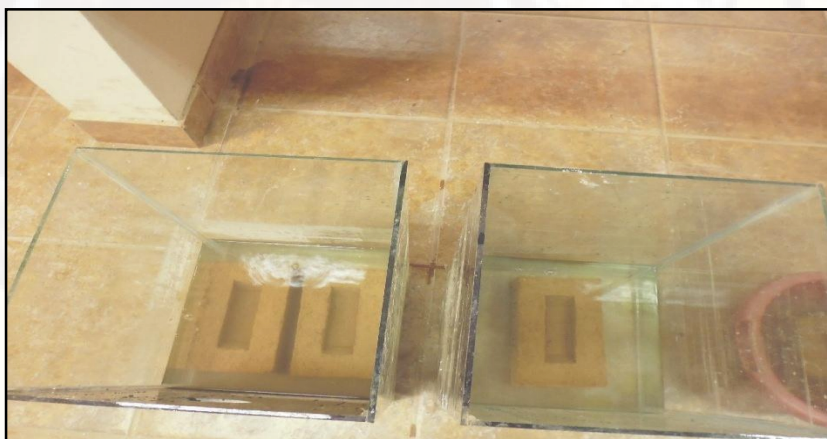
Fotografía 116. Pesando los ladrillos después de enfriar a temperatura ambiente.

- ✓ Se introducen los especímenes secos en un recipiente lleno de agua, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 horas.



Fotografía 117. Introducción de los ladrillos al recipiente con agua.

- ✓ Transcurrido el lapso indicado, se retiran los especímenes del baño, secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan obteniéndose (PSM).



Fotografía 118. Ladrillos sumergidos durante 24 horas.

- ✓ Los especímenes deben pesarse dentro de los 5 min a partir del instante en que se extraen del recipiente.



Fotografía 119. Ladrillos retirados del agua del GEXP-1%(LO).



Fotografía 120. Ladrillos después de sumergido 24 h del GC-0%(LO).

El contenido de agua absorbida se calcula con la ecuación siguiente:

$$A = \frac{(PSM - PS) * 100}{PS}$$

Dónde: A es el contenido de agua absorbida, (%).

PS es la masa del espécimen seco, (grs).

PSM es la masa del espécimen saturado luego de 24 h de inmersión en agua fría, (grs).

Se indica como absorción de los ladrillos al promedio de las tres muestras ensayadas para cada tratamiento (T).

4.1.14.1 Resultado de ensayo de porcentaje de absorción de ladrillos con

(LO).

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 92. Cuadro de resumen del ensayo de absorción para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).

% DE FIBRA	MUESTRA	PESO TARA (gr)	PESO SATURADO + TARA (gr)	PESO SECO + TARA (gr)	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO ABSORCIÓN (%)
GC-0%	GC-11	No se pudo registrar los datos porque a los 24 h de haber sido sumergido los ladrillos se desparramaron impidiendo el registro de los datos.				3235.00	31.05	31.050
	GC-13					3265.00	31.05	
	GC-17					3290.00	31.05	
GEXP-1%	GE1-02	617.60	4325.00	3692.60	3707.40	3075.00	20.57	21.194
	GE1-13	498.59	4265.00	3568.59	3766.41	3070.00	22.68	
	GE1-16	592.79	4305.00	3677.79	3712.21	3085.00	20.33	

Fuente: Elaboración Propia.

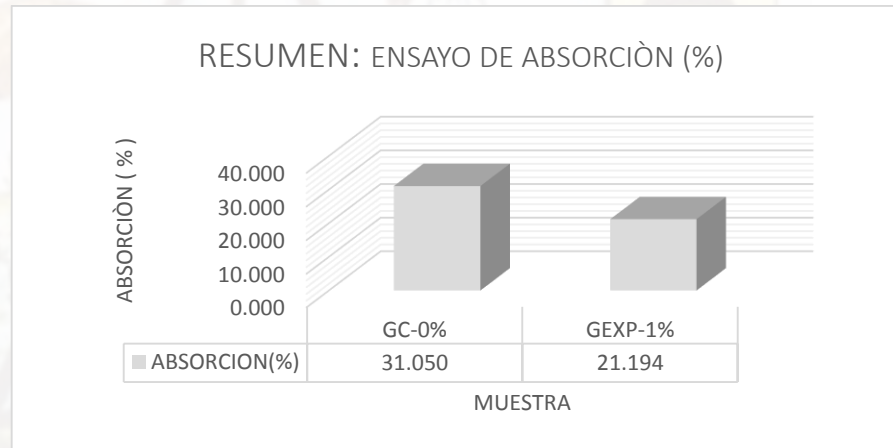


Figura 72. Resumen del ensayo de absorción para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).

- Como puede verse en la tabla N° 92 los ladrillos del GC-0%(LO) no cuenta con datos porque a los 24 h de haber sido sumergidos perdieron consistencia y desmoronándose en el agua.
- La absorción para GC-0%(LO) se calculó teniendo en cuenta el contenido de agua a la hora de amasado de los ladrillos adicionándolo a este valor el contenido de humedad del suelo a la hora de mezclado.

4.1.15 Ensayo de la Resistencia a la Erosión Acelerada.

Con este ensayo lo que se pretende estudiar es el comportamiento de los ladrillos a la erosión de su superficie ocasionada por el contacto continuo de gotas de agua en una de las caras de las unidades de los tratamientos, simulando las consecuencias de una lluvia fuerte y prolongada. De esta forma se podría comparar los resultados en cada uno de los tratamientos (T), verificando cuál de los tratamientos resulta más erosionable.

Para el ensayo se tuvo como guía lo establecido en la UNE 41410:2008, Basado en el ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET). Según (Mosquera González, 2016) citado por Vera (2017.p.73).

El resultado del ensayo de erosión acelerada de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de tres ladrillos ensayados a los 28 días de curado a temperatura ambiente.

Tabla 93. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de erosión acelerada.

Tratamiento	Nomenclatura	N° de ladrillos
T1	GC-0%	3U
T2	GEXP-1%	3U
Total		6U

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos para el ensayo de erosión acelerada.

- ✓ Equipo de Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET).
- ✓ Cronometro.
- ✓ Recipientes de agua.
- ✓ Vernier.
- ✓ Varilla de acero de 3mm de diámetro.

Procedimiento a seguir para el ensayo de erosión acelerada de los ladrillos.

- ✓ Para este ensayo se comenzó seleccionando los especímenes de los diferentes tratamientos (T) de manera aleatoria, las cuales fueron curadas durante 28 días antes del ensayo. Este ensayo se basa en la Norma Española UNE 41410:2008 “**Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques**” según la norma se debe ensayar al menos 2 unidades como mínimo. En este caso usamos 3 unidades por cada tratamiento (T).



Fotografía 121. Se selecciona los ladrillos para el ensayo de erosión acelerada de forma aleatoria.

- ✓ Se instala el equipo de SAET (Figura N° 03) a un grifo de agua para poder tener un caudal constante que pueda ingresar al equipo, se coloca en la base del equipo una madera con 27° de inclinación.



Fotografía 122. Instalando el equipo SAET.

- ✓ Se coloca la unidad de los especímenes en las marcas referidas de la tabla, con inclinación de 27° , se abre la cañería y se inicia el ensayo tomando control del tiempo.

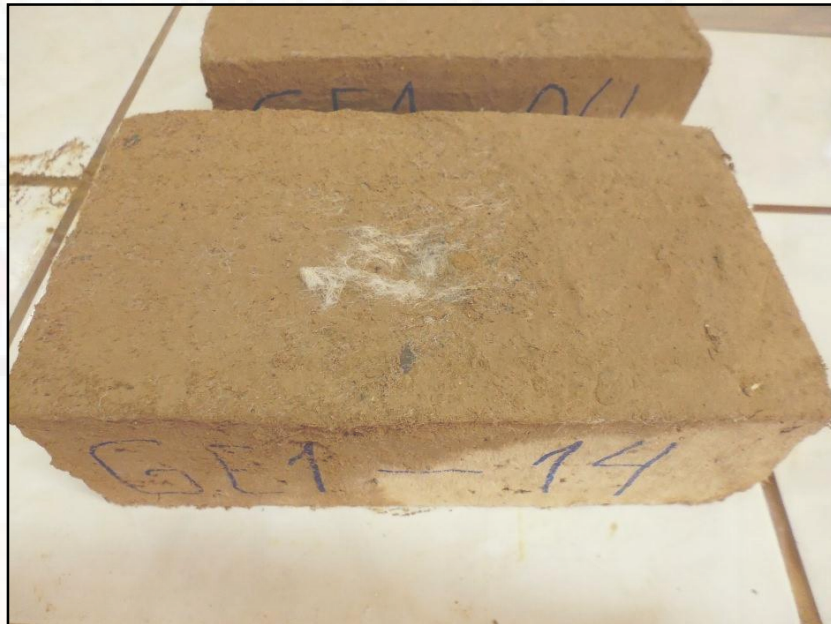


Fotografía 123. Ensayo a erosión acelerada del GEXP-1%(LO).



Fotografía 124. Ensayo a erosión acelerada del GC-0%(LO).

- ✓ Al transcurrir los 10 minutos se retiran los especímenes y se deja orear por un periodo de 5 minutos. Luego se procede a medir la oquedad que deja el ensayo en los ladrillos con la ayuda de una varilla de 3 mm de diámetro.



Fotografía 125. Ladrillos oreando después del ensayo.



Fotografía 126. Midiendo la oquedad de los ladrillos GEXP-1%(LO).



Fotografía 127. Ensayo de erosión acelerada en GC-0%(LO).

4.1.15.1 Resultado de ensayo de erosión acelerada en probetas.

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 94. Cuadro de resumen del ensayo de erosión acelerada para GC- 0%(LO) y GEXP-1%(LO).

MUESTRA EXPERIMENTAL	MUESTRA	TIEMPO DE PRUEBA EN (min)	SOCAVACIÓN (mm)	SOCAVACIÓN PROMEDIO (mm)
GC-0%	CG-04	10 minutos	3.40	4.73
	CG-13		4.10	
	CG-15		6.70	
GEXP-1%	GE1-04	10 minutos	7.30	7.73
	GE1-11		8.10	
	GE1-14		7.80	

Fuente: Elaboración Propia.

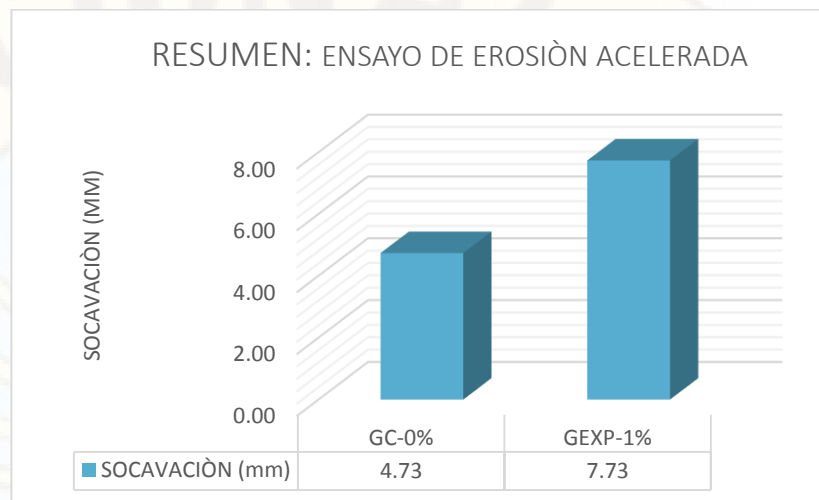


Figura73. Resumen del ensayo de erosión acelerada para GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).

4.1.16 Determinación del contenido de humedad de los ladrillos.

La importancia de determinar el contenido de agua que presenta un suelo representa una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en suelos arcillosos), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica, etc.

Con este ensayo lo que se pretende estudiar la variación de la humedad con el tiempo de curado y la mejora de sus propiedades tanto físicas como mecánicas de los especímenes para los diferentes tratamientos (T).

Para el diseño de este ensayo, se tuvo como guía lo establecido en la **NTP 339.127 y ASTM D 2216 “Metodo de ensayo para determinar el Contenido de humedad de un suelo”**.

El resultado del ensayo de contenido de humedad de cada tratamiento (T), corresponde el promedio de tres muestras por tratamiento (T) ensayadas a los 28 días de CURADO a temperatura ambiente.

Tabla 95. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de contenido de humedad.

Tratamiento	Nomenclatura	N° de ladrillos
T1	GC-0%	3U
T2	GEXP-1%	3U
Total		6U

Fuente: Elaboración Propia.

Equipo para el ensayo de contenido de humedad.

- ✓ Balanza con capacidad no menor de 4 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,01 g.
- ✓ Taras codificadas para cada tratamiento (T).
- ✓ Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Procedimiento para el ensayo

- ✓ Se codifico y peso las taras que contendrán las diferentes muestras tanto los del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).



Fotografía 128. Pesando el recipiente donde contendrá la muestra.

- ✓ Extraemos las muestras de la parte central de los ladrillos.
- ✓ Introducimos las muestras a las taras ya codificadas para cada tratamiento (T).
- ✓ Introducimos las muestras al horno con una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24hr.



Fotografía 129. Introduciendo en el horno de la muestra de los ladrillos.

- ✓ Después de 24 horas de secar la muestra en el horno se extrajo y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y luego pesamos y obtenemos el % de contenido de humedad.



Fotografía 130. Peso de las muestras después de retirarse del horno.

$$w(\%) = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso seco}} = \frac{wh - ws}{ws}$$

Dónde: $w(\%)$ = Contenido de Humedad (%)

wh = Peso de la muestra húmeda (grs)

ws = Peso de la muestra seco (grs)

4.1.16.1 Resultado de ensayo de contenido de humedad de ladrillos con (LO):

Las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 96. Cuadro de resultados del ensayo de contenido de humedad para todos los tratamientos GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).

% DE FIBRA	MUESTRA	DESCRIPCIÓN						
		PESO TARA (gr)	PESO TARA + MUESTRA HUMEDAD (gr)	PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	PESO MUESTRA HUMEDAD (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)	CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO (%)
GC-0%	M0-1	28.46	47.03	44.95	18.57	16.49	12.61	11.68
	M0-2	28.37	39.59	38.48	11.22	10.11	10.98	
	M0-3	28.53	59.27	56.11	30.74	27.58	11.46	
GEXP-1%	M1-1	29.42	46.93	44.83	17.51	15.41	13.63	14.09
	M1-2	28.47	37.18	36.14	8.71	7.67	13.56	
	M1-3	28.60	48.76	46.12	20.16	17.52	15.07	

Fuente: Elaboración Propia

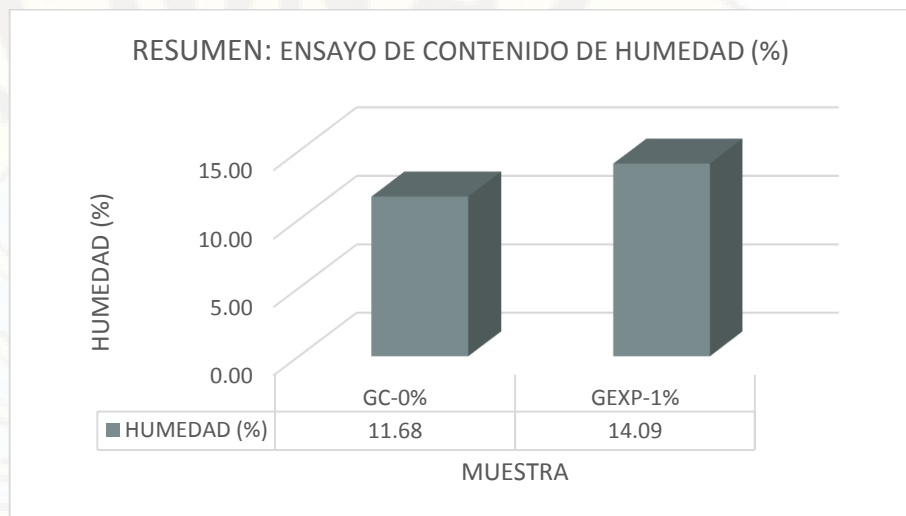


Figura 74. Resumen de contenido de humedad para GC-0%(LO) y GEXP- 1%(LO).

4.1.17 Determinación de la Variación dimensional de los ladrillos.

La importancia de determinar la variación dimensional en los ladrillos es ver el comportamiento del suelo arcilloso con la variación de la humedad.

Con este ensayo lo que se pretende estudiar es la variación de sus propiedades físicas (forma, apariencia, ect) de los ladrillos por la pérdida de agua por el tiempo de curado.

Para el diseño de este ensayo, se tuvo como guía lo establecido en la **NTP 339.613-2005 “Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla cocida usados en albañilería”**.

El resultado del ensayo de variación dimensional de cada tratamiento (T), corresponde al promedio de 08 muestras por tratamiento (T) ensayadas a los 28 días de curado a temperatura ambiente y seleccionada de forma aleatoria.

Tabla 97. Cuadro de Número de ladrillos para ensayo de variación dimensional.

Tratamiento	Nomenclatura	N° de ladrillos
T1	GC-0%	8U
T2	GEXP-1%	8U
Total		16U

Fuente: Elaboración Propia.

Equipo para el ensayo de variación dimensional de ladrillos.

- ✓ Regla graduada al milímetro de 300mm de longitud
- ✓ Vernier de 30 cm de longitud.

Procedimiento para el ensayo de variación dimensional de ladrillos con (LO).

- ✓ Se selecciona las muestras a ser pensadas de forma aleatoria.



Fotografía 131. Seleccionando los ladrillos para el ensayo.

- ✓ Se mide en cada espécimen el largo, ancho y alto, con la precisión de 1mm.

Cada medida se obtiene como promedio de las medidas entre los puntos

medios de los bordes terminales de cada cara, Tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).



Fotografía 132. Tomando medias a los ladrillos del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO).

✓ Se calcula la variación dimensional con la siguiente formula:

$$\%Vl = \frac{LN - LP}{LN} \times 100\%$$

Dónde: %vl = Variación Dimensional (%)

LN = Longitud Nominal (cm)

LP = Longitud Promedio (cm)

4.1.17.1 Resultado de ensayo de variación dimensional de ladrillo con (LO).

Los cuales se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 98. Cuadro de resultados del ensayo de variación dimensional para todos los tratamientos GC-0%(LO).

MUESTRA	VARIACIÓN DIMENSIONAL (LONGITUD)						VARIACIÓN DIMENSIONAL (ANCHO)						VARIACIÓN DIMENSIONAL (ALTURA)					
	LONGITUD (cm)					%VL	ANCHO (cm)					%VA	ALTURA (cm)					%VH
	L1	L2	L3	L4	L (prom)		A1	A2	A3	A4	A (prom)		H1	H2	H3	H4	H (prom)	
GC-01	21.69	21.68	21.63	21.66	21.67	5.80	12.22	12.23	12.21	12.22	12.22	6.00	7.50	7.62	7.60	7.60	7.58	5.25
GC-02	21.76	21.77	21.72	21.68	21.73	5.51	12.25	12.19	12.23	12.19	12.22	6.04	7.49	7.41	7.38	7.40	7.42	7.25
GC-03	21.68	21.69	21.70	21.62	21.67	5.77	12.28	12.29	12.31	12.30	12.30	5.42	7.52	7.50	7.56	7.51	7.52	5.97
GC-04	21.76	21.70	21.68	21.61	21.69	5.71	12.17	12.32	12.28	12.28	12.26	5.67	7.52	7.50	7.45	7.44	7.48	6.53
GC-05	21.66	21.61	21.69	21.74	21.68	5.76	12.22	12.27	12.23	12.21	12.23	5.90	7.48	7.52	7.50	7.54	7.51	6.13
GC-06	21.62	21.62	21.60	21.70	21.64	5.93	12.22	12.24	12.26	12.22	12.24	5.88	7.44	7.39	7.35	7.57	7.44	7.03
GC-07	21.58	21.62	21.67	21.69	21.64	5.91	12.12	12.23	12.20	12.12	12.17	6.40	7.50	7.51	7.48	7.50	7.50	6.28
GC-08	21.54	21.67	21.70	21.53	21.61	6.04	12.70	12.28	12.50	12.30	12.45	4.27	7.38	7.29	7.31	7.42	7.35	8.13
	PROMEDIO				21.66	5.81		PROMEDIO			12.26	5.70		PROMEDIO			7.47	6.57

LONG NOMINAL(cm) =	23.00
VAR_DNAL_PROM(%VL) =	21.66
VAR_DNAL(LONG)(%) =	5.81

LONG NOMINAL(cm) =	13.00
VAR_DNAL_PROM(%VL) =	12.26
VAR_DNAL(ANCHO)(%) =	5.70

LONG_NOMINAL(cm) =	8.00
VAR_DNAL_PROM(%VL) =	7.47
VAR_DNAL(ALTURA)(%) =	6.57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99. Cuadro de resultados del ensayo de variación dimensional para todos los tratamientos GEXP-1%(LO).

MUESTRA	VARIACIÓN DIMENSIONAL (LONGITUD)						VARIACIÓN DIMENSIONAL (ANCHO)						VARIACIÓN DIMENSIONAL (ALTURA)					
	LONGITUD (cm)					%VL	ANCHO (cm)					%VA	ALTURA (cm)					%VH
	L1	L2	L3	L4	L (prom)		A1	A2	A3	A4	A (prom)		H1	H2	H3	H4	H (prom)	
GE1-01	21.90	21.88	21.90	21.89	21.89	4.82	12.54	12.48	12.56	12.53	12.53	3.63	7.68	7.72	7.78	7.75	7.73	3.34
GE1-02	21.92	21.90	21.98	21.96	21.94	4.61	12.55	12.59	12.62	12.59	12.59	3.17	7.69	7.71	7.72	7.69	7.70	3.72
GE1-03	21.92	22.00	21.90	21.92	21.94	4.63	12.68	12.66	12.72	12.70	12.69	2.38	7.68	7.75	7.74	7.77	7.74	3.31
GE1-04	21.97	21.99	22.12	22.02	22.03	4.24	12.68	12.72	12.70	12.72	12.71	2.27	7.72	7.75	7.76	7.74	7.74	3.22
GE1-05	21.95	21.94	21.99	21.98	21.97	4.50	12.64	12.67	12.74	12.72	12.69	2.37	7.68	7.72	7.79	7.74	7.73	3.34
GE1-06	22.02	21.92	21.98	21.96	21.97	4.48	12.62	12.68	12.68	12.71	12.67	2.52	7.74	7.79	7.74	7.77	7.76	3.00
GE1-07	21.98	22.05	21.96	21.97	21.99	4.39	12.64	12.69	12.69	12.67	12.67	2.52	7.69	7.71	7.70	7.73	7.71	3.66
GE1-08	22.00	21.99	21.97	21.93	21.97	4.47	12.72	12.58	12.68	12.63	12.65	2.67	7.68	7.69	7.74	7.72	7.71	3.66
	PROMEDIO				21.96	4.52		PROMEDIO			12.65	2.69		PROMEDIO			7.73	3.41

LONG NOMINAL (cm) =	23.00
VAR_DNAL_PROM(%VL) =	21.96
VAR_DNAL(LONG)(%) =	4.52

LONG NOMINAL (cm) =	13.00
VAR_DNAL_PROM(%VL) =	12.65
VAR_DNAL(ANCHO)(%) =	2.69

LONG NOMINAL (cm) =	8.00
VAR_DNAL_PROM(%VL) =	7.73
VAR_DNAL(ALTURA)(%) =	3.41

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Discusión

4.2.1 Análisis Estadístico

1. ETAPA I (probetas).

Se realizó una comparación múltiple apriori para saber qué tratamiento (T) es el más adecuado desde el punto de vista tanto de sus propiedades mecánicas como físicos y económicos, para poder elaborar los ladrillos.

La comparación múltiple que se realizó fue la de TUKEY (Diferencia Honestamente Significativa) ya que se desea comparar las medias de varios tratamientos y saber que tratamientos son significativamente diferentes.

Para el análisis de varianza se utilizó los datos de resistencia a compresión alcanzada a los 28 días.

Tabla 100. Resistencia a compresión en probetas.

MUESTRA	ENSAYO A COMPRESIÓN (f^b (Kg/cm ²)) A LOS 28 DÍAS					
	TRATAMIENTOS (T)					
	T1-1%(LO)	T2-3%(LO)	T3-4%(LO)	T4-6%(LO)	T5-9%(LO)	T6-12%(LO)
GEXP1	19.38	34.74	26.47	20.19	17.38	13.97
GEXP2	21.65	20.86	21.74	21.81	18.35	14.16
GEXP3	18.97	21.60	20.07	20.10	19.30	14.89
GEXP4	28.57	19.95	29.32	21.92	23.58	17.52
GEXP5	21.65	21.70	22.25	23.36	20.60	14.13
GEXP6	22.40	21.04	23.73	20.07	19.03	13.02

Dato: LO = Lana de Ovino

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101. Resultado de datos estadísticos descriptivos de resistencia a compresión a los 28 días.

MUESTRA	N	MEDIA	ERROR EST. MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	MÁXIMO	MÍNIMO
T1-1%(LO)	6	22.10	1.41	3.45	28.57	18.97
T2-3%(LO)	6	23.31	2.30	5.63	34.74	19.95
T3-4%(LO)	6	23.93	1.39	3.41	29.32	20.07
T4-6%(LO)	6	21.24	0.549	1.346	23.36	20.07
T5-9%(LO)	6	19.71	0.888	2.174	23.58	17.38
T6-12%(LO)	6	14.61	0.630	1.544	17.52	13.02

Fuente: Elaboración propia

Comparaciones en parejas de Tukey: T1-1%, T2-3%, T3-4%, T4-6%, T5-9%, T6-12%.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 102. Resultado de comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
T3-4%	6	23.93	A
T2-3%	6	23.31	A
T1-1%	6	22.10	A
T4-6%	6	21.24	A
T5-9%	6	19.71	A B
T6-12%	6	14.61	B

Dato: Resultados de Minitab v-17 (Con una confianza de 95%).

Fuente: Elaboración propia.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 103. Pruebas simultaneas de Tukey para diferencia de las medias.

Diferencia de Niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor P ajustado
T2-3% - T1-1%	1.21	1.89	(-4.53, 6.95)	0.64	0.987
T3-4% - T1-1%	1.83	1.89	(-3.91, 7.57)	0.97	0.925
T4-6% - T1-1%	-0.86	1.89	(-6.60, 4.88)	-0.46	0.997
T5-9% - T1-1%	-2.39	1.89	(-8.13, 3.35)	-1.27	0.799
T6-12% - T1-1%	-7.49	1.89	(-13.23, -1.75)	-3.97	0.005
T3-4% - T2-3%	0.62	1.89	(-5.12, 6.36)	0.33	0.999
T4-6% - T2-3%	-2.07	1.89	(-7.81, 3.67)	-1.10	0.878
T5-9% - T2-3%	-3.61	1.89	(-9.34, 2.13)	-1.91	0.416
T6-12% - T2-3%	-8.70	1.89	(-14.44, -2.96)	-4.61	0.001
T4-6% - T3-4%	-2.69	1.89	(-8.43, 3.05)	-1.42	0.713
T5-9% - T3-4%	-4.22	1.89	(-9.96, 1.52)	-2.24	0.252
T6-12% - T3-4%	-9.32	1.89	(-15.06, -3.58)	-4.94	0.000
T5-9% - T4-6%	-1.53	1.89	(-7.27, 4.21)	-0.81	0.963
T6-12% - T4-6%	-6.63	1.89	(-12.37, -0.89)	-3.51	0.016
T6-12% - T5-9%	-5.10	1.89	(-10.84, 0.64)	-2.70	0.105

Dato: Resultados de Minitab v-17 (Nivel de confianza individual = 99.51%)

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de Minitab v-17 en la TABLA N° 102, podemos observar que los tratamientos (T): T3, T2, T1 y T4 son significativamente diferentes del T6, mientras que el T5 pertenece a ambos grupos por lo cual podemos concluir que el tratamiento (T) más óptimo son aquellos tratamientos que se encuentra en el grupo “A”, Por lo cual para elegir el tratamiento (T) optimo se tuvo que hacer un análisis económico.

Entonces podemos concluir del test de Tukey que el T1-1%(LO) tiene una media de 22.10 que es menor al T3-4%(LO)=23.93, Pero analizando desde el punto de vista económico y teniendo presente los

demás ensayos se optó por el tratamiento T1-1%(LO) para la elaboración de las unidades de albañilería (ladrillos).

2. ETAPA II (Ladrillos).

Para realizar el análisis estadístico de la influencia de la lana de ovino (LO) en ladrillos de tierra es necesario identificar la hipótesis general planteada en el presente trabajo de investigación y plantear una hipótesis nula (H_0), las cuales son las siguientes:

H_0 = *La adición de lana de ovino no influye favorable y significativamente en Ladrillos de tierra estabilizadas para muros de albañilería en el Distrito, Provincia, de Huancavelica en el año 2018.*

H_a = *La adición de lana de ovino influye favorable y significativamente en Ladrillos de tierra estabilizadas para muros de albañilería en el Distrito, Provincia, de Huancavelica en el año 2018.*

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño completamente al azar (DCA), en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos: Para el análisis de varianza se utilizaron los datos de las propiedades mecánicas de los ladrillos alcanzada a los 28 días de curado a temperatura ambiente.

➤ **Ensayo a compresión.**

Tabla 104. Cuadro de datos de resistencia a compresión de ladrillos.

ENSAYO A COMPRESIÓN ($f'b$ (Kg/cm ²), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	$f'b$ (Kg/cm ²)	MUESTRA	$f'b$ (Kg/cm ²)
GC-02	27.19	GEXP1-03	35.76
GC-03	26.32	GEXP1-07	38.59
GC-05	30.50	GEXP1-08	36.29
GC-07	31.50	GEXP1-09	41.34
GC-08	26.73	GEXP1-15	39.49
GC-11	29.24	GEXP1-17	33.78

Dato: LO = Lana de Ovino

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 105. Resultado de datos estadísticos descriptivos de resistencia a compresión a los 28 días.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
GC-0%	6	171.47	28.58	4.62
GEX-1%	6	225.26	37.54	7.64

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 106. Análisis de varianza (ANOVA - Compresión) a los 28 días.

Fuente de variación	SC Ajust.	GL	MC Ajust.	Valor F	valor P	Valor crítico F
Entre grupos	241.06	1	241.062	39.312	9.262E-05	4.965
Dentro de los grupos	61.32	10	6.132			
Total	302.38	11				

Dato: Resultados de Minitab v-17 (Nivel de significancia $\alpha = 0.05$)

Fuente: Elaboración propia.

Como F calculada es mayor que F crítico (tabulado), se establece que si hay diferencias entre los tratamientos.

Así también como la probabilidad es menor al 0.05 de significancia, se establece que si hay una diferencia entre estos tratamientos.

Por tanto, podemos decir que si hay una diferencia significativa en la característica mecánica a compresión ($f'b$) entre los tratamientos estudiados.

Por lo cual, se procedió a realizar una comparación de medias haciendo el uso del Test de Dunnett porque se está trabajando con un grupo control (GC-0%(LO)), con 5% de significancia, para demostrar la diferencia significativa entre los promedios de las resistencias a compresión encontradas para cada tratamiento.

Tabla 107. Pruebas simultaneas de Dunnett para diferencia de las medias.

Factor	N	Media	Agrupación
GC-0% (Control)	6	28.579	A
GEXP-1%	6	37.543	*

Dato: Resultados de Minitab v-17 (Nivel de confianza individual = 95.00%)

Fuente: Elaboración propia.

(*) Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

➤ **Ensayo a flexión.**

Tabla 108. Cuadro de datos de resistencia a tracción por flexión de ladrillos.

ENSAYO A FLEXIÓN (f'_{tb} (Kg/cm ²), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	f'_{tb} (Kg/cm ²)	MUESTRA	f'_{tb} (Kg/cm ²)
GC-4	4.83	GEXP1-1	11.63
GC-6	5.35	GEXP1-5	11.41
GC-7	4.12	GEXP1-6	9.54
GC-10	5.66	GEXP1-10	11.19
GC-13	4.45	GEXP1-11	12.44
GC-15	4.76	GEXP1-12	11.71

Dato: LO = Lana de Ovino

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 109. Resultado de datos estadísticos descriptivos de resistencia a flexión a los 28 días.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
GC-0%	6	29.17	4.862	0.32
GEX-1%	6	67.92	11.320	0.94

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 110. Análisis de varianza (ANOVA - Flexión) a los 28 días.

Fuente de variación	SC Ajust.	GL	MC Ajust.	Valor F	valor P	Valor crítico F
Entre grupos	125.13	1	125.130	198.299	6.405E-08	4.965
Dentro de los grupos	6.31	10	0.631			
Total	131.44	11				

Dato: Resultados de Minitab v-17 (Nivel de significancia $\alpha = 0.05$)

Fuente: Elaboración propia.

Como F calculada es mayor que F crítico (tabulado), se establece que si hay diferencias entre los tratamientos.

Así también como la probabilidad es menor al 0.05 de significancia, se establece que si hay una diferencia entre estos tratamientos.

Por tanto, podemos decir que si hay una diferencia significativa en la característica mecánica a flexión (f_{tb}) entre los tratamientos estudiados.

Por lo cual, se procedió a realizar una comparación de medias haciendo el uso del Test de Dunnett porque se está trabajando con un grupo control (GC-0%(LO)), con 5% de significancia, para demostrar la diferencia significativa entre los promedios de las resistencias a tracción por flexión encontradas para cada tratamiento.

Tabla 111. Pruebas simultaneas de Dunnett para diferencia de las medias.

Factor	N	Media	Agrupación
GC-0% (Control)	6	4.862	A
GEXP-1%	6	11.320	*

Dato: Resultados de Minitab v-17 (Nivel de confianza individual = 95.00%)

Fuente: Elaboración propia.

(*) Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

4.2.2 Análisis Económico.

Tabla 112. Presupuesto para la elaboración de ladrillos con (LO) por millar.

0105001 **"COSTO DE PRODUCCIÓN EN EL PROYECTO "USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLOS DE TIERRA ESTABILIZADAS PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO- PROVINCIA DE HUANCAMELICA-2018"**

Subpresupuesto 001 estructuras

Cliente UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

Lugar HUANCAMELICA, HUANCAMELICA, HUANCAMELICA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	PRESUPUESTO				428.05
1.01	EXTRACCIÓN DE MATERIAL	m3	3.2	13.61	43.55
1.02	DOSIFICACIÓN, MEZCLADO Y AMASADO	mll	1	360.75	360.75
1.03	MOLDEADO DE LAS UNIDADES	mll	1	20.62	20.62
1.04	CURADO DE LAS UNIDADES	mll	1	3.13	3.13
Costo Directo					428.05

Dato: Resultados del S10.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 113. Análisis de Costos Unitarios para la Partida de Extracción de Material.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS							
Presupuesto	0105001	"COSTO DE PRODUCCIÓN EN EL PROYECTO "USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLOS DE TIERRA ESTABILIZADAS PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA EN HUANCAMELICA"					
Subpresupuesto	001	estructuras					
Partida	01.01	(011101010201-0105001-01)			EXTRACCIÓN DE MATERIAL		
Rendimiento	Mes/Día	M0. 3.0000	MQ. 3.0000				
	Costo unitario directo por:	m3	13.61				
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de obra					13.61
101010005	PEÓN			hh	2.6701	3.13	8.36
		Materiales					
295010001	ARCILLA (MATERIA PRIMA)			m3	1.000	5.00	5.00
		Equipo					
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		0.25	0.25

Dato: Resultados del S10.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 114. Análisis de Costos Unitarios para las Partidas de Dosificación, Mezclado y Amasado.

Partida	01.01 (011101010301-0105001-01) DOSIFICACIÓN, MEZCLADO Y AMASADO					
Rendimiento	Mes/Día	M0. 1.0000	MQ. 1.0000			
	Costo unitario directo por:		mll	360.65		
Codigo	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					360.65
101010004	OFICIAL		hh	2.00	3.75	7.5
101010005	PEÓN		hh	4.00	3.13	12.52
	Materiales					20.02
296030001	CAL HIDRÁULICA x30 KILOS		sac	12.80	15.00	192.00
297010001	LAVADO DE LA FIBRA DE LANA		lbs	70.54	0.30	21.16
297020001	CORTADO DE LA FIBRA DE LANA		lbs	70.54	1.30	91.70
297030001	LANA DE OVINO		lbs	70.54	0.50	35.27
	Equipo					340.13
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.60	0.6

Dato: Resultados del S10.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 115. Análisis de Costos Unitarios para la partida de Moldeado.

Partida	01.01	(011101010401-0105001-01)	MOLDEADO DE LAS UNIDADES			
Rendimiento	Mes/Día	M0. 1.0000	MQ. 1.0000			
	Costo unitario directo por:		mll	20.62		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					20.62
101010004	OFICIAL		hh	2.00	3.75	7.5
101010005	PEON		hh	4.00	3.13	12.52
	Equipo					20.02
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.60	0.6

Dato: Resultados del S10.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 116. Análisis de Costos Unitarios para la partida de Curado de los ladrillos.

Partida	01.01	(011101010401-0105001-01)	CURADO DE LAS UNIDADES			
Rendimiento	Mes/Día	M0. 1.0000	MQ. 1.0000			
	Costo unitario directo por:		mll	3.13		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					3.13
101010005	PEÓN		hh	1.00	3.13	3.13

Dato: Resultados del S10.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Análisis Descriptivo.

4.2.3.1 Análisis descriptivos de las propiedades mecánicas de los ladrillos con (LO):

4.2.3.1.1 Resistencia a compresión (f^b):

- Se realizó la comparación del resultado de resistencia promedio, de cada tratamiento de los ladrillos con (LO), tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO), tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 117. Resistencia a compresión de los ladrillos.

ENSAYO A COMPRESIÓN (f^b (Kg/cm ²), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	f^b (Kg/cm ²)	MUESTRA	f^b (Kg/cm ²)
GC-02	27.19	GEXP1-03	35.76
GC-03	26.32	GEXP1-07	38.59
GC-05	30.50	GEXP1-08	36.29
GC-07	31.50	GEXP1-09	41.34
GC-08	26.73	GEXP1-15	39.49
GC-11	29.24	GEXP1-17	33.78
PROMEDIO	28.58	PROMEDIO	37.54

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar de la Tabla N° 117, la resistencia a compresión del tratamiento GEXP-1%(LO) obtiene mejores resultados, mejorando la resistencia en un **31.35%** con respecto al tratamiento GC-0%(LO), por lo que podemos decir que la incorporación en un 1%(LO) con respecto al peso seco del

suelo, incide significativamente en la resistencia a compresión en ladrillos de tierra estabilizados.

- Se realizará la comparación del resultado de resistencia a compresión promedio del tratamiento GEXP-1%(LO) con la resistencia a la compresión mínima que debe tener los ladrillos de arcilla cocida para fines estructurales según norma NTP E-070 y la resistencia a compresión promedio de los ladrillos King Kong artesanales que se utilizan en Huancavelica. tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 118. Condición de resistencia de los ladrillos según NTP E-070

MUESTRA	RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN (f' b) en (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A MÍNIMA SEGÚN NTP E-070 (f' b) en (Kg/cm ²)	CONDICIÓN
GEXP-1%(LO)	37.54	50.00	NO CUMPLE
KING KONG (ARTESANAL)	39.41 *		NO CUMPLE

(*): Resultados obtenidos de la tesis "Evaluación de las características estructurales de la albañilería con unidades fabricadas en la región Junín" pag N° 58.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.1.2 Resistencia a flexión (f' tb):

- Se realizó la comparación del resultado de resistencia a flexión promedio, de cada tratamiento de los ladrillos con (LO), tanto

del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO), tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 119. Resistencia a flexión de los ladrillos.

ENSAYO A FLEXIÓN (f_{tb} (Kg/cm ²), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	f_{tb} (Kg/cm ²)	MUESTRA	f_{tb} (Kg/cm ²)
GC-4	4.83	GEXP1-1	11.63
GC-6	5.35	GEXP1-5	11.41
GC-7	4.12	GEXP1-6	9.54
GC-10	5.66	GEXP1-10	11.19
GC-13	4.45	GEXP1-11	12.44
GC-15	4.76	GEXP1-12	11.71
PROMEDIO	4.86	PROMEDIO	11.32

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar de la Tabla N° 119, la resistencia a flexión del tratamiento GEXP-1%(LO) obtiene mejores resultados, mejorando la resistencia en un **132.92%** con respecto al tratamiento GC-0%(LO), por lo que podemos decir que la incorporación en un 1%(LO) con respecto al peso seco del suelo, incide significativamente en la resistencia a flexión en ladrillos de tierra estabilizados.

- Se realizó la comparación del resultado de resistencia a tracción por flexión promedio del tratamiento GEXP-1%(LO) con la resistencia a tracción por flexión mínima que debe tener los ladrillos de arcilla cocida para fines estructurales según norma

NTP E-070 y la resistencia a compresión promedio de los ladrillos King Kong artesanales que se utilizan en Huancavelica. tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 120. Condición de resistencia de los ladrillos según NTP E-070.

MUESTRA	RESISTENCIA MEDIA A FLEXIÓN (f ^{tb}) en (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MÍNIMA SEGÚN ITINTEC 331.017,1978 (f ^{tb}) en (Kg/cm ²)	CONDICIÓN
GEXP-1%(LO)	11.32	6.12	CUMPLE
KING KONG (ARTESANAL)	9.85 *		CUMPLE

(*): Resultados obtenidos de la tesis “Evaluación de las características estructurales de la albañilería con unidades fabricadas en la región Junín” pag N° 62.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2 Análisis descriptivo de las propiedades físicas de los ladrillos con (LO):

4.2.3.2.1 Densidad:

- Se realizó la comparación del resultado de las densidades promedio obtenidas de cada tratamiento de los ladrillos con (LO), tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO), tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 121. Densidad de los ladrillos.

ENSAYO DE DENSIDAD (grs/cm ³), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	ρ (grs/cm ³)	MUESTRA	ρ (grs/cm ³)
CG-01	1.76	GE1-01	1.46
GC-02	1.75	GE1-02	1.46
CG-03	1.54	GE1-03	1.70
GC-04	1.54	GE1-04	1.49
CG-05	1.54	GE1-05	1.47
GC-06	1.78	GE1-06	1.69
PROMEDIO	1.65	PROMEDIO	1.55

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar de la Tabla N° 121, la densidad del tratamiento GEXP-1%(LO) obtiene una ligera reducción con respecto al tratamiento GC-0%(LO), por lo que podemos decir que la incorporación en un 1%(LO) con respecto al peso seco del suelo, reduce ligeramente la densidad mejorando en la reducción del peso de los ladrillos.

- Se realizará la comparación del resultado de la densidad promedio del tratamiento GEXP-1%(LO) con la densidad mínima que debe tener los ladrillos de arcilla cocida para fines estructurales según norma ITINTEC 331.017 y la densidad promedio de los ladrillos King Kong artesanales que se utilizan en Huancavelica. tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 122. Condición de densidad de los ladrillos según INTITEC 331.017-1978.

MUESTRA	DENSIDAD MEDIA en (grs/cm3)	DENSIDAD MÍNIMA SEGÚN INTITEC 331.017,1978 en (grs/cm3)	CONDICIÓN
GEXP-1%(LO)	1.55	1.50	CUMPLE
KING KONG (ARTESANAL)	1.54 *		CUMPLE

(*): Resultados obtenidos de la tesis “Evaluación de las características estructurales de la albañilería con unidades fabricadas en la región Junín” pag N° 65.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2.2 Absorción:

- Se realizó la comparación del resultado del ensayo de absorción promedio obtenidas de cada tratamiento de los ladrillos con (LO), tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO), tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 123. Absorción de los ladrillos.

ENSAYO DE ABSORCIÓN (%), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	DENS. (%)	MUESTRA	DENS. (%)
GC-11	31.05	GE1-02	20.57
GC-13	31.05	GE1-13	22.68
GC-17	31.05	GE1-16	20.33
PROMEDIO	31.05	PROMEDIO	21.19

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la Tabla N° 123 la absorción del tratamiento GEXP-1%(LO) obtiene mejores resultados, disminuyendo la absorción en un 31.76% con respecto al

tratamiento GC-0%(LO), por lo que podemos decir que la incorporación en un 1%(LO) con respecto al peso seco del suelo, influye favorablemente en la absorción en ladrillos de tierra estabilizados.

NOTA: La absorción del GC-0%(LO) que es de 31.05 (%), este dato se obtuvo de la cantidad de agua del amasado más la cantidad de agua natural del suelo a la hora de amasado.

- Se realizó la comparación del resultado de la absorción promedio del tratamiento GEXP-1%(LO) con la absorción máxima que debe tener los ladrillos de arcilla cocida para fines estructurales según norma NPT 399.604 y la absorción promedio de los ladrillos King Kong artesanales que se utilizan en Huancavelica. tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 124. Condición de absorción de los ladrillos según NTP 399.604.

MUESTRA	ABSORCIÓN MEDIA EN (%)	ABSORCIÓN MÁXIMA SEGÚN NTP 399.604 (%)	CONDICIÓN
GEXP-1%(LO)	21.19	22.00	CUMPLE
KING KONG (ARTESANAL)	19.32 *		CUMPLE

(*): Resultados obtenidos de la tesis “Evaluación de las características estructurales de la albañilería con unidades fabricadas en la región Junín” pag N° 72.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2.3 Erosión acelerada:

- Se realizó la comparación del resultado de ensayo de erosión acelerada promedio obtenidas de cada tratamiento de los ladrillos con (LO), tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO), tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 125. *Erosión acelerada de los ladrillos.*

ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA (mm), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	SOCV. (mm)	MUESTRA	SOCV. (mm)
CG-04	3.40	GE1-04	7.30
CG-13	4.10	GE1-11	8.10
CG-15	6.70	GE1-14	7.80
PROMEDIO	4.73	PROMEDIO	7.73

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar de la Tabla N° 125, la erosión (socavación) del tratamiento GEXP-1%(LO) obtiene mayor socavación, aumentando ligeramente la profundidad de socavación en un 63.42% con respecto al tratamiento GC-0%(LO).

- Se realizó la comparación del resultado de la socavación promedio del tratamiento GEXP-1%(LO) con la socavación máxima que debe tener las unidades de albañilería de tierra según norma UNE 41410-2008. tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 126. Condición de socavación de los ladrillos de tierra según UNE 14140-2008.

MUESTRA	SOCAVACIÓN PROMEDIO EN (mm)	SOCAVACIÓN MÁXIMA SEGÚN UNE 41410-2008 (mm)	CONDICIÓN
GEXP-1%(LO)	7.73	10.00	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2.4 Contenido de Humedad:

- Se realizó la comparación del resultado de ensayo de contenido de humedad promedio obtenidas de cada tratamiento de los ladrillos con (LO), tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO), tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 127. Contenido de humedad de los ladrillos.

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (mm), A LOS 28 DÍAS			
GC-0%(LO)		GEXP-1%(LO)	
MUESTRA	HUM. (%)	MUESTRA	HUM. (%)
M0-1	12.61	M1-1	13.63
M0-2	10.98	M1-2	13.56
M0-3	11.46	M1-3	15.07
PROMEDIO	11.68	PROMEDIO	14.09

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar de la Tabla N° 127, el contenido de humedad del tratamiento GEXP-1%(LO) obtiene mayor humedad con respecto al tratamiento GC-0%(LO).

Esto debido a la presencia de la (LO) el cual retiene la humedad en sus fibras internas y por ende el ladrillo presenta mayor humedad.

4.2.3.2.5 Variación dimensional:

- Se realizó la comparación del resultado del ensayo de variaciones dimensional obtenidas de cada tratamiento de los ladrillos con (LO), tanto del GC-0%(LO) y GEXP-1%(LO), tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 128. Variación dimensional de los ladrillos.

VARIACIÓN DIMENSIONAL (V%)							
GC-0%(LO)				GEXP-1%(LO)			
MUESTRA	LONGITUD (cm)			MUESTRA	LONGITUD (cm)		
	L (cm)	A (cm)	H (cm)		L (cm)	A (cm)	H (cm)
GC-01	21.66	12.22	7.58	GE1-01	21.89	12.53	7.73
GC-02	21.68	12.22	7.42	GE1-02	21.94	12.59	7.70
GC-03	21.62	12.30	7.52	GE1-03	21.94	12.69	7.74
GC-04	21.61	12.26	7.48	GE1-04	22.03	12.71	7.74
GC-05	21.74	12.23	7.51	GE1-05	21.97	12.69	7.73
GC-06	21.70	12.24	7.44	GE1-06	21.97	12.67	7.76
GC-07	21.69	12.17	7.50	GE1-07	21.99	12.67	7.71
GC-08	21.53	12.45	7.35	GE1-08	21.97	12.65	7.71
PROMEDIO	21.65	12.26	7.47	PROMEDIO	21.96	12.65	7.73
LONG (cm) (NOMINAL)	23.00	13.00	8.00	LONG (cm) (NOMINAL)	23.00	13.00	8.00
VD (%)	5.81	5.70	6.57	VD (%)	4.52	2.69	3.41

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar de la Tabla N° 128, la variación dimensional del tratamiento GEXP-1%(LO) es menor en todas las dimensiones con respecto al tratamiento GC-0%(LO), por lo que podemos decir que la incorporación en un 1%(LO) con respecto al peso seco del suelo, mejora sustancialmente la variación dimensional de ladrillos de tierra estabilizados.

4.2.3.3 Análisis descriptivo económico de los ladrillos con (LO):

- ✓ Se realizó la comparación del precio de producción por millar de los ladrillos con (LO), con el precio de los ladrillos King Kong artesanales en la ciudad de Huancavelica. tal análisis comparativo se presenta a continuación:

Tabla 129. Comparación de costos por millar de los ladrillos.

LADRILLO	PRECIO POR MILLAR EN (\$) ACTUALMENTE	AHORRO EN UN (%)
LADRILLO con (LO)	428.05	41.36
KING KONG (ARTESANAL)	730.00 *	

(*): Precio cotizado en la ferretería **Gómez**-Huancavelica incluido gastos por flete a una distancia promedio de 15.45 Km.

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Los ladrillos con (LO) son más económicos en un 41.36% respecto a los ladrillos King Kong Artesanales que actualmente son utilizados en la provincia de Huancavelica, Este % se incrementa más aun en las zonas rurales más alejadas de la ciudad por motivos de gasto por flete.

4.2.4 Propuesta tipológica

4.2.4.1 Ladrillos de tierra cruda con lana de ovino.

Como se menciona en el planteamiento del problema, el objetivo principal de nuestra investigación es elaborar un nuevo tipo de ladrillos no cocido con los

materiales predominantes en nuestra zona como son suelo arcilloso, cal y lana de ovino que sea apto para la autoconstrucción de los pobladores, de esta manera revalorando los materiales que tenemos a disposición sobre todo en el área rural, de esta forma dando una alternativa de solución al excesivo costo de las unidades de albañilería usados en la actualidad que se incrementan más aun en el área rural por motivos de flete.

De acuerdo a los ensayos realizados tanto de sus propiedades físicas como mecánicas de los ladrillos elaborados en la presente tesis, de acuerdo a las normas que corresponde y comparándolas con los ladrillos King Kong artesanales que actual mente se utiliza en Huancavelica, se llegó a la conclusión que alcanzan similares resultados tanto en sus características físicas como mecánicas e incluso es superior en la resistencia a tracción por flexión, pudiendo ser tranquilamente sustituidos con algunas limitaciones a la hora de su uso en la construcción de viviendas.

Conclusiones

La influencia de la lana de ovino en ladrillos de Tierra estabilizadas con cal es significativa y favorablemente debido a las propiedades físicas y mecánicas que presentan:

- ❖ Los ensayos físicos y mecánicos realizados a los ladrillos del grupo control con 0% de lana de ovino y grupo experimental con 1% de lana de ovino, se realizaron a los 28 días de curado a temperatura ambiente.
- ❖ El desempeño en la propiedad de resistencia a la compresión del ladrillo con tratamiento de 0% de lana de ovino resultó 28.58 Kg/cm², y el ladrillo con dosificación de 1% de lana de ovino resultó 37.54 Kg/cm², lo que significa que se incrementa en un 31.35% respecto al ladrillos del grupo control.
- ❖ El desempeño en la propiedad de resistencia a tracción por flexión del ladrillo elaborados con 0% de lana de ovino es de 4.86 Kg/cm², y del ladrillo con tratamiento de 1% de lana de ovino es de 11.32 Kg/cm², lo que significa que se incrementa en un 132.92% respecto al ladrillo del grupo control.
- ❖ En cuanto a la densidad, el ladrillo con tratamiento de 0% de lana de ovino resultó 1.65 gr/cm³ y del ladrillo con tratamiento de 1% de lana de vino resultó 1.55 gr/cm³ lo que significa que se reduce en un 6.06% respecto al ladrillo del grupo control.
- ❖ En cuanto al porcentaje de absorción, el ladrillo con tratamiento de 0% de lana de ovino es de 31.05 %, y del ladrillo con el tratamiento de 1% de lana de ovino arrojó

un resultado de 21.19 %, lo que significa que se reduce en un 31.76% respecto al ladrillo del grupo control.

- ❖ La erosión acelerada, del ladrillo con tratamiento de 0% de lana de ovino arrojó un resultado de 4.73 mm de socavación, y del ladrillo con tratamiento de 1% de lana de ovino arrojó 7.73 mm de socavación, lo que significa que se incrementó en un 63.42% respecto al ladrillo del grupo control. Pero se encuentra dentro de los rangos que estipula la Norma UNE 41410:2008 para dicho ensayo.
- ❖ El contenido de humedad del ladrillo con tratamiento de 0% de lana de ovino es de 11.68 %, mientras que el ladrillo con tratamiento de 1% de lana de ovino arrojó 14.09%, lo que significa que se incrementó en un 20.63% respecto al ladrillo del grupo control.
- ❖ En cuanto al costo de producción de las nuevas unidades de albañilería con lana de ovino fue de 428.05 NS por millar según el análisis económico, y de los ladrillos King Kong artesanales en zonas rurales es de 730 NS incluyendo flete de traslado hasta el lugar (15.40 Km), lo que significa un ahorro de 41.36%.
- ❖ La utilización de la lana de Ovino impide la figuración en el secado y reparte las tensiones debidas a la retracción de la arcilla en toda su masa, aligera el material disminuyendo su masa volumétrica mejorando así sus propiedades aislantes, aumenta su resistencia a la tracción, etc.
- ❖ La lana de ovino actúa como refuerzo estructural en los ladrillos.

Recomendaciones

En conformidad a lo concluido en la presente investigación y para futuras investigaciones que trabajen con este tipo de ladrillos, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere utilizar este tipo de ladrillos en muros no portantes.
- Para su mayor duración de estar unidades de albañilería protegerlos con algún tipo de revoques (yeso, cal, etc.).
- Se sugiere ampliar esta tesis con respecto a las unidades haciéndolo un estudio en su comportamiento antisísmico como muros portantes.
- Se sugiere utilizar estos ladrillos en las zonas rurales en vista que el costo es menor por la disponibilidad de los materiales.
- Realizar estudios a las unidades de albañilería dándole mayor énfasis a la propiedad térmicas del ladrillo.

Referencia Bibliográfica

- ASTM - D4944. Método De Ensayo Para Determinar El Contenido De Humedad De Un Suelo.
- ASTM - D423. Método De Análisis Del Tamaño De Las Partículas De Suelo.
- ASTM - D423. Método de Determinación de límite líquido.
- ASTM - D424. Método de Determinación de Límite Plástico.
- ASTM - D4318. Método de Determinación de Índice Plástico.
- ASTM - D6276. Edades y Método de Prueba para Grim.
- Aliaga, J. (2006). *Producción de Ovinos*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 420 p.
- Amorós, M. (2011). *“Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal”*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Andrade, L. (2016). *“tinturado artesanal de hilo de lana de oveja con colorante natural baccharis latifolia (chilca) para elaborar accesorios de vestir femeninos”*. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.195 p.
- Bauza, D. (2015). *“el tratamiento de los suelos arcillosos con cal. comportamiento mecánico y evolución a largo plazo ante cambios de humedad”* Universidad de Sevilla.España.337p.
- Braja M. Das. (2001). *“Fundamentos De Ingeniería Geotécnica”*. México. Editorial THOMSON INTERNATIONAL.
- Beltrán, M. Copado, J. (2011). *“Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón”*
- Carpio, M. (1978). *Tecnología de lanas y comercialización., Programa de Ovinos y Camélidos Americanos*, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. 62 p.
- Cervantes, J. (1999). *“Tintura de Lana con el Extracto de la Caesalpinia spinosa (Guarango)”*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.

Dirección General de Competitividad Agraria, Dirección de Información Agraria (2013). Lima.

Guzmán, J. (2009). *"Evaluación del Método de Clasificación del Vellón de Ovino corredale (ovis aries) En la S.A.I.S Pachacutec"*. Universidad nacional Agraria la Molina. Peru.

García, G. (1975). *Lanimetría y producción de lana. Del pacífico*. Santiago - Chile 54-68 p.

García, G. (1985). *Producción ovina*. Santiago, Antumapu. 344 p.

Helman, M. (1965). *Ovinotecnia*. Editorial El Ateneo. Argentina. 275 p.

Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta edición). México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Huanco, I. (2014). *"Longitud y Diámetro de lana en ovinos corredale del centro de investigación y producción Chuquibambilla"*. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Puno. 46. p.

ITINTEC 331.017, *Determinación del porcentaje de Absorción de unidades de albañilería*.

Jara, R. (2014). *"Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso"* Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. 91 .p.

Jaguaco, S. (2007) *"Uso del Adobe como material de construcción"*. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 125.p.

Jiménez, M. (2010). *"Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con cal"*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 109 p.

López, J. Bernilla, P. (2012). *"evaluación funcional y constructiva de viviendas con adobe estabilizado en cayalti. Programa cobe -1976"* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Lulichac, F. *"Determinación de las Propiedades Físico - Mecánicas de las Unidades de Albañilería en la Provincia de Cajamarca."* Universidad Nacional del Norte. Cajamarca. 103 p.

Nacional Lime Association. *"Manual de estabilización de suelo tratado con cal"*. 2006.

Niño Rojas, V (2011). *Metodología de la investigación* (Primero ed.). Bogotá- Colombia: ediciones la U.

NTP 399.613 y 399.604. *Determinación de Variación de Dimensiones de Unidades de albañilería.*

NTP 399.613 y 339.604. *Resistencia a la Compresión.*

NTP E.080. *Construcción con tierra.*

NTP 399.604 y 399.1613. *Determinación del porcentaje de Absorción de unidades de albañilería.*

Obando, R. (2013) "Tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales". Universidad Técnica del Norte. Ibarra.

Quispe, M. (2016). "*determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera de cunyac y cemento portland tipo ip*". Universidad Andina del Cusco. Cusco. 239p.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Norma E.070. Albañilería*, Lima, Perú: Macro.

Sánchez, H. y Reyes, C. (1996). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima, Perú: Mantaro.

Soto, S. (2017). "*Evaluación del tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de lana de ovino (ovis aries) con ayrampo (berberis sp)*". Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica. 71 p.

Rosas, A. (2016). "*La lana de ovino como material aislante: natural, renovable y sostenible*". Universidad Politécnica de Cataluña. 57p.

Tapia, C. (2015). "*Evaluación de las características físicas mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de manzanamayo y san José del distrito de baños del inca Cajamarca*". Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. 147 p.

UNE 41410. (2008), *Basado en el ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET)*.

Ulloa, H (2015). "*Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas*" Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Vargas, S. (2016). "Biometría del Ovino criollo en tres localidades de la sierra del Perú". Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú. 60 p.

Vilela, D. (2010) *"estabilización de suelos dirigida a la fabricación de bloques de adobe, propuesta metodológica"* Loja, Ecuador: Universidad nacional de Loja.

Vera, M. (2017). *"evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%"*. Universidad Andina del Cusco. Cusco. P.313.

ANEXOS

ANEXO N°1: Panel Fotográfico del proceso de ejecución de la presente Tesis.

ANEXO N°2: Constancia de conformidad del Laboratorio “Empresa Especializada en Monitoreo y Control de Calidad Ambiental S.A.C” del ensayo de PH por el método de EADES y GRIM. Norma ASTM D 6276.

ANEXO N°3: Constancia de conformidad del ensayo de la Lana de Ovino del “Laboratorio de Mejoramiento Genético” (LAMG) del laboratorio general de la Universidad Nacional de Huancavelica.

ANEXO N°4: Constancia de conformidad de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica.

ANEXO N°5: Informe Final de Revisión de Tesis emitido por el Asesor.

ANEXO N°6: Matriz de consistencia del presente trabajo de investigación.

ANEXO N°1: Panel Fotográfico del proceso de ejecución de la presente Tesis.



Fotografía A 1. Mezclado de suelo, cal y lana de ovino para elaboración de las probetas.



Fotografía A 2. Elaboración de las probetas cúbicas y prismáticas.



Fotografía A 3. Elaboración de ladrillos.

ANEXO N°2:

Constancia de conformidad del Laboratorio “Empresa Especializada en Monitoreo y Control de Calidad Ambiental S.A.C” del ensayo de PH por el método de EADES y GRIM.

Norma ASTM D 6276



INFORME DE ENSAYO N° 0071 -2018

Fecha de Extracción : 22/02/2018.
Fecha de Recepción : 22/02/2018.
Fecha de Inicio de Análisis : 23/02/2018.
Fecha Terminó de Análisis : 23/02/2018.
Cliente : Paytan Dueñas, Nilton
Pérez Salazar, Zocrates.
Proyecto : USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADAS,
PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO - PROVINCIA
HUANCAMELICA.
Método de ensayo : ASTM D 6276
Tipo de Muestra : Suelo Fino.
Procedencia de Muestra : UNH, Dep: Hvca, Pro: Hvca, Dist: Hvca.
Coordenadas :

Tipo de muestra: Húmeda/sólida.

Tipo de Embase: Bolsa Plástica.

Custodia N° 0071.

MUESTRA	DETERMINACION	CaO	RESULTADO	UNIDADES	LÍMITE DE DETECCIÓN
E 1	M 1	6%	8.00	-----	0.00 - 14.00
E 2	M 2	8%	9.50	-----	0.00 - 14.00
E 3	M 3	10%	11.00	-----	0.00 - 14.00
E 4	M 4	12%	12.40	-----	0.00 - 14.00
E 5	T	---	6.50	-----	0.00 - 14.00

Nota: Para determinar el valor pH se usó agua proporcionada por el solicitante.
Muestra proporcionada por el solicitante.




Hilario Gálvez Bonifacio
CIP 101438
QUÍMICO ESPECIALISTA AMBIENTAL

Huancavelica; 23 de Febrero del 2018.

Nota 1: El documento presente es válido para (s) muestra (s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce"

Nota 3: La (s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de (7) días de emitido el presente informe.

Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente informe de Ensayo por un periodo de un año, para el cliente estime conveniente.

Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será eliminada con la declaración "Suplemento al informe de ensayo".

Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por Empresa Especializada en Monitoreo y Control de Calidad Ambiental S.A.C. - Área de Laboratorio - EMCA.S.A.C.

Anexo: Condiciones de recepción.



Indecopi
Expediente N° 681592 - 2016

RUC 20601464871
Oficina Principal Pasaje José Olaya N° 574 los Ángeles - Rímac
Lima, sede Huancavelica Jr. Virrey Toledo N° 398 -Tercer Piso



067-480649
946953378 - 941876655

ANEXO N°3:

Constancia de conformidad del ensayo de la Lana de Ovino del “Laboratorio de Mejoramiento Genético” (LAMG) del laboratorio general de la Universidad Nacional de Huancavelica.

LAMG - EPZ - UNH Phone 950472277 Mobile #950472277 Email. rufipc@hotmail.com		OFDA 2000 REPORT Perez Salazar Zocrates (20Records) Sampled from Midside				Job Details SERVICIOS-2018 Reference: 0175 - 0175 Tested: Mar 27, 2018
Animal Eartag	Mic Ave	SD Mic	CV Mic	CF %	SF Mic	CRV Dg/mm
Averages	28.3	8.9	30.8	67.3	30.5	54.5
M_01	25.6	8.4	32.6	76.1	28.0	59.0
M_02	25.6	8.1	31.5	75.5	27.6	60.6
M_03	36.4	12.8	35.2	40.3	40.8	38.1
M_04	23.8	6.3	26.3	86.0	24.3	62.6
M_05	38.5	13.9	36.2	35.2	43.6	35.0
M_06	22.9	5.8	25.1	89.6	23.1	63.2
M_07	24.1	6.3	26.3	84.3	24.6	59.9
M_08	31.9	11.7	36.6	55.3	36.3	40.3
M_09	25.3	6.8	27.1	78.6	26.0	64.5
M_10	24.9	6.6	26.5	83.0	25.5	65.7

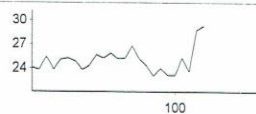
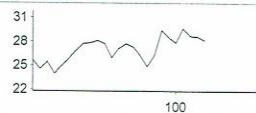
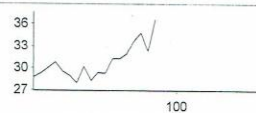
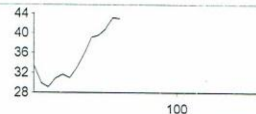
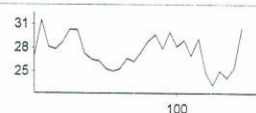
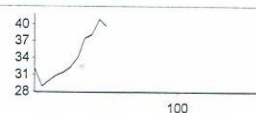
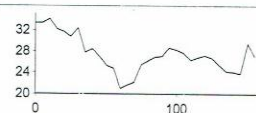
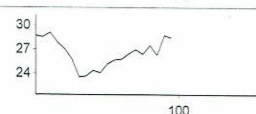
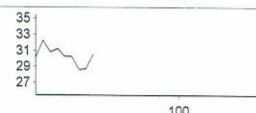
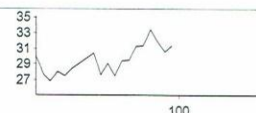


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
 FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
 E.F.P. DE ZOOTEC.

 Ing. M. Sc. Rufino Paucar Chanca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
 MEJORAMIENTO GENETICO

OFDA 2000 REPORT
Perez Salazar Zocrates (20Records)

Animal Eartag	Mic Ave	SD Mic	CV Mic	CF %	SF Mic	CRV Dg/mm
Averages	28.3	8.9	30.8	67.3	30.5	54.5
M_11	28.8	9.0	31.3	63.5	31.0	60.1
M_12	29.9	10.1	33.7	60.0	33.0	48.6
M_13	26.3	7.5	28.5	71.9	27.5	56.3
M_14	25.5	7.9	31.0	76.3	27.3	56.1
M_15	35.1	12.1	34.5	41.8	39.1	40.4
M_16	25.9	8.0	30.7	74.4	27.7	54.6
M_17	36.6	12.1	33.0	36.0	40.1	38.7
M_18	30.2	9.8	32.4	57.0	32.8	59.6
M_19	25.3	7.8	31.0	76.4	27.2	62.0
M_20	24.2	6.4	26.6	85.2	24.8	65.0



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
S.A.P. DE INGENIERIA
Rufino Paucar Chanca
Ing. M. Sc. Rufino Paucar Chanca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
MEJORAMIENTO GENETICO

LABORATORIO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO (LAMG)

¿Quiénes somos?

El LAMG es un centro de investigación que pertenece a la Escuela Profesional de Zootecnia (EPZ), de la Facultad de Ciencias de Ingeniería (FCI) de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH). El LAMG inicio sus actividades en el año 2008, denominado en ese entonces como Laboratorio de Lanas y Fibras, tal denominación fue cambiada por la actual (LAMG), de acuerdo a las líneas de investigación que viene desarrollando. El LAMG tiene como objetivo fortalecer las actividades científicas-académicas de la EPZ en las líneas de investigación que le concierne; de igual forma brindar asistencia técnica a los productores agropecuarios del entorno.

Servicios

Servicios disponibles en el Laboratorio de Mejoramiento Genético:

Mejora Genética

Servicio 1: Evaluaciones genéticas (alpacas, ovinos, vacunos, etc).

Servicio 2: Estimación de parámetros genéticos de variables de importancia económica.

Servicio 3: Manejo de registros genealógicos y productivos en alpacas a través del ALPATEC (Software).

Servicio 4: Pruebas de parentesco a través de marcadores moleculares (microsatélites).

Servicio 5: Elaboración, ejecución y evaluación de programas de mejora genética.

Servicio de Fibras textiles

El servicio de análisis de las características textiles de la fibra se viene desarrollando con el método del OFDA (Optical Fibre Diameter Analyser) traducido sería Analizador de diámetro de fibra óptica.

¿Que es el OFDA?

El OFDA es un instrumento que se basa en la tecnología de digitalización de imágenes y el análisis óptico de las mismas, que permite medir las características de las fibras de lana y otras fibras animales a lo largo de las mechas sucias en tiempo real y si uno lo requiere en el propio galpón de esquila

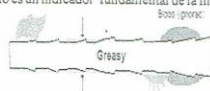
El OFDA enfoca ejes paralelos, mide coberturas uniformes, ignora la tierra, ignora la materia vegetal, ignora los globos, solo mide fibras con cobertura uniforme

Presentación usual de los resultados del OFDA

OFDA 2000 REPORT COMPANIA MINERA MILPO (33Records)					
Animal Eartag	Mic Ave	SD Mic	CV Mic	CF %	CRV Dg/mm
Averages	28.0	5.4	19.1	72.6	71.6
22	24.1	4.8	20.0	90.9	88.4

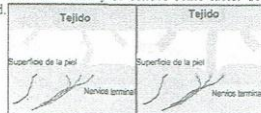
Mic: Media de Diámetro de Fibra (MDF)

La media de diámetro de fibra es ampliamente reconocido como la característica más importante de la fibra, ya que esto es un indicador fundamental de la finura de la fibra



CF: Factor de Confort o Factor de Picazon

Se define como el porcentaje de las fibras menores que 30 micras que tiene un vellón y se conoce como factor de comodidad



CF: 95%(Confortable) CF: 05%(no Confortable)

SD: Desviación Standart

Esto indica el rango individual de desviación con respecto al promedio del grupo. Esta distribución es diferente para un mismo diámetro y su magnitud varía también con los diferentes diámetros. Es decir, mayor diámetro mayor SD.

Ejemplo
MDF= 17,9 mic. SD=2,5
Menor MDF=15,2 mic. (-2,5 mic.)
Mayor MDF=20,5 mic. (+ 2,7 mic.)

CRV: Curvatura de las Fibras (CRV DGI/MM)

El grado de curvatura está asociado al "crimp" o rizo de las mechas. Se mide en grados por milímetros. una curvatura baja indica mayor largo de mecha, mayor altura media en los tops, mejor performance al hilado, mejor tacto o suavidad en tejidos



Rizo en la fibra

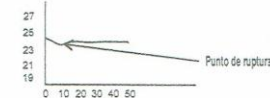
CV: Coeficiente de Variación

Un vellón con CV mas bajo indica una mayor uniformidad de los diámetros de las fibras individuales dentro del vellón, esto quiere decir:

CV bajos indican:
Mayor regularidad
Mayor Resistencia

Perfil de Diámetro (PDF)

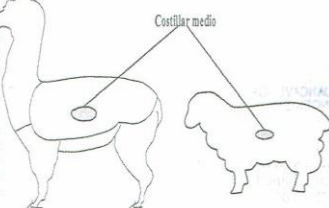
Esta característica textil nos permite analizar la variabilidad de la fibra, un probable grado de debilidad si lo hubiere y el punto donde se puede quebrar



Forma correcta de traer las muestras

¿Donde sacar la Muestra?

La toma de muestra se realiza en la zona del costillar medio que se encuentra localizada horizontalmente en la tercera costilla y perpendicularmente en la parte media entre las líneas superior dorsal e inferior ventral, caso contrario no nos responsabilizamos de la variabilidad de los datos



¿Como etiquetar la muestra?

La muestra ya cortada debiera ser etiquetada con los datos que se muestran en el recuadro en una pequeña hoja de papel de 6cmx4.5cm aproximado y sera colocado en una bolsa de polietileno de 15cmx9cm o lo que se disponga para el traslado

Procedencia:	
ID (Arete):	
Edad:	
Color:	
Raza:	
Sexo:	
Peso de vellón:	
Peso vivo:	

Nota Importante

Antes de proceder a tomar las muestras se recomienda visitar nuestra pagina web en la cual usted podrá descargar un formulario y traer llenado para su respectivo análisis.
web: http://lamg.pe/?page_id=8



ANEXO N°4:

Constancia de conformidad de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela

Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAMELICA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH



"Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional"

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAMELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: PAYTAN DUEÑAS NILTON y PEREZ SALAZAR ZÓCRATES MAXIMILIANO, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo los siguientes ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPICH:

- Ensayo a compresión (84 ensayos)
- Ensayos a flexión (84 ensayos)
- Ensayo de análisis granulométrico (01 ensayos)
- Ensayo de Limite de Atterberg (01 ensayos)
- Ensayo de contenido de humedad (24 ensayos)
- Ensayo de densidad (24 ensayos)
- Ensayo de absorción (24 ensayos)

Durante el periodo de ejecución Febrero – Junio del año 2018, del proyecto de tesis. **"USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLOS DE TIERRA ESTABILIZADAS, PARA MUROS DE ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO. PROVINCIA DE HUANCAMELICA – 2018"**.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que estime por conveniente.

Huancavelica, 14 de junio de 2018.

N° 005-2018

C.c.
Archivo
AP



Ing. Judith Martínez Quispe
JEFE

ANEXO N°5:

Informe Final de Revisión de Tesis emitido por el Asesor.



INFORME FINAL DE REVISIÓN DE TESIS

ASESOR: Ing. Marco Antonio López Barrantes

BACHILLERES: Paytan Dueñas, Nilton

Pérez Salazar, Zocrates Maximiliano

TITULO DE LA TESIS: "USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLOS DE TIERRA ESTABILIZADAS, PARA MUROS DE ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO-PROVINCIA DE HUANCAMELICA-2018"

OBSERVACIONES:

Visto el informe final de la tesis presentado por los tesisistas, en mi condición de asesor se ha podido realizar las enmiendas y correcciones necesarias las que fueron subsanadas oportunamente por los tesisistas. Por tal motivo doy por **APROBADO** el informe final de la tesis, para que sea presentado ante los jurados para sus consideraciones correspondientes.

Es cuanto puedo informar.

Atentamente

Huancavelica, 31 de julio de 2018.



ASESOR

ANEXO N°6:

Matriz de consistencia del presente trabajo de investigación.

Matriz de Consistencia

TÍTULO DE TESIS:

“USO DE LA LANA DE OVINO EN LADRILLOS DE TIERRA ESTABILIZADAS, PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO-PROVINCIA DE HUANCVELICA-2018”

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA									
Problema general ¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018? Problemas específicos: a. ¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en las características mecánicas en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018? b. ¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en las características físicas en Ladrillos de tierra estabilizadas, para	Objetivo general Determinar la influencia de la lana de ovino en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018. Objetivos Específicos: a. Determinar la influencia de la lana de ovino en las características mecánicas en Ladrillos de tierra estabilizada, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018. b. Determinar la influencia de la lana de ovino en las características físicas en Ladrillos de tierra	Antecedentes - Universidad Técnica Particular de Loja- (216): Becerra, “Experimentación con cal y fibra de cabuya en la estabilización de tierra como material de construcción. - Universidad de Cartagena - (2016): Caballero, “Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietilen - tereftalato (pet) como alternativa sostenible para la construcción I”. - Escuela de ingeniería civil y arquitectura – El Salvador - (2015): Zavala,	Hipótesis general H1: La adición de lana de ovino influye favorable y significativamente en Ladrillos de tierra estabilizadas para muros de albañilería en el Distrito, Provincia, de Huancavelica en el año 2018. Hipótesis específica ✓ La adición de lana de ovino influye favorable y significativamente en las características mecánicas en Ladrillos de tierra estabilizada, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018. ✓ La adición de lana de ovino influye favorablemente en las características físicas en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros	Identificación de Variables: a. Variable Independiente: Lana de ovino (X). Dimensiones: - Diámetro. - Longitud - Resistencia. b. Variable Dependiente: Ladrillos de tierra estabilizadas para muros de albañilería (Y) Dimensiones: - Características mecánicas - Características físicas. - Económico.	Tipo : Aplicada Dulio Oseda (2008). Nivel : Explicativo Diseño: Se utilizó el diseño experimental, como indica Santa <i>palella y feliberto Martins</i> (2010) “El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental, bajo condiciones controladas”. <table><tr><td>G.A: -</td><td>X</td><td>O1</td></tr><tr><td colspan="3"> </td></tr><tr><td>G.B: O2</td><td>X</td><td>O3</td></tr></table> Donde: GA: Primer Grupo Experimental GB: Segundo Grupo Experimental O1, O3: Post test O2: Pre test X: manejo de variable independiente (Lana de Ovino). Método de investigación: Experimental	G.A: -	X	O1				G.B: O2	X	O3
G.A: -	X	O1												
G.B: O2	X	O3												

muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018? c. ¿Cómo influye el uso de la lana de ovino en la dimensión económica en Ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018?	estabilizadas, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018. c. Determinar la influencia de la lana de ovino en la dimensión económica en Ladrillos de tierra estabilizada, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.	“Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado”. • Universidad Privada Antenor Orrego - (2014): Abanto, “Características físicas y mecánicas de Unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo - cemento en la ciudad de Trujillo” • Universidad Pública de Navarra-España- (2011): Cabo, “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción”.	de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018. ✓ La adición de lana de ovino influye favorablemente en la dimensión Económica en Ladrillos de tierra estabilizada, para muros de albañilería en el Distrito, Provincia de Huancavelica en el año 2018.		Muestra → análisis → resultado Población y Muestra: Población Estará conformado en total de 288 probetas tanto cúbicas de (10cm x 10cm x 10 cm) para ensayos a compresión y prismáticas de (10 cm x 10 cm x 40 cm) para los ensayos a flexión. Para los ladrillos estará conformado por 36 especímenes del GC (Grupo Control) (suelo estabilizado con cal) Y GEXP (Grupo Experimental) (suelo estabilizado con cal y el tratamiento (T) más óptimo). Muestra Como estabilizante se utilizará la Cal, para la mejor proporción de estabilización al suelo se realizarán ensayos de PH según Norma Técnica ASTM D6276. Teniendo la mejor selección en porcentaje de cal que mejor estabilice al suelo se adicionará la lana de ovino como sigue: 108 probetas de suelo estabilizado con adición de 1%, 3%, 4%, 6%, 9% y 12% de lana de ovino con respecto al peso seco del suelo, para cada porcentaje se elaborarán 18 probetas, de éstos se realizarán ensayos a 6 probetas a los 7, 14 y, 28 días de curado a temperatura ambiente, para el ensayo de resistencia a compresión. Y de manera similar para el ensayo de resistencia a flexión. Y 12
--	---	---	--	--	--

					ladrillos del CG-0%(LO) y GEXP-(con él % de (LO) más óptimo), para cada grupo se ensayarán 06 unidades a los 28 días de CURADO a temperatura ambiente para los ensayos de resistencia a compresión y flexión. 72 probetas de (10cm x 10 cm x 10cm) de suelo estabilizado con adición de 1%. 3%, 4%, 6%, 9% y 12% de lana de ovino para el ensayo de Densidad, porcentaje de humedad, porcentaje de absorción y desgaste. Y 24 ladrillos del CG-0%(LO) y GEXP- (con él % de (LO) más óptimo), para el ensayo de Densidad, porcentaje de humedad, porcentaje de absorción, desgaste y variación dimensional. Técnicas e Instrumentos: Las principales técnicas que se van a emplear en la investigación son: • La Técnica de recopilación documental: Para recolectar información de carácter científico, relacionadas con las variables de estudio y de esa manera fortalecer el marco teórico del trabajo de investigación. • Analítica: casos análogos realizados en otros países. • Experimental: que nos permita someter a pruebas pertinentes y así comprobar su funcionalidad. • La observación directa. • Procesamiento estadístico.
--	--	--	--	--	---

					Para el análisis e interpretación de datos. Se desarrollará a través de la aplicación de la estadística descriptiva (cuadros y gráficos estadísticos). Programas, MINITAB.
--	--	--	--	--	---

AUTOR: Los Tesistas.

