

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo

Jordy Sleyter Lapa Ramos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora ingeniera Nancy Margot Montañez Huamán, por su apoyo y dedicación constante en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mis padres y hermanos por su paciencia y constante motivación durante la elaboración de la tesis.

A la ingeniera Xiomara por darme su apoyo incondicional y tener la disponibilidad de realizar trabajos físicos dentro del laboratorio.

Al especialista en concreto Ángel Huamán Chávez jefe del laboratorio QAQC EXPRESS, quien me brindó la guía e información técnica en elaboración de ensayos dentro del laboratorio.

Al ingeniero José Remuzgo Florentino por su asesoría fuera de la universidad, tiempo y predisposición en la generación de ideas y planteamiento del problema de la investigación, además de brindarme la información solicitada.

A mis amigos Juan Spencer Silva Ruiz y su querida familia por su predisposición en la elaboración de las unidades de concreto.

DEDICATORIA

A Dios, por su bondad, paciencia y darnos el don de perseverar para seguir nuestros sueños y cumplir con nuestro propósito de realizar grandes cosas en este mundo.

A mis padres y hermanos, por ser las personas que más velan por mi bienestar y ser aquellos que me impulsan a la culminación de cada meta.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE	IV
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	XVI
RESUMEN	XXI
ABSTRACT	XXII
INTRODUCCIÓN	XXIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Problema general	5
1.1.2. Problemas específicos.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación e importancia.....	6
1.4. Hipótesis y descripción de variables	7
1.4.1. Hipótesis general	7
1.4.2. Hipótesis específica.....	8
1.5. Variables.....	8
1.6. Delimitación del estudio	8
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	11
2.1 Antecedentes del problema	11
2.1.1 Investigaciones nacionales.....	11
2.1.2 Investigaciones internacionales.....	14
2.2 Bases teóricas	16
2.2.1 Materiales	16
2.2.2 Concreto	33
2.2.3 Concreto vibrado	34
2.2.4 Concreto de peso ligero.....	35
2.2.5 Concreto con poliestireno expandido (Eps)	36

2.2.6	Descripción de la albañilería.....	36
2.2.7	Unidades de albañilería	38
2.2.8	Unidades de concreto.....	39
2.2.9	Fabricación de las unidades de concreto	40
2.2.10	Empleo de ladrillos y bloques de concreto	43
2.2.11	Propiedades físicas y mecánicas.....	45
2.3	Definición de términos básicos	47
CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y EXPERIMENTACIÓN.....		48
3.1	Método de investigación	48
3.1.1	Ubicación geográfica	48
3.1.2	Tipo de investigación	48
3.1.3	Diseño de investigación.....	49
3.1.4	Población.....	49
3.1.5	Muestra.....	49
3.1.6	Técnica de recolección de datos	50
3.1.7	Instrumentos de recolección de datos	50
3.1.8	Procesamiento y análisis de datos	52
3.2	Características físicas de los materiales empleados en la investigación.....	52
3.2.1	Cemento	52
3.2.2	Agua	53
3.2.3	Agregados	54
3.2.4	Poliestireno expandido	77
3.3	Diseño de mezcla de concreto.....	82
3.3.1	Datos técnicos de los agregados.....	84
3.3.2	Trabajos preliminares	85
3.3.3	Diseño de mezcla para R A/C = 0.6 Sin Eps	93
3.3.4	Diseño de mezcla para R A/C = 0.6 con 20 % de Eps	96
3.3.5	Diseño de mezcla para R A/C = 0.6 con 40 % de Eps	97
3.3.6	Diseño de mezcla para R A/C = 0.6 con 60 % de Eps	97
3.3.7	Diseño de mezcla para R A/C = 0.7 sin Eps.....	98
3.3.8	Diseño de mezcla para R A/C = 0.7 con 20 % de Eps	98
3.3.9	Diseño de mezcla para R A/C = 0.7 con 40 % de Eps	99
3.3.10	Diseño de mezcla para R A/C = 0.7 con 60 % de Eps	99
3.3.11	Diseño de mezcla para R A/C = 0.8 sin Eps.....	99

3.3.12	Diseño de mezcla para R A/C = 0.8 con 20 % de Eps	100
3.3.13	Diseño de mezcla para R A/C = 0.8 con 40 % de Eps	100
3.3.14	Diseño de mezcla para R A/C = 0.8 con 60 % de Eps	101
3.3.15	Procedimiento de mezclado para concreto convencional.....	101
3.3.16	Procedimiento de mezclado de concreto con adición de Eps.....	102
3.4	Propiedades del concreto fresco.....	103
3.4.1	Consistencia	103
3.4.2	Peso unitario del concreto	105
3.5	Elaboración de probetas de concreto	107
3.5.1	Vaciado de probetas cilíndricas	108
3.5.2	Curado de probetas de concreto	110
3.6	Propiedades del concreto endurecido.....	111
3.6.1	Resistencia a la compresión.....	111
3.7	Elaboración de unidades de concreto.....	128
3.7.1	Selección de dosificaciones.....	129
3.7.2	Dimensionamiento	130
3.7.3	Proceso de mezclado de unidades de concreto	131
3.7.4	Curado de unidades de albañilería	132
3.7.5	Almacenamiento	133
3.8	Propiedades físicas y mecánicas de unidades de concreto.....	134
3.8.1	Ensayos clasificatorios	134
3.8.2	Ensayos no clasificatorios	142
3.8.3	Pilas de albañilería	149
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	158
4.1	Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido	158
4.1.1	Consistencia	158
4.1.2	Peso unitario.....	160
4.1.3	Resistencia a la compresión.....	162
4.2	Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de concreto	166
4.2.1	Ensayos clasificatorios	166
4.2.2	Ensayos no clasificatorios	170
4.2.3	Resumen de resultados.....	173
4.2.4	Certificación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.....	175

4.2.5 Pilas de albañilería	176
4.3 Análisis de costos de unidades de concreto por millar	180
4.3.1 Costo de unidades para dosificación R 0.6 – Eps 20	180
4.3.2 Costo de unidades para dosificación R 0.8 – Eps 40	181
4.4 Comparación de resultados	182
4.5 Aplicación de las unidades de concreto con Eps	192
Conclusiones.....	197
Recomendaciones.....	199
Línea De Investigación.....	200
Referencias Bibliográficas.....	201
Bibliografía	201
Anexos	203

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Compuestos principales del cemento Portland	17
Tabla 2. Límites de composición aproximados para cemento Portland	17
Tabla 3. Límites de composición aproximados para cemento Portland	19
Tabla 4. Tamices por utilizar para el análisis granulométrico.....	21
Tabla 5. Clasificación por la densidad del agregado.....	22
Tabla 6. Tamices por utilizar para el análisis granulométrico.....	23
Tabla 7. Textura superficial de los agregados.....	23
Tabla 8. Ubicación geográfica del lugar de investigación.....	48
Tabla 9. Características físicas de Cemento Andino Tipo I.....	53
Tabla 10. Cantidad de muestra de campo requerida	57
Tabla 11. Granulometría del agregado fino.....	59
Tabla 12. Cantidad de muestra del ensayo de análisis granulométrico	60
Tabla 13. Porcentaje de peso retenido acumulados en mallas estandarizadas	61
Tabla 14. Promedio de pesos retenidos de las muestras ensayadas	62
Tabla 15. Resultados del módulo de fineza de arena fina.....	62
Tabla 16. Datos de tamizado de agregado fino en las mallas estandarizadas – Muestra 1	62
Tabla 17. Datos de tamizado de agregado fino en las mallas estandarizadas – Muestra 2	63
Tabla 18. Datos de tamizado de agregado fino en las mallas estandarizadas – Muestra 3	63
Tabla 19. Promedio de pesos retenidos de las muestras ensayadas	63
Tabla 20. Resultado del peso específico y porcentaje de absorción de las 3 muestras ensayadas	70
Tabla 21. Promedio de resultados del peso específico y porcentaje de absorción ..	70
Tabla 22. Capacidad de recipiente según el tamaño máximo nominal del agregado	71
Tabla 23. Resumen del resultado de peso unitario suelto y compactado	74
Tabla 24. Resultado del promedio del peso unitario suelto y compactado.....	74
Tabla 25. Cantidad de la muestra según el tamaño máximo nominal para contenido de humedad	75
Tabla 26. Resultado del contenido de humedad del agregado fin	77

Tabla 27. Características físicas del poliestireno expandido	79
Tabla 28. Resumen del resultado de peso unitario suelto y compactado de poliestireno expandido	82
Tabla 29. Resultado del promedio del peso unitario suelto y compactado del poliestireno expandido.....	82
Tabla 30. Resumen de ensayos de materiales a utilizar en los diseños de mezcla .	85
Tabla 31. Volumen unitario de agua	86
Tabla 32. Contenido de aire atrapado según el tamaño máximo nominal.....	86
Tabla 33. Volumen de la pasta para diseño de $R a/c=0.6$	87
Tabla 34. Diseño para volumen en seco, sin corrección por humedad ni absorción	87
Tabla 35. Diseño dinámico para una $R a/c=0.6$	88
Tabla 36. Proporción para un volumen unitario de 185 lts/m ³	88
Tabla 37. Proporción para un volumen unitario de 170 lts/m ³	90
Tabla 38. Proporción para un volumen unitario de 160 lts/m ³	91
Tabla 39. Resumen de ensayo de asentamiento para volumen óptimo de agua.....	92
Tabla 40. Nomenclatura utilizada en las dosificaciones propuestas	93
Tabla 41. Volumen de la pasta para diseño de $R a/c=0.6$	94
Tabla 42. Diseño para volumen en seco, sin corrección por humedad ni absorción	95
Tabla 43. Diseño dinámico para una $R a/c=0.6$	95
Tabla 44. Proporción en peso para una tanda de 10 probetas de 4" x 8" de $R a/c=0.6$ -EPS 0	96
Tabla 45. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de $R a/c=0.6$ -EPS 20	96
Tabla 46. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de $R a/c=0.6$ -EPS 40	97
Tabla 47. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de $R a/c=0.6$ -EPS 60	97
Tabla 48. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de $R a/c=0.7$ -EPS 0	98
Tabla 49. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de $R a/c=0.7$ -EPS 20	98
Tabla 50. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de $R a/c=0.7$ -EPS 40	99

Tabla 51. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.7- EPS 60	99
Tabla 52. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8- EPS 0	100
Tabla 53. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8- EPS 20	100
Tabla 54. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8- EPS 40	100
Tabla 55. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8- EPS 60	101
Tabla 56. Ensayo de Slump de todas las dosificaciones propuestas	105
Tabla 57. Resultados de peso unitario de las dosificaciones vaciadas	107
Tabla 58. Cantidad de probetas roturas por dosificación a los 7, 14 y 28 días	109
Tabla 59. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 0% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	114
Tabla 60. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	114
Tabla 61. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 20% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	115
Tabla 62. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	115
Tabla 63. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 40% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	116
Tabla 64. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	116
Tabla 65. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	117
Tabla 66. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	117

Tabla 67. Resumen de resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.6$	118
Tabla 68. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.7$ con 0% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	119
Tabla 69. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una $R_{a/c}=0.7$ con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	119
Tabla 70. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.7$ con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	120
Tabla 71. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una $R_{a/c}=0.7$ con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	120
Tabla 72. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.7$ con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	121
Tabla 73. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una $R_{a/c}=0.7$ con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	121
Tabla 74. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.7$ con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	122
Tabla 75. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una $R_{a/c}=0.6$ con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	122
Tabla 76. Resumen de la resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.7$	123
Tabla 77. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.8$ con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	124
Tabla 78. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una $R_{a/c}=0.8$ con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	124
Tabla 79. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una $R_{a/c}=0.8$ con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	125
Tabla 80. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una $R_{a/c}=0.8$ con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	125

Tabla 81. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	126
Tabla 82. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.8 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	126
Tabla 83. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días	127
Tabla 84. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.8 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días.....	127
Tabla 85. Resumen de la resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8	128
Tabla 86. Dosificación R 0.6 - EPS 20 (A) para volumen de 45 ladrillos.....	130
Tabla 87. Dosificación R 0.8 - EPS 40 (B) para volumen de 45 ladrillos.....	130
Tabla 88. Ensayo de variación dimensional del ladrillo para dosificación R 0.6 – EPS 20 (A).....	136
Tabla 89. Ensayo de variación dimensional del ladrillo para dosificación R 0.8 – EPS 40 (B).....	136
Tabla 90. Resultados de alabeo para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A).....	138
Tabla 91. Resultados de alabeo para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B).....	139
Tabla 92. Resultado del ensayo de compresión axial de la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A).....	142
Tabla 93. Resultado del ensayo de compresión axial de la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B).....	142
Tabla 94. Resultados del ensayo de succión para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)	145
Tabla 95. Resultados del ensayo de succión para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)	145
Tabla 96. Resultados del ensayo de absorción para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A).....	147
Tabla 97. Resultados del ensayo de absorción para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B).....	147
Tabla 98. Porcentaje de ranuras del ladrillo de concreto para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)	149

Tabla 99. Porcentaje de ranuras del ladrillo de concreto para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)	149
Tabla 100. Factores de corrección por esbeltez	150
Tabla 101. Dosificaciones y nomenclatura de pilas	151
Tabla 102. Determinación del área bruta de las pilas para la dosificación R 0.6 – EPS 20	154
Tabla 103. Determinación del área bruta de las pilas para la dosificación R 0.8 – EPS 40	154
Tabla 104. Datos de resistencia a compresión en pilas para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)	156
Tabla 105. Datos de resistencia a compresión en pilas para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)	157
Tabla 106. Medida de asentamiento para las dosificaciones planteadas.....	159
Tabla 107. Variación en el peso unitario para diseños de Relación a/c = 0.6	160
Tabla 108. Variación en el peso unitario para diseños de Relación a/c = 0.7	160
Tabla 109. Variación en el peso unitario para diseños de Relación a/c = 0.8	161
Tabla 110. Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días .	164
Tabla 111. Variación dimensional para la dosificación R0.6–EPS 20 (A)	166
Tabla 112. Porcentaje de variación en las dimensiones	167
Tabla 113. Variación dimensional para la dosificación R0.8–EPS 40 (B)	167
Tabla 114. Porcentaje de variación en las dimensiones	167
Tabla 115. Alabeo de los ladrillos de concreto para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)	168
Tabla 116. Alabeo de los ladrillos de concreto para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)	168
Tabla 117. Resistencia a compresión para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)	169
Tabla 118. Resistencia característica a compresión axial de la unidad	169
Tabla 119. Resistencia a compresión para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)	170
Tabla 120. Resistencia característica a compresión axial de la unidad	170
Tabla 121. Succión de las unidades de concreto para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A).....	170
Tabla 122. Succión de las unidades de concreto para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B).....	171

Tabla 123. Porcentaje de absorción de las unidades para la dosificación R 0.6–EPS20 (A).....	172
Tabla 124. Porcentaje de absorción de las unidades para la dosificación R 0.8–EPS40 (B).....	172
Tabla 125. Porcentaje de área de huecos de las unidades para la dosificación R 0.6–EPS 20 (A)	173
Tabla 126. Porcentaje de área de huecos de las unidades para la dosificación R 0.8–EPS 40 (B)	173
Tabla 127. Resumen de resultados para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A).....	174
Tabla 128. Resumen de resultados para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B).....	174
Tabla 129. Resultados de resistencia a la compresión de las unidades de concreto	175
Tabla 130. Resistencia característica a compresión de la albañilería para R 0.6 – EPS 20 (A).....	176
Tabla 131. Resistencia característica a compresión de la albañilería para R 0.8 – EPS 40 (B).....	177
Tabla 132. Cantidad de materiales por millar de unidades de concreto (R0.6 EPS-20)	181
Tabla 133. Costo por millar de unidades de concreto para dosificación R 0.6 – EPS 20 (A).....	181
Tabla 134. Cantidad de materiales por millar de unidades de concreto (R0.8 EPS-40)	182
Tabla 135. Costo por millar de unidades de concreto para dosificación R 0.8 – EPS 40 (B).....	182
Tabla 136. Especificaciones técnicas de unidades de concreto R 0.6 – EPS 20 (A)	183
Tabla 137. Especificaciones técnicas de ladrillos de Koncreto - Unicon.....	184
Tabla 138. Especificaciones técnicas de ladrillos de arcilla artesanales – Barrio Palián	185
Tabla 139. Especificaciones técnicas de ladrillos de arcilla King Kong 30 % - Marca Lark	186
Tabla 140. Especificaciones técnicas de unidades de arcilla King Kong 18 huecos – Marca Pirámide	187
Tabla 141. Especificaciones técnicas de unidades de concreto R 0.8 – EPS 40... ..	188

Tabla 142. Especificaciones técnicas de unidades de arcilla Tubular – Marca Lark	189
Tabla 143. Especificaciones técnicas de unidades de arcilla Pandereta acanalada – Marca Lark	190
Tabla N° 144: Características estructurales de unidades de albañilería usados en muros portantes.....	191
Tabla N° 145: Otras características de unidades de albañilería usados en muros portantes.	191
Tabla N° 146: Características estructurales de unidades de albañilería usados en muros no portantes.....	191
Tabla N° 147: Otras características de unidades de albañilería usados en muros no portantes.	192

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de viviendas construidas según el tipo de material y sistema estructural.....	2
Figura 2. Construcciones tradicionales de las viviendas en la ciudad de Huancayo..	2
Figura 3. Fabricación de unidades de arcilla artesanal en San Agustín de Cajas.....	3
Figura 4. Residuos de poliestireno expandido (EPS o tecnopor) desechado por los establecimientos en el sector industrial	4
Figura 5. Unidades de concreto ecológicos fabricados con poliestireno expandido a modo de prueba	5
Figura 6. Taller de producción, dedicados al sector industrial de poliestireno expandido.....	9
Figura 7. Procedimiento de reciclado mecánico de embalajes y envases de poliestireno expandido.....	30
Figura 8. Unidad Habitacional construida con panel de concreto con poliestireno expandido.....	31
Figura 9. Fachadas utilizando paneles de EPS y yeso laminado	31
Figura 10. Cubiertas planas e inclinadas aisladas con poliestireno expandido	32
Figura 11. Bloques de poliestireno expandido utilizado en losas aligeradas.....	32
Figura 12. Mezclado de EPS con la tierra para mejora de suelos.....	33
Figura 13. Fabricación de bloques de concreto de albañilería	33
Figura 14. Plano de construcción de un centro educativo teniendo muros portantes, las cuales soportarán durante su vida útil cargas verticales y laterales	37
Figura 15. Sistemas de muros no portantes.....	38
Figura 16. Slump de 1 pulg., adecuada en la fabricación de ladrillos de concreto ...	39
Figura 17. Materiales utilizados en la fabricación de unidades de concreto.....	40
Figura 18. Moldeo en artesanal de concreto, bloques de concreto	41
Figura 19. Máquina tipo Semiindustrial para fabricación de ladrillos de concreto	41
Figura 20. Máquina tipo Rosa Cometa.....	42
Figura 21. Máquina Vibro-Compactadora estacionaria en procesos industriales.....	42
Figura 22. Construcción de viviendas con ladrillos de concreto	43
Figura 23. Bloques de concreto usados para dividir ambientes	44
Figura 24. Cerco perimétrico con unidades de concreto	44

Figura 25. Cerco perimétrico con bloques de concreto	45
Figura 26. Unidad de concreto	46
Figura 27. Guía de observación sistemática del proyecto de investigación	51
Figura 28. Cemento Andino Tipo I	53
Figura 29. Fotografía satelital donde se muestra la ubicación de zona de ventas de agregados extraídos de las canteras del río Mantaro y Cunas	54
Figura 30. Compra de agregado fino del río Cunas – Pilcomayo.....	55
Figura 31. Inspección del agregado fino, verificando el exceso de piedras y material orgánico.....	56
Figura 32. Almacenado de agregado en sacos de costal, únicamente para ensayos de laboratorio	56
Figura 33. Tamizado de agregado fino separando partículas mayores a 3/8"	58
Figura 34. Cuarteo de la muestra del agregado fino	58
Figura 35. Muestras secas y pesadas.....	61
Figura 36. Tamizado del agregado fino.....	61
Figura 37. Curva granulométrica del agregado fino – Muestra 1	64
Figura 38. Curva granulométrica del agregado fino – Muestra 2	64
Figura 39. Curva granulométrica del agregado fino – Muestra 3	65
Figura 40. Curva granulométrica del promedio de las muestras del agregado fino .	65
Figura 41. Preparado de la muestra obteniendo material superficialmente seco del agregado fino	67
Figura 42.Derrumbe del molde de agregado fino después de ejecutar 25 golpes, listo para ser pesado	67
Figura 43. Expulsión del aire restante atrapado dentro de la probeta.....	68
Figura 44. Apisonado de la primera capa del agregado para el ensayo del peso unitario compactado	72
Figura 45. Llenado de la tercera capa del ensayo de peso unitario compactado del agregado fino	73
Figura 46. Muestras de agregado fino de 1.5 kg cada una	76
Figura 47. Secado del material en el horno a temperatura controlada.....	76
Figura 48. Residuos de poliestireno expandido (EPS o Tecnopor).....	77
Figura 49. Perlas de poliestireno expandido triturado de 500 gr	78
Figura 50: Procedimiento para hallar el peso unitario suelto del poliestireno extendido.	80

Figura 51. Apisonado del poliestireno expandido para obtener su peso unitario compactado.....	81
Figura 52. Guía de observación para los diseños de mezcla de concreto	84
Figura 53. Medición del slump, con un asentamiento de 2 3/4”	89
Figura 54. Medición del slump, con un asentamiento de 1”	90
Figura 55. Medición del Slump, con un asentamiento de 0”.....	91
Figura 56. Asentamientos obtenidos con cantidades de agua de 185, 170 y 160 lts/m ³	92
Figura 57. Preparado de concreto convencional compuesto por cemento, arena y agua	102
Figura 58. Mezclado de concreto con adición de poliestireno expandido	103
Figura 59. Dimensiones normalizadas del cono de Abrams	104
Figura 60. Preparación de probetas de concreto	109
Figura 61. Almacenaje de las probetas durante 24 horas antes de iniciar con el curado	110
Figura 62. Curado de las probetas de concreto dentro de pozas de agua con cal	111
Figura 63. Probetas sometidas a resistencia de compresión axial.....	112
Figura 64. Roturado de probetas de concreto a un tiempo de maduración de 28 días	113
Figura 65. Probetas con adición de poliestireno expandido roturadas.....	113
Figura 66. Curva de resistencia a la compresión de R a/c=0.6 + EPS vs Edad (días)	118
Figura 67. Curva de resistencia a la compresión de R a/c=0.7 + EPS vs Edad (días)	123
Figura 68. Curva de resistencia a la compresión de R a/c=0.8 + EPS vs Edad (días)	128
Figura 69. Máquina vibradora de unidades de concreto	129
Figura 70. Dimensionamiento en planta de las unidades de concreto	131
Figura 71. Ladrillos de concreto, fabricados con la máquina vibradora.....	132
Figura 72. Curado de las unidades de concreto con poliestireno expandido	133
Figura 73. Almacenado de ladrillos una vez curados, para poder ser ensayados .	133
Figura 74. Medición de los 4 lados del ladrillo.....	135
Figura 75. Toma de las 4 medidas obtenidas de cada dimensión	135
Figura 76. Cuña graduada para medir alabeo de ladrillos.....	137

Figura 77. Cuña graduada midiendo la concavidad de la unidad de concreto	138
Figura 78. Capping de las unidades de concreto	140
Figura 79. Ensayo de resistencia a compresión de la unidad	141
Figura 80. Secado de las unidades de concreto en el horno eléctrico	143
Figura 81. Ensayo de succión de los ladrillos de concreto	144
Figura 82. Unidades de concreto completamente sumergidos en agua destilada .	146
Figura 83. Medición del área de vacíos que tiene la superficie de área de asiento	148
Figura 84. Dimensiones de las pilas de albañilería, con unidades de concreto	150
Figura 85. Preparado de mortero para asentado de ladrillos	151
Figura 86. Proporción convertida en peso de asentado de ladrillos	152
Figura 87. Selección de ladrillos para las pilas	152
Figura 88. Almacenado de pilas de ladrillos de concreto para ser roturados	153
Figura 89. Capping yeso – cemento de las pilas.....	154
Figura 90. Colocación de la pila en la máquina de rotura	155
Figura 91. Rotura de las pilas de ladrillos de concreto.....	155
Figura 92. Gráfica de variación del asentamiento (Slump) con adición de EPS, para las tres relaciones agua/cemento planteadas	159
Figura 93. Gráfica de variación en el peso unitario del concreto con adición de EPS, para las tres relaciones agua/cemento planteadas	161
Figura 94. Decrecimiento de la resistencia a compresión para $R_{a/c} = 0.6$ con adición de EPS	163
Figura 95. Decrecimiento de la resistencia a compresión para $R_{a/c} = 0.7$ con adición de EPS	163
Figura 96. Decrecimiento de la resistencia a compresión para $R_{a/c} = 0.8$ según adición de EPS.....	164
Figura 97. Relación agua/cemento vs Resistencia a compresión a los 28 días.....	165
Figura 98. Laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería	176
Figura 99. Falla de Pila P20-1, tiene agrietamiento vertical y diagonal.....	177
Figura 100. Falla de Pila P20–2, por agrietamiento en el interior de las pilas.....	178
Figura 101. Falla de Pila P20–3, por agrietamiento vertical con trituración de las unidades.....	178
Figura 102. Falla de Pila P40–1, por agrietamiento en el interior de las pilas.....	179
Figura 103. Falla de Pila P4–2, por aplastamiento de unidades	179

Figura 104. Falla de Pila P6–2, por agrietamiento vertical y aplastamiento de unidades	180
Figura 105. Construcción de muro de albañilería con unidades de concreto con EPS	193
Figura 106. Asentado en seco de las unidades de concreto con EPS	193
Figura 107. Preparación del mortero con cal	194
Figura 108. Dentadura entre albañilería y columna	195
Figura 109. Juntas de mortero de 2 a 2.5 cm.....	196
Figura 110. Correcto asentado de unidades de concreto, con juntas menores a 1.5 cm.....	196

RESUMEN

Este trabajo de investigación determina el efecto que produce el poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo. Para conseguir lo propuesto, se realizó tres diseños de mezcla de concreto con relaciones a/c de 0.6, 0.7 y 0.8, usando materiales convencionales como cemento, agua y agregado fino (diseños patrón). Después, se quitó un 20, 40 y 60 % del agregado fino en cada diseño de mezcla y se reemplazó por perlas de poliestireno expandido (EPS o Tecnopor) de 3 - 4 mm de diámetro, teniendo finalmente 12 diseños de mezcla.

En la fase experimental: 1) Se caracterizó a los materiales: Cemento (Portland Tipo I), agua (proveniente de la red pública), Agregado (cantera del distrito de Pilcomayo). 2) Se evaluó las propiedades del concreto en estado fresco (consistencia y peso unitario) y endurecido (resistencia a compresión): La consistencia de concreto varió desde 1" a 7 1/2", el peso unitario del concreto de 2279.57 a 1087.34 kg/m³ y la resistencia a compresión en probetas a los 28 días disminuyó desde 23.21 % hasta 54.21 %. Se evaluó los resultados obtenidos y se seleccionó dos diseños de mezcla denominadas: R 0.6 – EPS 20 y R 0.8 – EPS 40, luego se fabricó 45 ladrillos de concreto por cada dosificación.

Finalmente, a las unidades de concreto elaboradas se determinó las propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos de albañilería; los ensayos de variación dimensional y alabeo dio 1.14 % y 0.98mm respectivamente. En cuanto a los resultados de resistencia a la compresión de las unidades; en la dosificación R 0.6 – EPS 20 se obtuvo un valor de 77.77 kg/cm² clasificando a la unidad de concreto como tipo II y para la dosificación R 0.8 – EPS 40 se obtuvo un valor de 31.24 kg/cm² lo que determinó su clasificación a unidades no estructurales. Los ensayos succión y absorción fueron afectados positivamente ya que sus resultados se encuentran dentro de los límites permitidos. Todas las unidades en promedio tienen 26.22 % de vacíos en sus ranuras clasificándose como unidades sólidas.

Palabras clave: poliestireno expandido, propiedades físicas y mecánicas, albañilería de concreto.

ABSTRACT

This investigation determines the effect of the expanded polystyrene on the physical and mechanical properties of concrete masonry units in Huancayo. To achieve this purpose, three concrete mixing designs were made with a/c ratios of 0.6, 0.7 and 0.8, using conventional materials such as cement, water and aggregates (pattern designs). Then 20, 40 and 60% of the aggregate was removed in each mixing design and it was replaced with 3-4 mm diameter expanded polystyrene beads (Expanded Polystyrene) so finally 12 mixing designs were obtained.

In the experimental phase: 1) The materials were characterized: Cement (Portland Type I), water (from the public supply system), Aggregate (Quarry located in Pilcomayo district). 2) The properties of the concrete were analyzed during its the fresh state (consistency and unit weight) and its hardened state (compression resistance): The consistency of concrete ranged from 1" to 7 1/2", the unitary weight of the concrete from 2279.57 to 1087.34 kg/m³ and the resistance to compression in specimens after 28 days decreased from 23.21 % to 54.21 %. The results obtained were evaluated and two mixing designs called R 0.6 – EPS 20 and R 0.8 – EPS 40 were selected, then 45 concrete bricks were manufactured for each dosage.

Finally, the concrete bricks were evaluated in their physical and mechanical properties through masonry tests; dimensional and wing variation assays gave 1.14% and 0.98mm respectively. About the results of the compression resistance; units in dosage R 0.6 – EPS 20 got a value of 77.77 Kg/cm² classifying the concrete unit as type II and the dosage of R 0.8 – EPS 40 got a value of 31.24 Kg/cm² which determined its classification to non-structural units. Suction and absorption tests were positively affected because their results are within the allowed limits. On average, all units have 26.22% voids in their slots classifying them as solid units.

Keywords: expanded polystyrene, physical and mechanical properties, concrete masonry.

INTRODUCCIÓN

Es importante para toda familia contar con un espacio donde puedan vivir cómodamente, por ello empresas constructoras y dueños propios se sienten motivados a construir viviendas, edificios multifamiliares, residencias, etc. Para la construcción de estas edificaciones el sistema estructural más usado es el de albañilería confinada, por tanto, promueve al incremento del consumo de unidades de albañilería entre ladrillos y bloques elaborados con todo tipo de material, los más comunes son arcilla, concreto, sílice – cal, ecológicos, etc.

Existe una gran variedad de ladrillos y bloques en el mercado local, teniendo mayor demanda los ladrillos elaborados con material de arcilla con distintas calidades dependiendo de la zona y empresa productora. Siendo la arcilla su materia prima principal, hay una gran explotación de suelos naturales y agrícolas. Por lo tanto, esta investigación busca incentivar y promover el uso de unidades de concreto con poliestireno expandido reciclado.

Por otro lado, tesis de investigación, artículos científicos y ensayos de laboratorio demostraron que el poliestireno expandido posee propiedades que resultaron ser ventajosas las cuales son; la baja densidad, es aislante térmico y acústico, además no absorbe humedad y su degradación puede tardar cientos de años. Cada una de estas propiedades pueden ser transmitidas a las unidades de concreto.

Para ello se fabricará ladrillos de concreto vibrado en la cual se adicionará perlas de poliestireno expandido en diferentes proporciones, estas perlas se conseguirán triturando material reciclado de las fabricas e industrias que hay en la ciudad de Huancayo.

Como se desconoce el comportamiento del poliestireno con el concreto, en la presente investigación se buscará determinar el efecto que produce el poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto.

En tal sentido, la presente tesis se desarrolló en 4 capítulos, concerniente a los siguientes temas: 1) planteamiento del estudio, 2) marco teórico, 3) metodología y experimentación y 4) resultados y discusiones; y conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo I se formula y plantea el problema de la investigación, se presentan los objetivos generales y específicos, justificación e importancia, hipótesis, descripción de variables y delimitación de la tesis.

En el capítulo II se presenta los antecedentes de la investigación que sirvieron de guía en el presente proyecto, asimismo, se definen las bases teóricas y definiciones de términos básicos.

En el capítulo III se desarrolla la metodología de investigación, se caracteriza a cada uno de los materiales actuantes; cemento, agregados, agua y poliestireno expandido, se describe los diseños de mezcla propuestos como pruebas patrón y pruebas experimentales con poliestireno expandido, se analizan las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, se describe la manera de fabricar los ladrillos de concreto con EPS con las dosificaciones planteadas inicialmente y se desarrollan los ensayos clasificatorios y no clasificatorios para determinar las propiedades físicas y mecánicas obedeciendo las normas técnicas, mediante ensayos de albañilería estipulados en la norma E 070.

En el capítulo IV se analiza los resultados obtenidos. En el concreto en estado fresco se estudia la consistencia y el peso unitario; en el concreto en estado endurecido se evalúa la resistencia a compresión axial en probetas y para los ladrillos de concreto con poliestireno expandido se interpreta los resultados obtenidos en los ensayos de albañilería, con la finalidad de determinar las siguientes propiedades físicas y mecánicas: variabilidad dimensional, alabeo, resistencia característica a la compresión axial, succión, absorción, porcentaje de huecos y resistencia a compresión en pilas de albañilería.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad las construcciones de albañilería confinada en general son las que más predominan en el país, lo que conlleva a una mayor demanda en producción de unidades de ladrillo para construcción de viviendas.

Las edificaciones con muros portantes de albañilería confinada son económicas y atiende a todas las clases sociales que hay en nuestra localidad y tiene una ventaja económica de hasta 25 % respecto a una solución aporticada u otro tipo (1).

Datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), mencionan que en la ciudad de Huancayo se tiene que el 45.10 % del total de viviendas construidas son con material de adobe o tapia, quincha, madera, entre otros materiales y un 54.90 % con material de albañilería y bloques de cemento (2).

En las últimas construcciones de viviendas en la ciudad de Huancayo, sus distritos y alrededores cada vez es menos el uso de materiales como adobe, tapia o quincha entre otros materiales; por lo que los porcentajes, mencionados en el párrafo anterior por el INEI, se estima que irán disminuyendo en los próximos años.

En la ciudad de Huancayo, del registro total de viviendas, el 67% se encuentran configuradas con el sistema estructural de albañilería confinada y el 33% corresponden a otros sistemas. Entendiéndose que en su mayoría las edificaciones en Huancayo son de albañilería confinada. (Figura 1) (3).

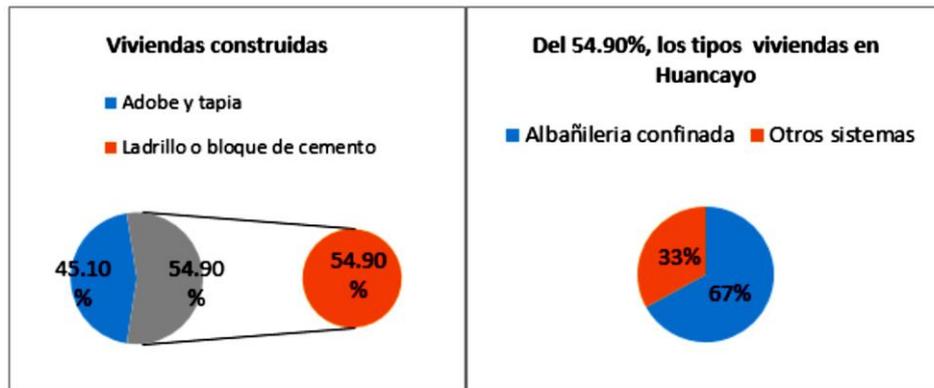


Figura 1. Porcentaje de viviendas construidas según el tipo de material y sistema estructural
Fuente: Evaluación de ventajas y desventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales (3)

Los muros de albañilería confinada tradicionalmente se construyen con ladrillos de arcilla entre unidades industriales y artesanales, para los primeros niveles se emplean ladrillos de arcilla producidos de manera artesanal que se fabrican en los distritos de Cochabamba, San Agustín de Cajas, Hualhuas, San Jerónimo, San Pedro de Saño, y Cullhuas, y para los últimos niveles ladrillos pandereta o unidades no sólidas de 18 huecos, como se presenta en la figura 2.



Figura 2. Construcciones tradicionales de las viviendas en la ciudad de Huancayo
Fuente: Imágenes propias

Para la elaboración de ladrillos y bloquetas de arcilla se necesita gran cantidad de suelos agrícolas, la extracción de la arcilla como materia prima deja desniveles de gran altura la cual modifica la topografía del lugar explotado, así mismo para la calcinación de los ladrillos de arcilla usualmente se utiliza leña (ramas, corteza,

troncos de eucalipto) lo cual incentiva a la deforestación de árboles y el humo generado por los hornos contamina el medio ambiente (Figura 3).



Figura 3. Fabricación de unidades de arcilla artesanal en San Agustín de Cajas
Nota: Figura izquierda: Explotación de arcilla y la modificación de la topografía. Figura Derecha: Moldeado y compactado de las unidades de arcilla para su secado.
Fuente: Imagen propia

Además de las unidades de arcilla, se tiene ladrillos y bloques de concreto (elaborados a base de cemento, agregados y agua), ladrillos de tierra comprimida (estabilizados con cal o cemento), que debido a su peso y costo más elevado a las unidades de arcilla es poca la producción en Huancayo.

Otra problemática encontrada en la ciudad de Huancayo es la generación de residuos sólidos a causa del poliestireno expandido comúnmente denominado EPS o tecnopor, se generan mayores residuos en el sector industrial en la producción de piñaterías, maquetas, adornos y decoración en todo tipo de fiestas y eventos y estos son desechados a la basura, también se generan residuos con los materiales que se emplean en la protección de electrodomésticos, tablas de surf, cascos de protección de motocicletas y otros, una vez cumplido su uso son desechados a la basura como se muestra en la figura 4. El tiempo aproximado de degradación puede ser desde unos meses hasta 500 años.



Figura 4. Residuos de poliestireno expandido (EPS o tecnopor) desechado por los establecimientos en el sector industrial
Fuente: Imagen propia

Por estas razones se utilizará el poliestireno expandido como un tipo de agregado más en la mezcla de concreto, contribuyendo al reciclaje por medio de trituración mecánica.

Como alternativa, se propone la producción de nuevas unidades de concreto ecológicos compuestos por cemento, arena, agua y poliestireno expandido reciclado, es importante recordar que el poliestireno expandido tiene excelentes propiedades térmicas y acústicas además de su peso liviano, por lo que resultará factible obtener datos con información técnica.

Siendo estas unidades de concreto con poliestireno expandido de reciente fabricación (Figura 5), será necesario analizar y realizar las pruebas experimentales que ayuden a determinar sus propiedades, tanto físicas como mecánicas, todo ello siguiendo las indicaciones de la Norma Técnica Peruana, ASTM, RNE y poder clasificarlo.

El presente trabajo de investigación consistirá en determinar las propiedades físicas y mecánicas (Resistencia a la compresión axial de la unidad, porcentaje de absorción y succión, peso unitario, etc.) de las unidades de concreto ecológicas elaborados en la ciudad de Huancayo, utilizando poliestireno expandido reciclables.



Figura 5. Unidades de concreto ecológicos fabricados con poliestireno expandido a modo de prueba

Fuente: Imagen propia

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

Por todo lo expuesto en el planteamiento del problema en esta tesis de investigación se plantea lo siguiente:

- ¿Qué efecto produce el poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- a) ¿Qué dosificación será la adecuada en la fabricación de ladrillos de concreto con poliestireno expandido?
- b) ¿Qué efecto produce la adición de poliestireno expandido en la resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo?
- c) ¿Qué efecto produce la adición de poliestireno expandido en la resistencia a la compresión axial en pilas de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo?
- d) ¿Qué efecto produce la adición de poliestireno expandido en la absorción y succión de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo?
- e) ¿Qué clasificación en la Norma Técnica E-070 tendrán las unidades de albañilería de concreto elaborados con poliestireno expandido en la ciudad de Huancayo?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto que produce el poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Conseguir una dosificación adecuada en la fabricación de ladrillos de concreto con poliestireno expandido.
- b) Determinar el efecto que produce la adición de poliestireno expandido en la resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo.
- c) Determinar el efecto que produce la adición de poliestireno expandido en la resistencia a la compresión axial en pilas de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo.
- d) Determinar el efecto que produce la adición de poliestireno expandido en el porcentaje de absorción y succión de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo.
- e) Determinar qué clasificación en la Norma Técnica E-070 tendrán las unidades de albañilería elaborados con poliestireno expandido en la ciudad de Huancayo.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Actualmente, muchas construcciones de viviendas familiares no cuentan con la participación de un profesional responsable, desde la etapa de diseño partiendo con la ausencia de planos, hasta la etapa de ejecución contando con maestros y operarios como directores técnicos en las obras, realizándose un mal proceso constructivo, a ello sumando la falta de control de calidad en los materiales adquiridos.

En la zonificación de la Norma Técnica E - 030, se tiene a 26 distritos de la ciudad que están perteneciendo a la zona 3 y los dos distritos restantes a la zona 2, por lo que se puede considerar a Huancayo como zona altamente sísmica.

Por estas razones, toda edificación debe ser capaz de soportar eventos sísmicos moderados sin llegar a colapsar.

Teniendo en cuenta ello, en esta investigación se consideró la adición de poliestireno expandido reciclado (en forma de perlas) como parte del volumen de las unidades de concreto reduciendo su peso, favoreciendo en el aligeramiento de la carga muerta de la albañilería y fácil manipulación en la construcción de estos, además de cumplir con las características estructurales aptas para construcciones seguras y menos susceptibles a la acción del sismo.

Con el empleo de poliestireno expandido en la producción de ladrillos de concreto se aportará a su reciclaje disminuyendo la cantidad de desechos sólidos elaborados con este material, estaremos acortando la cantidad de basura lo que es un problema actual en la ciudad de Huancayo, una ventaja del poliestireno expandido es que después de reciclar y someterse a trituración mecánica aún conserva sus propiedades iniciales, manteniendo su baja densidad y aportando aislación térmica favorables para climas fríos como en la ciudad de Huancayo.

Se tendrá una ventaja económica en la producción de los ladrillos con EPS, al reemplazar parte del agregado por material reciclado se igualará al costo a las unidades de arcilla y otros que existen en el mercado local, y en el uso de la edificación se contribuirá a una disminución en el uso de aparatos eléctricos de los sistemas de calefacción.

De todo lo expuesto, será importante producir nuevas unidades de albañilería de concreto con poliestireno expandido entre estructurales y no estructurales con la información técnica necesaria para su diseño y puedan cumplir con los parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones E – 070.

1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El poliestireno expandido producirá un efecto positivo en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de 11 huecos en la ciudad de Huancayo.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- a) La adición de poliestireno expandido producirá un efecto favorable en la resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería de 11 huecos en la ciudad de Huancayo.
- b) La adición de poliestireno expandido producirá un efecto favorable en la resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería de las unidades de 11 huecos en la ciudad de Huancayo.
- c) La adición de poliestireno expandido producirá un efecto favorable en el porcentaje de absorción y succión de las unidades de albañilería de 11 huecos en la ciudad de Huancayo.
- d) De los resultados obtenidos en los ensayos de variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión axial de la unidad de concreto, se interpretará y clasificará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica E – 070.

1.5. VARIABLES

Independiente:

- Poliestireno expandido.

Dependiente:

- Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto
- Resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería de 11 huecos
- Resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería de las unidades de 11 huecos
- Porcentaje de absorción y succión de las unidades de albañilería
- Clasificación en la Norma Técnica E – 070

1.6. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

El trabajo de tesis tiene como objetivo determinar el efecto que produce el poliestireno expandido (EPS o tecnopor) en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de concreto las cuales son elaboradas de manera semiindustrial en la Ciudad de Huancayo. Para conseguir el objetivo planteado realizaremos los ensayos mínimos requeridos y clasificarlos según la Norma Técnica de Edificaciones E 070.

Partiendo desde el análisis y ensayos a los materiales utilizados en la fabricación de las unidades de concreto convencional las cuales son: cemento Andino tipo I, agregado fino con tamaño máximo igual a 3/8" vendida en la cantera del rio Cunas en el distrito de Pilcomayo y agua proveniente del servicio público.

El poliestireno expandido usado en la mezcla de concreto se recolectará de los establecimientos que trabajan con este material, el taller de producción se muestra en la figura 6, ya que son los que generan mayores residuos, ubicado en el Jr. Alejandro O. Deustua y Jr. Nemesio Ruez, el material reciclado se adquiere de diferentes formas por lo que se triturará mecánicamente sin uso de algún aditivo, obteniendo perlas de diámetros de 3 milímetros.



Figura 6. Taller de producción, dedicados al sector industrial de poliestireno expandido
Fuente: imagen propia

Para la obtención de las unidades de concreto ecológicas se escogerá únicamente un método de diseño para unidades de concreto utilizando el más factible, el agregado será de una sola cantera la cual se estuvo utilizando en la producción de unidades de concreto convencional.

Se realizarán tres diseños de mezcla con dosificaciones de relación agua/cemento de 0.6, 0.7 y 0.8 y cada dosificación estará compuesto por cemento, agregado, agua y poliestireno expandido, buscando encontrar la dosificación óptima y adecuada.

Luego se realizarán ensayos clasificatorios y no clasificatorios para encontrar las propiedades físicas y mecánicas y que a su vez podamos clasificarlos entre unidades estructurales para muros portantes y no estructurales usados en muros de tabiquería. Todos los ensayos que se ejecutarán se realizarán después de los 28 días cuando las unidades hayan alcanzado su estabilidad volumétrica.

Para la ejecución de ensayos se hará respetando los procedimientos indicados en las Normas Técnicas Peruanas como la NTP 334.009 (Cementos Portland. Requisitos), NTP 339.034 (Determinación de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas), NTP 339.183 (Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curados de especímenes de concreto en el laboratorio), NTP 339.604 (Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto), etc., Normas ASTM C90 (*Standard specification for loadbearing concrete masonry units*), C 33 (*Normal weight aggregates*), C 331 (*Lightweight aggregates*), etc., ACI 211.3R - 02(*Guide for selecting proportions for no-slump concrete*), etc. Las normas utilizadas son las que estuvieron vigentes hasta octubre del 2017 (fecha de inicio de la tesis) las cuales pueden variar en los siguientes años.

Esta investigación no abordará estudios de durabilidad, térmico, acústico ni químico de las unidades de concreto. Los ensayos de albañilería a ejecutar serán: variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión axial de la unidad, succión, porcentaje de absorción, porcentaje de huecos de la unidad, resistencia a compresión de pilas. Siendo los ensayos de resistencia a compresión de mayor importancia, estos también se ejecutarán en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1 INVESTIGACIONES NACIONALES

❖ **ARAPA (2016).** Realizó la investigación “*Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante*” en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca – Perú.

La finalidad de esta investigación fue determinar y comparar las propiedades del concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante, para ello realizó tres diseños de mezcla las cuales fueron: diseño de concreto celular con espuma de poliestireno expandido, diseño concreto celular con agente espumante y diseño concreto celular con espuma de poliestireno y agente espumante, las cuales fueron vaciadas en moldes de bloquetas, briquetas y especímenes rectangulares, concluyendo que las propiedades del concreto celular con espuma de poliestireno expandido da como resultado que su densidad es muy baja en relación a los concretos convencionales que bordean los 2400 kg/m^3 , de los especímenes tipo bloqueta da un promedio de 1073 kg/m^3 y en briquetas da un promedio de 1329 kg/m^3 y la muestras rectangulares macizas dieron un promedio de 1181 kg/m^3 siendo de un 40 a 55 % menos densos, así mismo obtuvo resultados de los especímenes tipo bloquetas donde su conductividad térmica es de $0.5494 \text{ W/m}^2\text{k}$, resistencia térmica $0.27 \text{ m}^2\text{k/w}$, transmitancia $3.6596 \text{ W/m}^2\text{W}$.

Determinó que las propiedades de un concreto celular usando agente espumante, no tiene una baja densidad en comparación con el concreto de espuma de poliestireno, de las unidades tipo bloqueta se tiene un promedio de 1468 kg/m^3 , la misma cantidad de especímenes para briquetas tuvo un promedio de 1729 kg/m^3 y de muestras rectangulares macizas una media de 1548 kg/m^3 , su conductividad térmica para las de tipo bloquetas es de $0.5587 \text{ W/m}^\circ\text{K}$, su resistencia térmica es de $0.2685 \text{ m}^2\text{K/W}$ y su transmitancia es de $3.7250 \text{ W/m}^2\text{K}$, de las unidades rectangulares macizas, su conductividad térmica para las de tipo bloquetas es de $0.4310 \text{ W/m}^\circ\text{K}$, su resistencia térmica es de 0.1392°K/W y su transmitancia es de $7.1826 \text{ W/m}^2\text{K}$, su peso es superior cuando se habla de concretos celulares, su resistencia es superior entre los tres concretos estudiados en esta investigación, pero no es tan buen aislante térmico.

En relación a su masa, densidad, resistencia a compresión y baja conductividad térmica, el concreto celular con espuma de poliestireno es el óptimo debido a que tiene un equilibrio entre esos tres importantes aspectos. El concreto celular con espuma de poliestireno puede emplearse como unidad de albañilería sin ninguna dificultad, es más si la relacionamos con temas de temperaturas, puede ser empleado tanto en climas calurosos para evitar el ingreso de calor a recintos, habitaciones y en general viviendas, como en climas gélidos, donde sucede lo anteriormente dicho, pero a la inversa donde evita que el calor del interior de una habitación y/o edificación en general escape.

❖ **BUSTAMANTE y DIAZ (2014).** Realizaron la investigación “*Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado*” en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Perú.

En el estudio presentado evaluó las propiedades del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido en estado fresco midiendo la trabajabilidad, contenido de aire, peso unitario, temperatura del concreto y evaluó las propiedades del concreto en estado endurecido midiendo la resistencia a compresión, resistencia a tracción por flexión, realizando cuatro diseños de mezcla, variando en cada proporción la cantidad de cemento y agua, concluyendo que el aumento de poliestireno expandido provoca

un aumento de aire ocluido en cantidades variables dependiendo de la geometría de las partículas, en caso del poliestireno expandido presenta geometría amorfa provocando un aumento de la porosidad lo que traduce en una disminución de la resistencia y trabajabilidad. La resistencia a compresión disminuye al aumentar el poliestireno expandido, siendo menor del concreto convencional. Los valores alcanzados no son adecuados para los requerimientos mecánicos de los morteros convencionales, sin embargo, cumplen los requisitos para mortero revoco, enlucido y albañilería.

❖ **MORANTE (2008)**. Realizó la investigación “*Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto*” en la Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima.

El propósito de su investigación fue mejorar la adherencia mortero-ladrillo de concreto, mediante procedimientos constructivos distintos al propuesto por el fabricante de los ladrillos, para de este modo mejorar la resistencia al corte de la albañilería, utilizando dos técnicas de construcción distintas a la recomendada por el fabricante, como patrón de comparación se adoptó la técnica de construcción especificada por la empresa fabricante de los ladrillos de concreto, para conseguir su propósito determinó las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto en la cual se emplearon 20 ladrillos para someterlos a ensayos de compresión, porcentaje de ranuras, variabilidad dimensional, alabeo, succión y absorción. Llegando a la conclusión, el ladrillo de concreto clasificó como sólido clase IV según la Norma E.070, con $f'b = 162 \text{ kg/cm}^2$, apto para ser empleado en la construcción de muros portantes confinados. La succión del ladrillo fue óptima, encontrándose entre los límites de 10 y 20 $\text{gr}/200\text{cm}^2\text{xmin}$, fijado por la norma E.070 como para no recibir ningún tratamiento antes de asentarlo, excepto su limpieza. El ladrillo presenta una cara de asentado lisa y la otra rugosa, observándose en los ensayos una menor adherencia entre la cara lisa y el mortero que la existente entre la cara rugosa y el mortero. El ladrillo presenta 5 ranuras, por donde penetró el mortero creando llaves de corte, que al final de cuenta fueron las que proporcionaron la mayor parte de la resistencia al corte en la albañilería.

2.1.2 INVESTIGACIONES INTERNACIONALES

❖ **GONZÁLEZ y EDILIO (2014).** Realizaron la investigación “*Estudio de factibilidad del uso de perlas de poliestireno expandido como sustituto del aliven para la fabricación de bloques de concreto usados en la construcción de losas de techo y paredes*” en el Instituto Universitario de Tecnología Antonio José de Sucre extensión Punto Fijo – República Bolivariana de Venezuela.

La finalidad de la investigación fue estudiar la factibilidad del uso de perlas de poliestireno expandido como sustituto del aliven para la fabricación de bloques de concreto usados en la construcción de losas de techo y paredes, para ello analizó la influencia de las propiedades de las perlas de poliestireno en una mezcla de concreto, calculó el diseño de la mezcla de concreto con una resistencia a la compresión de 50 kg/cm² utilizando perlas de poliestireno como sustituto del aliven, para después fabricar un prototipo de bloque de concreto para losas de techos y paredes utilizando perlas de poliestireno, concluyendo que al momento de calcular un diseño de mezcla para bloques de concreto que cumpliera con lo establecido en la Norma COVENIN 42-82 para bloques de concreto; el investigador realizó un gran esfuerzo por demostrar cual era el mejor método a seguir, probando con el Método ACI (Asociación Internacional del Concreto por sus siglas en inglés), de igual forma el Método del Módulo de Finura, el Método de Füller y el Método de Porrero. Encontrándose con inconsistencias a la hora de evaluar las condiciones del agregado grueso, dado que las perlas de poliestireno expandido, asumida como ese tipo de agregado, no cumplen con ese requerimiento. Asimismo, tampoco cumple con la condición del peso mínimo requerido en la sumatoria en kilogramos de todos los agregados en conjunto, debido a su ligereza, es decir, las perlas de poliestireno expandido pueden ocupar un gran volumen, pero no alcanzan el peso suficiente para ser consideradas por los métodos anteriormente mencionados. Algo semejante ocurre con el tamaño máximo de las perlas, siendo apenas de 2mm, lo que es notablemente inferior al tamaño mínimo estandarizado para agregado grueso de 10mm.

❖ **FERRÁNDIZ y GARCÍA (2012).** Realizaron la investigación “*Caracterización física y mecánica de morteros de cemento Portland fabricados con adición de partículas de poliestireno expandido (EPS)*” en la Universidad de Alicante - España.

El propósito de la investigación fue evaluar la influencia de la adición de distintos tipos y dosificaciones de poliestireno expandido, tanto comercial como procedente de reciclado, sobre las características físicas y mecánicas de morteros de cemento Portland. Las variables estudiadas fueron: consistencia, aire ocluido, densidad aparente, resistencias mecánicas, porosidad, absorción de agua y absorción acústica. Los morteros también se han caracterizado por microscopía electrónica de barrido. Con objeto de mejorar la trabajabilidad de los morteros se han empleado aditivos aireantes, retenedor de agua y fluidificante.

Los resultados muestran que el aumento en la dosificación de EPS provoca un aumento del aire ocluido en el mortero en cantidades variables en función de la geometría de las partículas. Este aumento no logra contrarrestar la pérdida de trabajabilidad. La presencia de EPS en los morteros reduce el efecto de los aditivos en esta propiedad, excepto para el aditivo fluidificante.

La densidad del mortero fresco se reduce al aumentar el contenido de EPS en el mortero y conforme disminuye su tamaño de partícula.

La resistencia a compresión disminuye al aumentar el contenido de EPS, siendo siempre significativamente menor que la resistencia del mortero patrón, debido tanto a la reducción de la densidad del mortero endurecido como de la trabajabilidad, que implica la obtención de morteros menos homogéneos y más disgregados. Los valores alcanzados no son adecuados para los requerimientos mecánicos de los morteros convencionales. Sin embargo, cumplen los requisitos para los morteros de revoco, enlucido y de albañilería. Existen pocas variaciones en la resistencia a compresión de los morteros tanto en función de la cantidad de EPS como de aditivo. Para un mismo tipo de aditivo, no se detecta una influencia clara del tipo de EPS.

❖ **STRECKER, SILVA y PANZERA (2014).** Realizaron la investigación *“Fabricação e caracterização de compósitos a base de cimento com incorporação de poliestireno expandido (isopor)”* en la Universidad Federal de S. João Del-Rei – UFSJ – Brasil.

La finalidad de la siguiente investigación fue utilizar materiales de bajo peso como agregados en hormigón, morteros y pastas cementosas, siendo así que el poliestireno expandido (EPS o tecnopor) es un tipo de agregado que puede ser utilizado para tal fin. En este trabajo fue estudiada la influencia de la cantidad de arena fina en 5, 10 y 20 % y también de la cantidad de tecnopor en 20, 40 y 60 %, en las propiedades: densidad volumétrica, densidad aparente, porosidad aparente, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, dando como resultado que los materiales compuestos mostraron densidades variando entre 1250 y 1600 kg/m³ y resistencia de 9 a 18 MPa, para 60 y 20 % de tecnopor, respectivamente. El aumento de la fracción de arena de 5 a 20 % promovió el aumento de la densidad aparente y el módulo de elasticidad de los compuestos. El efecto de la adición de arena sobre la porosidad aparente y resistencia mecánica mostró variación, indicando el factor de empaque de las partículas como principal responsable de tal comportamiento. Los compuestos investigados exhibieron una distribución uniforme de partículas de tecnopor, permitiendo el uso de las mismas para fines no estructurales.

2.2 BASES TEÓRICAS

Para un mayor entendimiento de la investigación será importante conocer los conceptos básicos que se utilizará durante el desarrollo de la investigación.

2.2.1 MATERIALES

2.2.1.1 CEMENTO PORTLAND

En la NTP 334.009-2005 define al cemento Portland como un material hidráulico “producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda” (4).

El ingeniero Adam Neville menciona que se debe considerar cuatro compuestos como las principales partes que integran el cemento; se enumeran en la tabla 1, junto con sus símbolos de abreviación. Su composición química está representada en un 95 % de óxido de calcio (CaO), óxido de sílice (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃), el otro 5 % este compuesto por otros minerales como (óxido de magnesio, potasio, sodio titanio, azufre fósforo, y magnesio) (5).

Tabla 1. Compuestos principales del cemento Portland

Nombre del compuesto	Composición de óxido	Abreviatura
Silicato Tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO ₃	C ₂ S
Aluminato tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
Aluminoferrita tetracálcica	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Nota: Para la abreviación de la composición química describe cada óxido con una letra, a saber: CaO-C, SiO₂-S, Al₂O₃-A y Fe₂O₃-F. Análogamente, el H₂O del cemento hidratado, se indica por una H y SO₃ por S.

Fuente: Tecnología del Concreto de Adam M. Neville.

Después de realizar ensayos en laboratorio, las cantidades reales de los diferentes tipos de compuestos varían de manera considerable de un cemento a otro y sin duda es posible obtener distintos tipos de cemento agregando en forma proporcional los materiales originales.

Es posible obtener una idea general de la composición del cemento en la tabla 2, la cual indica los límites de la mezcla de los diferentes óxidos de los cementos Portland.

Tabla 2. Límites de composición aproximados para cemento Portland

Óxido	Contenido, Porcentaje
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0.5-6.0
MgO	0.5-4.0
Álcalis (como Na ₂ O)	0.3-1.2
SO ₃	2.0-3.5

Fuente: Tecnología del Concreto de Adam M. Neville

La forma en la cual el cemento portland se transforma en un agente ligante es porque se produce en una pasta de cemento y agua. Dicho de otra manera, la presencia del agua en los silicatos y aluminatos, mencionados en la tabla 1, forman productos de hidratación que, con el paso del tiempo, producen una masa firme y dura que se conoce como pasta de cemento hidratado.

Dependiendo del elemento de concreto a ejecutar y las condiciones en climas variados a la que será expuesta. Se producen cinco tipos de cementos Portland

normal que pueden ser clasificados como estándar y cuya fabricación esta normada las cuales son (6):

- TIPO I: De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.
- TIPO II: De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.
- TIPO III: Desarrollo rápido de la resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en climas frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- TIPO IV: De bajo calor de hidratación. Para uso en climas o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- TIPO V: Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

De estos cinco tipos de cemento, en el Perú solo se fabrican los tipos I, II y V, por las siguientes industrias productoras de cemento las cuales son:

- Unacem (Unión andina de cementos) constituidas por las fábricas de cementos Andino, Sol y Apu.
- Cementos Pacasmayo, produce tipos de cementos Portland tipo I, II, V, IP, 1Co MS, extraforte y extradurable.
- Cementos Selva, produce tipos de cementos Portland tipo I, II, V, IP, 1Co.
- Cementos Yura, produce tipos de cementos Portland tipo I, IP, IPM
- Cementos Caliza Inca, produce tipos de cementos Portland tipo I, 1Co Ecológico, Inka ultra resistente e Inka Tipo MS.

2.2.1.2 AGUA

Como se mencionó, el agua hace que hidrate a los compuestos del cemento formando una pasta que con el tiempo forma una masa sólida y dura, por lo que es importante realizar un análisis químico al agua de la mezcla de concreto.

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr (7):

- La formación del gel
- Permitir que el conjunto de la masa adquiriera las propiedades que en el estado no endurecido faciliten una adecuada y colocación.
- En el estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Se podrá emplear como aguas de mezclado de concreto aquellas que se consideren potables, de manera empírica y por experiencia se puede decir que aquello que no daña al ser humano tampoco puede dañar al concreto.

Se debe recordar que no todas las aguas que son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que, igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inadecuadas para preparar concreto, solo basta con que cumpla con parámetros establecidos en la tabla 3.

El agua en la mezcla de concreto cumple tres funciones principales (7):

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad.
- Generar una estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

La NTP 339.088:2013 propone los límites máximos permisibles que deben cumplir el agua para la mezcla y curado del concreto, las cuales menciona en la tabla 3 (8):

Tabla 3. Límites de composición aproximados para cemento Portland

Descripción	Límites Permisibles		
Sólido en suspensión	5000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros	1000	ppm	Máximo
pH	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: NTP 339.088:2013

2.2.1.3 AGREGADO

Conocer la definición y los tipos de agregado en el concreto viene a ser importante ya que estos ocupan una mayor parte del volumen del concreto por lo que para tener un buen resultado en la masa de concreto con respecto a su resistencia y durabilidad también depende del agregado y no solo de la pasta.

Al menos las tres cuartas partes del volumen de concreto están ocupadas por agregado, no es de extrañas que la calidad de este sea de suma importancia. Los agregados no solo pueden limitar la resistencia el concreto, puesto que los agregados débiles no pueden constituir un concreto resistente, sino que además sus propiedades afectan en gran medida tanto la durabilidad como el comportamiento estructural del concreto.

Originalmente, los agregados se consideraban un material inerte, que se repartía en toda la pasta de cemento, más que nada por razones económicas. Sim embargo, es posible asumir un punto de vista opuesto y pensar que los agregados son un material de construcción unido a un todo cohesivo por medio de la pasta de cemento, como sucede en las construcciones de mampostería. De hecho, los agregados no son realmente inertes y sus propiedades físicas, térmicas y a veces químicas, influyen el comportamiento del concreto (5).

Otros tipos de agregados, que fueron estudiados por el ingeniero Enrique Rivva son: los agregados livianos y pesados y estos pueden ser naturales o artificiales. Entre los primeros se incluyen la piedra pómez, las escorias de alto horno, o las arcillas expandidas. Entre los segundos, la limonita, la hematita, el espato pesado, o los agregados a base de mineral de hierro o trozos de acero, a ello se puede adicionar las perlas de poliestireno expandido (7).

Así mismo, se puede utilizar en mezclas de concreto agregado reciclado que son procedentes de tratamiento de materiales (escombros) de desecho obtenidos de demolición de construcciones. En el Perú todavía no se emplean agregados reciclados, solo se está haciendo investigaciones en laboratorios lo mismo que se está aplicando en este proyecto.

Existen muchas formas de clasificar a los agregados, todas ellas son útiles en la medida que pueden servir de ayuda para la elaboración de concreto.

La NTP 400.011 clasifica a los agregados según su composición granulométrica, su densidad, forma y textura y se muestra a continuación (9):

a. Composición granulométrica:

Se determina empleando los tamices especificados en la tabla 4.

Tabla 4. Tamices por utilizar para el análisis granulométrico

Agregado	Tamices normalizados
FINO	150 μm (N° 100)
	300 μm (N° 50)
	600 μm (N° 30)
	1.18 mm (N° 16)
	2.36 mm (N° 8)
	4.75 mm (N° 4)
GRUESO	9.50 mm (3/8)
	12.5 mm (1/2)
	19.0 mm (3/4)
	25.0 mm (1)
	37.5 mm (1 1/2)
	50.0 mm (2)
	63.0 mm (2 1/2)
	75.0 mm (3)
	90.0 mm (3 1/2)
	100.0 mm (4)

Fuente: NTP 400.011:2008

b. Por su densidad:

Los agregados por su densidad se clasifican en agregados livianos y pesados y se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación por la densidad del agregado

Agregados	Clasificación
<p style="text-align: center;">AGREGADO LIVIANO</p>	<p>Uso en hormigón (concreto) aislante térmico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grupo I: Agregados resultantes de productos expandidos, tales como perlitas o vermiculitas. • Grupo II: agregados resultantes de productos expandidos, calcinados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas, diatomitas, esquistos o pizarras y agregados preparados del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos.
	<p>Uso en hormigón (concreto) estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras. • Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos.
	<p>Uso en unidades de albañilería.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras. • Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos • Tipo III: agregados resultantes de la combustión final de productos de carbón o coque.
<p style="text-align: center;">AGREGADO PESADO (hormigones para protección radioactiva)</p>	<p>1. Agregados minerales naturales de alta densidad o alto contenido de agua: Barita, magnetita, hematina, ilmanita y serpentina.</p>
	<p>2. Agregados sintéticos: acero, hierro, ferro fosforosos, fritas de boro y otros compuestos de boro.</p>
	<p>3. Agregados finos consistentes de arena natural o manufacturada incluyendo minerales de alta densidad. El agregado grueso puede consistir de mineral triturado, piedra chancada, productos sintéticos y combinaciones o mezclas de éstos.</p>

Fuente: NTP 400.011:2008

c. Por su forma:

Clasifica por la forma de las partículas de los agregados, tabla 6.

Tabla 6. Tamices por utilizar para el análisis granulométrico

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción	Grava de río o playa; arena del desierto, de la playa o del viento
Irregular	Naturalmente irregular, o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado
Laminar	Material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones	Roca laminada
Angular	Posee bordes bien definidos formados en la intersección de caras planas	Rocas trituradas de todos tipos, escoria triturado
Alargada	Alargada Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones	-----

Fuente: NTP 400.011:2008

d. Por la textura:

Clasifica por la textura superficial de los agregados mostrados en la tabla 7.

Tabla 7. Textura superficial de los agregados

Grupo	Textura de la Superficie	Características	Ejemplos
1	Vidrioso	Fractura concoidal	Pedernal negro, escoria vítrea
2	Lisa	Desgastado por agua, o debido a fractura de laminada o roca de grano fino.	Gravas, esquisto, pizarra, mármol, algunas riolitas
3	Granulosa	Fracturas que muestran granos uniformes mas o menos pulidas.	Arenisca, oolita
4	Rugosa	Fractura rugosa de roca granular fina a media que tiene constituyentes cristalinos que no se pueden ver fácilmente.	Basalto, felsita, pórfido, caliza
5	Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles	Granito, gabro, gneis
6	Panal de abeja	Con cavidades y poros visibles	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, ladrillo, vítreo, barro expandido

Fuente: NTP 400.011:2008

Características físicas de los agregados

Reconocer las propiedades de los agregados permitirá ver la durabilidad y resistencia a obtener en una mezcla de concreto, por ello muchos investigadores se dedicaron a realizar ensayos en laboratorios a los agregados.

Todo agregado puede contener las siguientes características físicas:

a. Dureza

Define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o, en general, el desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las mejores rocas a emplear en concreto que deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión, se encuentran el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas (7).

b. Densidad

La densidad de los agregados depende tanto del peso específico de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del mismo material. La densidad de los agregados es de especial importancia en todos aquellos casos en que, por resistencia o durabilidad, se requieren concretos con peso por encima o debajo de aquel que corresponde a concreto usuales (7).

c. Porosidad

Se define como el espacio no ocupado por materia sólido en la partícula de agregado. La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencia mecánica. Propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas. Siendo todas estas propiedades menores conforme aumenta la porosidad del agregado (7).

d. Peso específico:

Se obtiene de dividir el peso de las partículas entre el volumen de estas sin considerar los vacíos que hay en ella, se utiliza la Norma Técnica NTP 400.022.

a. Peso unitario:

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos, se obtiene mediante el ensayo especificado en la Norma Técnica NTP 400.017. El valor obtenido es que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

b. Absorción:

Es la capacidad de los agregados en llenar con agua los vacíos internos en las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no se llega a llenar absolutamente los poros indicados ya que siempre queda aire atrapado (6).

Se determina mediante el ensayo de NTP 400.022.

c. Humedad:

Es la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas del agregado. Es una característica importante ya que contribuye a incrementar el agua en la mezcla de concreto (6).

Se determina mediante el ensayo de la NTP 339.185.

d. Módulo de fineza

Representa la distribución volumétrica de las partículas de agregado. La base experimental que apoya al concepto de módulo de fineza es que las granulometrías que tengan igual módulo de fineza independientemente de la gradación individual requieren de la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia, lo que indica un parámetro ideal para el diseño y control de mezclas de concreto (6).

e. Material que pasa la malla # 200

Tiene trascendencia en la adherencia entre el agregado y la pasta afectando la resistencia. Por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua por lo que se acostumbra a limitarlos entre 3 % y 5 %, aunque los valores superiores hasta el orden del 7 % no necesariamente causarían un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación agua – cemento y optimizando la granulometría (6).

2.2.1.4 POLIESTIRENO EXPANDIDO

El poliestireno expandido o *Expanded Polystyrene* - EPS (por sus siglas en inglés), es material derivado del poliestireno, la cual posee poca densidad y un buen aislante de calor.

El poliestireno es un polímero formado por un proceso repetitivo de estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno. El estireno se mezcla con agua y un agente de expansión (10).

Estudios realizados en la Asociación Brasileña de Poliestireno Expandido indica que el poliestireno (EPS) es un material plástico celular rígido, resultante de la polimerización del estireno en agua y un agente expansor, su proceso de fabricación no compromete al medio ambiente. El producto final es compuesto de perlas de hasta 3 mm de diámetro. En el proceso de transformación, esas perlas son sometidas a la expansión de hasta 50 veces de su tamaño original, a través de vapor, fundiéndose y moldeándose en formas diversas. Las perlas consisten en hasta 98 % de aire y 2 % de poliestireno. En 1 m³ de poliestireno expandido, por ejemplo, existen de 3 a 6 billones de células cerradas y llenas de aire. En los últimos 35 años este material ganó una posición estable en la construcción civil, no solo por sus características aislantes sino también por su ligereza, resistencia, facilidad de manipuleo y bajo costo (11).

La Asociación Nacional De Poliestireno Expandido de España recomienda a reutilizar residuos de poliestireno expandido en diferentes sectores de la construcción como aislante térmico y acústico y como material de aligeramiento de estructuras como losas, muros de *drywall*, ladrillos y bloques, etc. y por otro lado para envasado y embalado de diversos productos y mercaderías además de multitud de aplicaciones diversas desde los cascos de ciclistas y motoristas o envases especiales para el transporte de órganos destinados al trasplante (12).

a. Propiedades del poliestireno expandido

Conocer las propiedades del poliestireno expandido nos permitirá destinar el uso correcto en la participación como un elemento en la construcción.

- **Densidad**

La densidad en las perlas de EPS puede ser variable desde 10 a 25 kg/m³ depende mucho del tipo de fabricación, en investigaciones de ANAPE determinó que los productos y artículos acabados en poliestireno expandido (EPS) se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros, aunque resistentes. En función de la aplicación las

densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 10 kg/m³ hasta los 30 kg/m³ (13).

El poliestireno expandido es producido en dos versiones; Clase P; no retardante al fuego, Clase F; retardante al fuego. Estos están subdivididos en tres grupos de masa específica aparente: I – de 13 a 16 kg/m³, II – 16 a 20 kg/m³ y III – de 20 a 25 kg/m³ (10).

- **Resistencia mecánica**

La resistencia del poliestireno expandido sometido a esfuerzos mecánicos son los siguientes: resistencia a la compresión con una deformación del 2 % obtiene valores de 15 a 70 Kpa, resistencia a la flexión oscila entre 50 a 375 Kpa, resistencia a la tracción es menor a 100 Kpa y resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante oscila entre 25 a 184 Kpa (13).

- **Aislamiento térmico**

Los productos y materiales de poliestireno expandido (EPS o tecnopor) presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío. A razón de que aproximadamente un 98 % del volumen del material es aire y únicamente un 2 % materia sólida (poliestireno) y poseer perlas de estructuras cerradas y llenas de aire, este hecho lo convierte en un óptimo aislante térmico (13).

La capacidad del aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica λ , para el caso del poliestireno expandido su conductividad térmica con 10°C varía de 46 a 33 mW/(mK).

- **Comportamiento frente al agua**

El poliestireno expandido no es higroscópico (capacidad de atraer humedad). Incluso, sumergiendo el material completamente en agua, los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1 % y el 3 % en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días). Nuevos desarrollos en las materias primas resultan en productos con niveles de absorción de agua aún más bajos (13). Lo que quiere decir que prácticamente no absorbe agua.

- **Comportamiento frente a factores atmosféricos**

La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Debido a que estos efectos solo se muestran tras la exposición prolongada a la radiación UV, en el caso de las aplicaciones de envase y embalaje no es objeto de consideración (13).

- **Propiedades químicas**

El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias.

El EPS no es estable frente a: ácidos concentrados (sin agua) al 100 %, disolventes orgánicos (acetona, ésteres, etc.), hidrocarburos alifáticos saturados, aceite de Diésel, y carburantes (13).

- **Propiedades biológicas**

El poliestireno expandido no constituye sustrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos de poliestireno expandido cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio (13).

b. Recuperación de residuos de poliestireno expandido usado

La aplicación y manera de recuperar los residuos de poliestireno expandido depende del estado en el que es encontrado. Los residuos más comunes encontrados fueron:

- **Residuos industriales**

Son los que se originan tras la utilización de empaques o embalajes con poliestireno expandido para el transporte de componentes de diversos productos

como máquinas, electrodomésticos, repuestos, etc., que después de haber cumplido su función de protección en el transporte pasan a convertirse en residuos (12).

- **Residuos del comercio**

Aquí se incluyen las cajas de helados, pescados y otros envases de alimentación (cárnicos, frutas y hortalizas) así como embalajes y bandejas agrupadoras de unidades de venta. Estos residuos se generan en los mercados centrales, supermercados, centros comerciales. Por otro lado, los grandes comercios y distribuidores de productos de la electrónica de consumo, electrodomésticos, e informática pueden colaborar activamente en aportar un servicio al consumidor a la hora de retirarle los materiales de embalaje tras la entrega e instalación.

- **Residuos domésticos**

Son los que se generan en los domicilios particulares provenientes de envases y embalajes de EPS para artículos muy diversos (gran y pequeño electrodoméstico, electrónica de consumo, juguetes, embalajes diversos, etc.).

c. Procedimiento de reciclado mecánico

El reciclado mecánico del poliestireno expandido se puede hacer de diferentes maneras, en esta investigación se reciclará sin la necesidad de utilizar productos químicos solo por acción de trituración.

El proceso de reciclado se realiza de la siguiente manera:

- a. El poliestireno expandido es recolectado de las industrias, talleres de producción como piñaterías, elaboración de maquetas, decoraciones.
- b. El EPS es transportado al área de trituración, estas se seleccionan y separan entre poliestireno expandido y poliestireno extruido, estas deben estar libres de otros tipos de agentes o materiales.
- c. En la máquina de trituración se maniobra y se obtienen perlas de poliestireno de diámetro hasta 3 mm.
- d. El material triturado es almacenado y guardado para su uso en las diferentes aplicaciones que se le puede otorgar. Para una mejor ilustración ver figura 7.

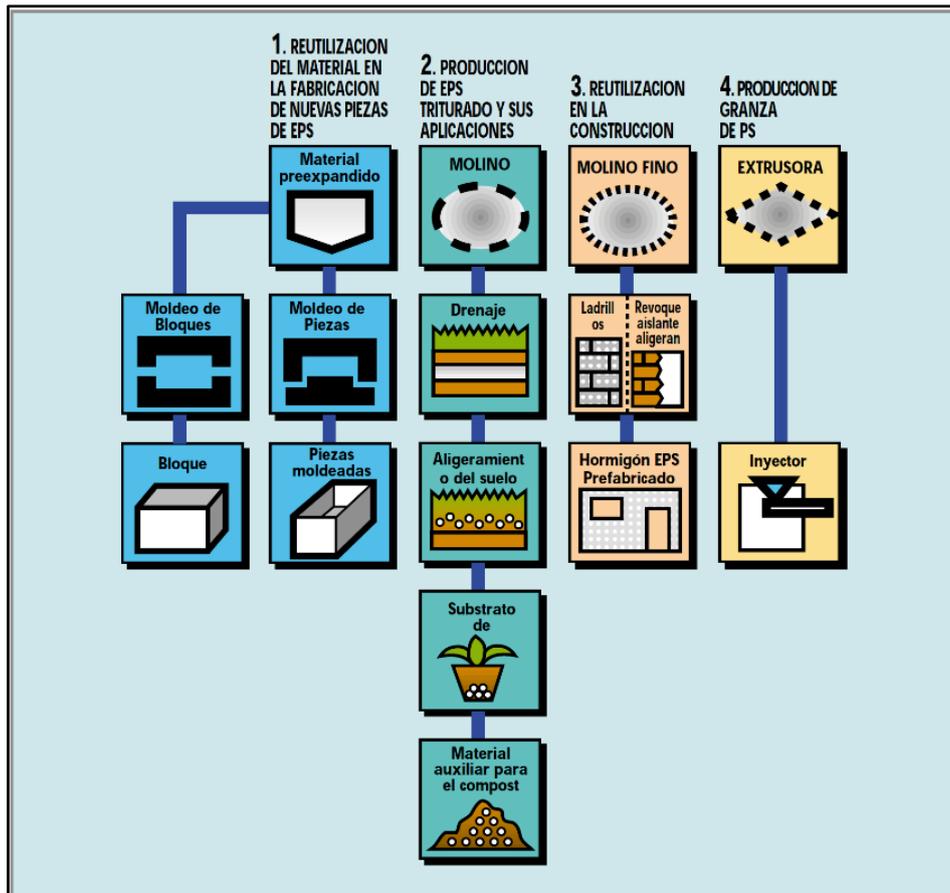


Figura 7. Procedimiento de reciclado mecánico de embalajes y envases de poliestireno expandido.

Fuente: Informe “Reciclado de envases y embalajes de poliestireno expandido usados”

e. Aplicaciones en la construcción civil

El poliestireno expandido puede ser utilizado como diferentes elementos y aplicaciones en diferentes ramas de la Ingeniería Civil.

- **Paneles de tabiquería**

Piezas de concreto de peso ligero con poliestireno expandido fabricados en moldes metálicos artesanales, utilizando en muros y tabiquerías la construcción de una unidad habitacional en Brasil, visualizar ejemplo en la figura 8.



Figura 8. Unidad Habitacional construida con panel de concreto con poliestireno expandido
Fuente: Rua Ernesto de Paula Santos

- **Aislamiento térmico interior**

Cerramientos en muros o paredes interiores, con paneles prefabricados que son compuestos de poliestireno expandido y yeso laminado, en la figura 9 muestra su aplicación en la construcción.



Figura 9. Fachadas utilizando paneles de EPS y yeso laminado
Fuente: Guía de aplicaciones de aislamiento en edificaciones

- **Cubiertas planas con aislamiento térmico**

Colocación de planchas de poliestireno expandido en la cubierta de techos terminados, su aplicación se visualiza en la figura 10.

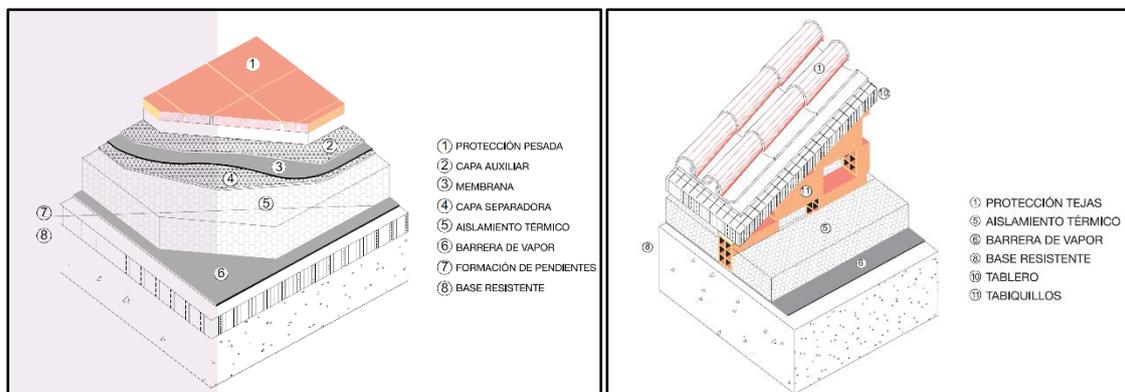


Figura 10. Cubiertas planas e inclinadas aisladas con poliestireno expandido
Fuente: Guía de aplicaciones de aislamiento en edificaciones

- **Bloquetas en losas aligeradas**

Actualmente se utilizan bloques de poliestireno expandido reemplazando a las bloquetas de arcilla para losa aligerada, este sistema también es aplicado en el Perú, ver figura 11.



Figura 11. Bloques de poliestireno expandido utilizado en losas aligeradas
Fuente: <http://www.consorcioyan.com>

- **Mejoramiento de suelos**

Los residuos de EPS una vez triturados y molidos se emplean para ser mezclados con la tierra y de esta forma mejorar su drenaje y aireación, como se aprecia en la figura 12. También pueden destinarse a la aireación de los residuos orgánicos constituyendo una valiosa ayuda para la elaboración del compost (tipo de abono) (12).



Figura 12. Mezclado de EPS con la tierra para mejora de suelos.

Fuente: Proyecto “Reciclado de envases y embalajes de poliestireno expandido usados”

- **Bloques de concreto con poliestireno expandido**

Bloques de concreto adicionado con espuma de poliestireno expandido fabricados en moldes metálicos utilizando concreto convencional, su elaboración se presenta en la figura 13.



Figura 13. Fabricación de bloques de concreto de albañilería

Fuente: Proyecto “Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante”

2.2.2 CONCRETO

El concreto es un material terminado, compuesto por un material ligante de agua - cemento (pasta) y agregados (finos y gruesos).

El ingeniero Enrique Rivva López, define al concreto como “un material formado por la mezcla en ciertas cantidades de cemento, agua, agregados y alternativamente con aditivos, que inicialmente tiene consistencia plástica y moldeable, y posteriormente adquiere una estructura rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que hace un material ideal para la construcción” (6).

Para el comité del *American Concrete Intitute*, el concreto es un material compuesto, que consiste esencialmente en un medio ligante de pasta en la cual son embebidos partículas o fragmentos de agregado, generalmente una combinación de agregado fino y agregado grueso; en el concreto de cemento Portland el ligante es una mezcla de cemento Portland y agua (14).

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo en conjunto de este. El concreto endurecido se compone de pasta y agregado (7).

2.2.3 CONCRETO VIBRADO

El método de tratamiento de concreto vibrado es usado para la fabricación de unidades y bloques de albañilería confinada y armada, con mezclas de consistencia seca, por ello la necesidad de vibrar la mezcla para el acomodo de las partículas dentro del molde.

Los materiales utilizados para la fabricación de unidades y bloques de concreto estarán constituidos por cemento Portland, agregados como confitillos y arenas de tamaño máximo nominal de 3/8” debidamente graduados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales; se debe considerar relación a/c mínima a fin de proporcionarles características de durabilidad e impermeabilidad sin que exagere en el uso de cemento para que resulte económico, el equipo básico para fabricar ladrillos y bloques lo conforman una mesa vibradora con su respectivo molde metálico.

La vibración consiste en someter al concreto a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada. Bajo este efecto, la masa de concreto que se halla en un estado

más o menos suelto según su consistencia, entra a un proceso de acomodado y se va asentando uniforme y gradualmente, reduciendo notablemente el aire atrapado. (15)

2.2.4 CONCRETO DE PESO LIGERO

Los concretos de peso ligero son aquellos cuya densidad es sustancialmente menor al concreto preparado con agregados normales.

El concreto hecho con agregado natural que se origina a partir de roca dura tiene una densidad dentro de un rango estrecho porque el peso específico de casi todas las rocas varía poco. Aunque el contenido volumétrico del agregado de la mezcla afecta a la densidad del concreto, este, tampoco es un factor principal. Así, en la práctica, la densidad del concreto de peso normal se halla dentro del rango de 2200 a 2600 kg/m³ (14).

La densidad del concreto se puede reducir mediante el reemplazo de algo del material sólido de la mezcla por vacíos de aire. Hay tres posibles localizaciones del aire: en las partículas de agregado, que se conoce como agregado de peso ligero; en la pasta de cemento, de la que resulta el concreto lo que se conoce como concreto celular; y entre las partículas de agregado grueso, siendo omitido el agregado fino. El concreto hecho de la última manera mencionada se conoce como concreto sin finos. El rango práctico de densidad del concreto de peso ligero esta entre alrededor de 300 kg/m³ y 1850 kg/m³. (5)

2.2.4.1 CONCRETO CON AGREGADO DE PESO LIGERO

La característica esencial del agregado de peso ligero es su alta porosidad, siendo el resultado un bajo peso específico aparente. Algunos agregados de peso ligero ocurren de forma natural; otros son fabricados a partir de materiales naturales o a partir de productos industriales secundarios.

El concreto de agregado de peso ligero cubre un campo extremadamente amplio: con el uso de materiales y métodos apropiados, la densidad del concreto se puede variar entre poco menos de 300 y alrededor de 1,850 kg/m³, y el rango correspondiente de resistencias está entre 0.3 y 70 MPa, y algunas veces incluso 90

MPa. Esta amplia variedad de composición se refleja en las diversas propiedades del concreto de agregado de peso ligero. (5)

2.2.4.2 CONCRETO CELULAR

En la clasificación inicial del concreto de peso ligero se dijo que un método para reducir la densidad del concreto consiste en la introducción de huecos estables dentro de la pasta de cemento endurecido o mortero. Los huecos se pueden producir por gas o por aire; de ahí, los nombres de concreto con gas y concreto aireado. Puesto que el aire se introduce mediante un agente que forma espuma, el concreto también se llama concreto espumado. (5)

2.2.5 CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Como se describió, el poliestireno expandido es un material sólido, compuesto con un 98 % de aire, entonces, se puede clasificar al concreto con poliestireno como un tipo de concreto de agregado liviano de fabricación artificial; así mismo, como un concreto celular ya que cumple con sus características, ya que en la producción el hecho de insertar perlas de poliestireno expandido dentro de la mezcla es insertar aire dentro esta.

2.2.6 DESCRIPCIÓN DE LA ALBAÑILERÍA

La albañilería o mampostería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda (16).

El ingeniero Héctor Gallegos define a la albañilería como: “Un material estructural compuesto que, en su forma tradicional, está integrado por unidades asentadas con mortero. En consecuencia, es un material de unidades débilmente unidas o pegadas. Este hecho, confirmado por ensayos y por la experiencia, permite afirmar que se trata de un material heterogéneo y anisotrópico que tiene, por su naturaleza, una resistencia a la compresión elevada, dependiente principalmente de aquella de la propia unidad, mientras que la resistencia a la tracción es reducida y está controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero” (17).

A la albañilería se le puede clasificar por la función que desempeñan los muros y por la distribución de sus refuerzos, en base a la función que desempeñan los muros, pueden ser muros portantes y no portantes.

- **Muros portantes**

Los muros portantes son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio, vivienda, conjuntos habitacionales, etc. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, tanto contenida en su plano como perpendicular a su plano, tanto vertical como lateral y tanto permanente como eventual, su aplicación se muestra en la figura 14 (16).

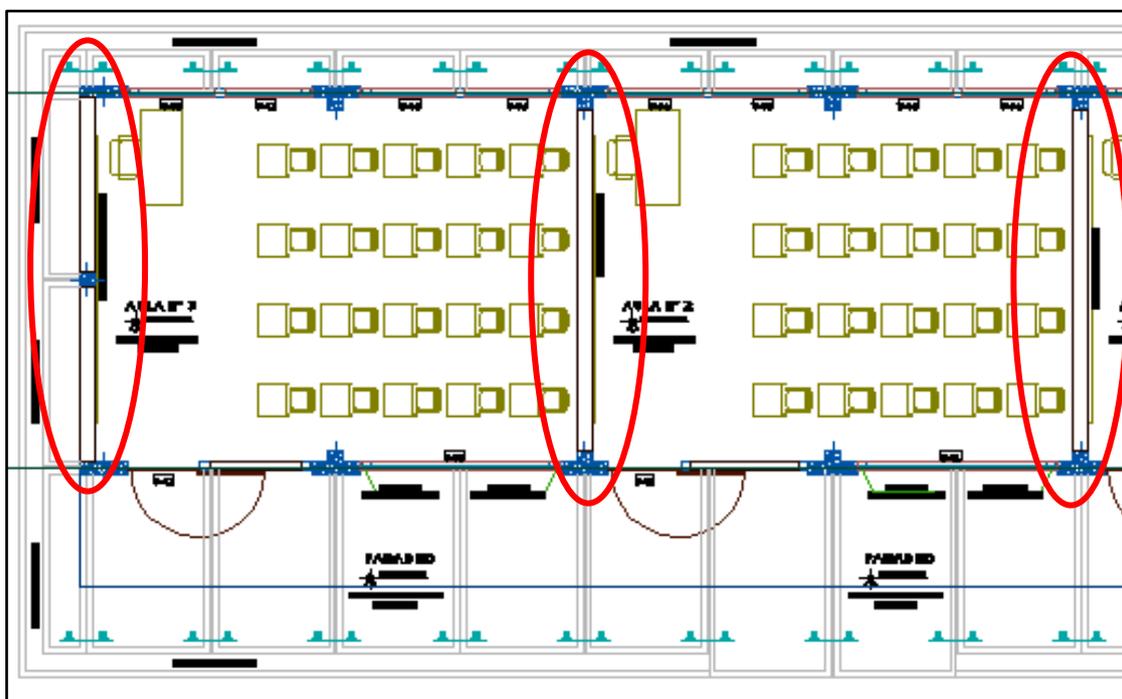


Figura 14. Plano de construcción de un centro educativo teniendo muros portantes, las cuales soportarán durante su vida útil cargas verticales y laterales
Fuente: Material gráfico de Héctor Gallegos

- **Muros no portantes**

Los muros no portantes son los que no reciben carga vertical, como, por ejemplo: los cercos, los parapetos y los tabiques (ver figura 15). Estos muros deben diseñarse básicamente ante cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje. No se diseñan para acciones sísmicas coplanares porque su masa es pequeña y genera fuerzas de inercia mínima en comparaciones con su resistencia a fuerza cortante (18).



Figura 15. Sistemas de muros no portantes

Nota: Imagen izquierda: Construcción de cerco perimétrico, la cual solo recibe carga de su propio peso. Figura derecha: Construcción de la tabiquería, servirá solo para división de ambiente, aislando estos tabiques de los elementos estructurales.

Fuente: Imagen propia

En el Perú, las tabiquerías son, generalmente, hechos de albañilería, esto se debe a las buenas propiedades térmicas, acústicas e incombustibles de la albañilería. Por lo general, en estos elementos se emplea mortero de baja calidad y ladrillos tubulares (perforaciones paralelas a la cara de asentado) denominados "pandereta", cuya finalidad es aligerar el peso del edificio, con el consiguiente decrecimiento de las fuerzas sísmicas (18).

2.2.7 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Los ladrillos y bloques que se utilizan en la construcción de muros de albañilería son fabricados con diferentes clases de materiales.

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería son básicamente hechas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. De acuerdo a su tamaño, estas son denominadas ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos (19).

Según su proceso de fabricación de los ladrillos o bloques pueden ser del tipo: industrial, semiindustrial y artesanal.

2.2.8 UNIDADES DE CONCRETO

Habiendo diversas materias primas para la producción de unidades de albañilería, esta investigación está dirigida exclusivamente a la utilización de ladrillos de concreto de fabricación semiindustrial.

El formado de las unidades de concreto se hace exclusivamente por moldeo asistido por presión y vibración, o por una combinación de ambas. Lo peculiar en la fabricación de unidades de concreto es que las mezclas de concreto pueden ser dosificados para producir unidades con valores de resistencia variables dentro del mismo tipo de unidad (al igual que un diseño de mezcla de concreto), se pueden producir ladrillos de tipos sólido y hueco, la intención en esta investigación es obtener ladrillos de tipo sólido (17).

El ingeniero Ángel San Bartolomé indica que: “Las unidades de concreto son una mezcla de cemento, arena y confitillo (piedra chancada de $\frac{1}{4}$ ”) u otro material que sirva como agregado, para el caso de unidades de concreto curadas con agua, la edad mínima para ser utilizada es 28 días, de otro modo, al secar se contraerán y fisurarán los muros. La consistencia de la mezcla debe ser seca (revenimiento del orden de 1 pulgada - visualizar en la figura 16), para poder desmoldar sin que se desmoronen” (16).



Figura 16. Slump de 1 pulg., adecuada en la fabricación de ladrillos de concreto
Fuente: Clase dictada por el ingeniero Ángel San Bartolomé - Albañilería Estructural

Dependiendo de los requisitos específicos, las mezclas pueden contener también otros ingredientes, tales como pigmentos y agregados especiales. Se fabrican de

peso normal y peso liviano, que derivan de la densidad de los agregados utilizados en el proceso de manufactura, algunos materiales usados se muestran en la figura 17.



*Figura 17. Materiales utilizados en la fabricación de unidades de concreto
Fuente: Imagen propia*

2.2.9 FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONCRETO

a. Moldeo artesanal

El moldeo artesanal se realiza utilizando moldes metálicos cuya base deslizante permite compactar la mezcla, o compactando la mezcla mediante pisones en moldes de madera forrados enteramente con láminas metálicas o lata. El desmoldado debe hacerse en un tendal sobre arena fina. Las unidades deben ser curadas con agua a razón de dos veces al día durante 7 días consecutivos; de otro modo, la resistencia a compresión disminuirá sustancialmente, ver figura 18 (16).



Figura 18. Moldeo en artesanal de concreto, bloques de concreto
Fuente: Investigación “Fabricación de Bloques de Concreto con un Mesa Vibradora”

b. Moldeo Semiindustrial

El moldeo semiindustrial se hace por vibro-compactación, utilizando ponedoras portátiles, que producen 2000 bloques diariamente, o máquinas Rosa Cometa, cuyo rendimiento es de 5000 bloques al día como se aprecia en las figuras 19 y 20. En ambos casos es posible cambiar los moldes para fabricar ladrillos y bloques para muros, o bloques para techo (16).



Figura 19. Máquina tipo Semiindustrial para fabricación de ladrillos de concreto
Fuente: Imagen propia



Figura 20. Máquina tipo Rosa Cometa

Fuente: Clase dictada por el ing. Ángel San Bartolomé - Albañilería Estructural

c. Moldeo industrial

El moldeo industrial es por vibro-compactación, utilizando maquinas estacionarias capaces de producir 80000 unidades diarias, ver Figura 21. El proceso industrial de curado se hace en cámaras de vapor a 50°C en cameras autoclave (150°C, a presión de 6 a 10 atmósferas), o con riesgo por aspersion (16).



Figura 21. Máquina Vibro-Compactadora estacionaria en procesos industriales

Fuente: Planta de fabricación de ladrillos de Unicon

2.2.10 EMPLEO DE LADRILLOS Y BLOQUES DE CONCRETO

El empleo de ladrillos y bloques de concreto actualmente es utilizado por profesionales para construcción en obras de edificación y para autoconstrucción de viviendas.

La empresa Unión de Concreteras S.A. "Unicon", invirtió dieciséis millones de dólares en su nueva planta de fabricación de ladrillos de concreto en el año 2014. Siendo Unicon una de las empresas industriales más grandes del Perú que podrá fabricar hasta 100 millones de unidades de concreto al año. Según el estudio realizado por Ipsos Perú hasta el año 2010 en el mercado de Lima y Sur Chico la demanda anual de ladrillos es de 913800 millares al año, teniendo una demanda aceptable para la fabricación de nuevas unidades de concreto (20).

La aplicación de las unidades y bloques de concreto son las siguientes:

- **Muros portantes de albañilería confinada**

Los ladrillos y bloques hechos con material de concreto están siendo usados en la construcción de muros portantes, ver figura 22.



*Figura 22. Construcción de viviendas con ladrillos de concreto
Fuente: Warayana Proyectos e Inversiones*

- **Tabiquería**

Aplicación de los ladrillos o bloques de concreto, para tabiquería o división de ambientes dentro de las edificaciones, la cual se ilustra en la figura 23.

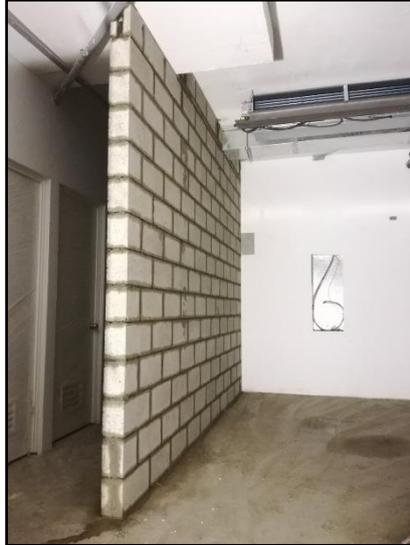


Figura 23. Bloques de concreto usados para dividir ambientes
Fuente: Técnicos de ladrillo blanco y King-block

- **Cercos perimétricos**

Los ladrillos y bloques de concreto tienen buenas características físicas como resistencia y durabilidad, las cuales son ideales para la construcción de cercos perimétricos, debido a su densidad pueden comportarse eficientemente frente a climas variados, teniendo un desgaste mínimo, en las figuras 24 y 25 se muestran cercos hechos con ladrillos y bloques de concreto.



Figura 24. Cerco perimétrico con unidades de concreto
Fuente: Proconcreto Perú – Ladrillos Koncreto



Figura 25. Cerco perimétrico con bloques de concreto
Fuente: Proconcreto Perú Blo – Bloques Koncreto

2.2.11 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Las propiedades principales de las unidades de albañilería son resistencia y durabilidad, estos deben estar directamente relacionados con el producto terminado, que es la albañilería (17).

Es importante conocer las propiedades de las unidades y básicamente para tener una idea sobre comportamiento de la albañilería, tanto su resistencia a los esfuerzos que soportarán como su durabilidad ante el intemperismo. Sin embargo, no puede afirmarse que la mejor unidad proporcione necesariamente la mejor albañilería (19).

Las propiedades asociadas con la **resistencia de la albañilería** son:

- Resistencia a la compresión y tracción
- Variabilidad dimensional y alabeo
- Succión

Las propiedades relacionadas a la **durabilidad de la albañilería** son:

- Resistencia a compresión y densidad
- Eflorescencia, absorción y coeficiente de saturación

La Norma Técnica E 070, clasifica a las unidades para fines estructurales con las propiedades de resistencia de la albañilería llamados también ensayos clasificatorios, las cuales son (21):

- ✓ Resistencia a la compresión de la unidad ($f'b$)
- ✓ Variabilidad dimensional
- ✓ Alabeo

En la figura 26 se aprecia un ejemplo de ladrillo de concreto fabricado por “Unicon” y sus respectivas características técnicas.



Figura 26. Unidad de concreto
Fuente: Ficha técnica de Ladrillos Koncreto

- **Descripción:** Ladrillo de concreto que puede ser utilizado eficientemente tanto por profesionales de la construcción, como por quienes practican la actividad de autoconstrucción.
- **Usos:** Para muros portantes de albañilería confinada y tabiques, cercos y parapetos de albañilería arriostrada, puede ser usado en su forma de acabado caravista, Si se requiere de tarrajeo entonces será de espesor mínimo, dada la uniformidad dimensional de la unidad.
- **Ventajas:** Uniformidad en dimensiones, menor alabeo, absorción dentro de los límites y no requiere presaturación, resistencia ($f'b$) de 17 MPa de las unidades, porcentaje de vacíos menor o igual a 25 % lo que, además de calificarlo como una verdadera unidad maciza, permite un considerable ahorro de mortero; además del adecuado comportamiento sísmico. menor porcentaje de merma por rotura, por la dureza de la unidad, mejor resistencia al fuego, mejor aislamiento acústico y térmico.
- **Medidas:** Ancho (13 cm), alto (9 cm) y largo (22 cm).

- **Rendimiento:** Se podrá construir con juntas de 1 a 1.5 cm de espesor. Asentado de soga: 40.5 Und/m² y asentado de cabeza: 66.0 Und/m².

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

En la presente sección, se presenta la definición de los términos más comunes utilizados en el siguiente proyecto de investigación.

- **Cemento Portland.** Cemento hidráulico que se produce pulverizando Clinker de cemento Portland y que generalmente contiene sulfato de calcio, que en contacto con el agua forma una pasta o ligante.
- **Agregados.** Material granular, tal como la arena, grava, piedra molida, hormigón de cemento hidráulico molido o escoria de alto horno molida, empleado junto con un medio de cemento hidráulico para elaborar concreto o mortero.
- **Agregado reciclado.** Los agregados reciclados son procedentes de tratamiento de materiales (escombros) de desecho obtenidos de demolición de construcciones.
- **Poliestireno expandido.** Por sus siglas en inglés se expresa “EPS” y en el Perú se conoce como “Tecnopor”.
- **Perlas de poliestireno expandido.** Poliestireno expandido reciclado y triturado, de diámetro de 1 a 3 mm, que puede ser utilizado como agregado en la producción de unidades de concreto.
- **Diseño de mezcla.** Selección de las proporciones de los elementos a fin de utilizar los materiales disponibles de la manera más económica posible para producir un mortero u hormigón con las propiedades requeridas.
- **Concreto de peso ligero.** Concreto cuya densidad es sustancialmente menor que la del concreto preparado con agregados de densidad normal.
- **Unidades de albañilería.** Son ladrillos o bloques empleadas en las construcciones de albañilería, son básicamente hechas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto.
- **Propiedades de las unidades de concreto.** Características físicas y mecánicas de las unidades de concreto, con las cuales se ejecutarán ensayos dados por la Norma Técnica E 070, para su clasificación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y EXPERIMENTACIÓN

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El desarrollo del proyecto de investigación se realizó en el distrito de Pilcomayo, provincia de Huancayo y región Junín, en las instalaciones del laboratorio de tecnología de Concreto de *QAQC Express* ubicado en la Av. Leoncio Prado 340, los datos de su ubicación geográfica se encuentran en la tabla 8.

Tabla 8. Ubicación geográfica del lugar de investigación

Localidad			Coordenadas UTM		Elevación
Región	Provincia	Distrito	Este	Norte	m s.n.m.
Junín	Huancayo	Pilcomayo	472969.83	8666921.16	3259

Fuente: Aplicación Google Earth Pro

3.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Las investigaciones “aplicadas o tecnológicas, son las que se desarrollan con la finalidad de resolver problemas de la práctica o de la producción; busca descubrir o validar los métodos, técnicas, instrumentos, o materiales que optimicen los procesos, y demostrar las hipótesis en términos de eficaz o ineficaz” (22).

El siguiente trabajo de investigación es de tipo “aplicada”, porque busca demostrar el efecto que genera la adición de un material reciclado, en este caso el poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de concreto, mediante la optimización y validación de diseños de mezcla.

3.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información deseada. Existen cuatro diseños generales de investigación: los diseños exploratorios, los descriptivos, los correlacionales y exploratorios (22).

El diseño de la investigación de este proyecto de tesis es correlacional, ya que pretende determinar cómo se relacionan o vinculan diversos conceptos, variables o características entre sí o, también, si no se relacionan (23).

Con el diseño correlacional se determina el grado de asociación entre varias variables. Las asociaciones entre variables nos dan pistas para suponer influencias y relaciones causa-efecto (22).

La presente investigación busca determinar qué efecto produce el poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto, por lo tanto, busca determinar el vínculo o asociación entre ambas variables. Puesto que las propiedades de las unidades de concreto se verán afectadas según se va adicionando las perlas de poliestireno expandido en la mezcla de concreto.

3.1.4 POBLACIÓN

La población del trabajo de investigación está constituida por 12 diseños de mezcla, de las cuales se realizarán 108 probetas de 4" x 8", después se escogerán las dosificaciones que entreguen resultados óptimos.

3.1.5 MUESTRA

La muestra representativa para este trabajo de investigación es no probabilística de selección, a juicio o carácter intencional, ya que los diseños de mezcla para la fabricación de ladrillos fueron seleccionados después de conseguir los resultados de la resistencia a la compresión de los 108 especímenes en general.

Como muestra se eligieron dos diseños de mezcla que tengan resultados favorables y con esas dosificaciones se elaboró 90 unidades de concreto para determinar las propiedades físicas y mecánicas expuestas en los objetivos.

3.1.6 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para poder cumplir con los objetivos de la investigación, el proceso de muestreo y recolección de datos fue por “observación directa”, en donde se percibió el desarrollo de 108 especímenes paso a paso empleando las especificaciones dadas en las Normas Técnicas, Normas ASTM, pruebas estandarizadas, test, revisiones bibliográficas constantes y se registró la información obtenida para su respectivo análisis.

3.1.7 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizan deberán ser válidos y fiables, en caso de no encontrar los instrumentos de recolección necesarios se creará uno. Para esta investigación se está considerando:

- Planillas de observación, formatos o protocolos de prueba, pruebas estandarizadas, Normas Técnicas, Reglamento ASTM, ACI, etc., donde nos mencionan los procedimientos que debemos seguir para ejecutar los ensayos de los especímenes de concreto y pruebas en las unidades de concreto.
- Observación Sistemática, se utilizó una una guía de observación donde indique el cumplimiento de los objetivos del proyecto, además de llevar un control al desarrollo de la investigación como se muestra en la figura 27.
- Instrumentos y aparatos de medida, las cuales constan de cámaras fotográficas, equipos de laboratorio para la ejecución de ensayos, libreta de anotaciones, computadora.

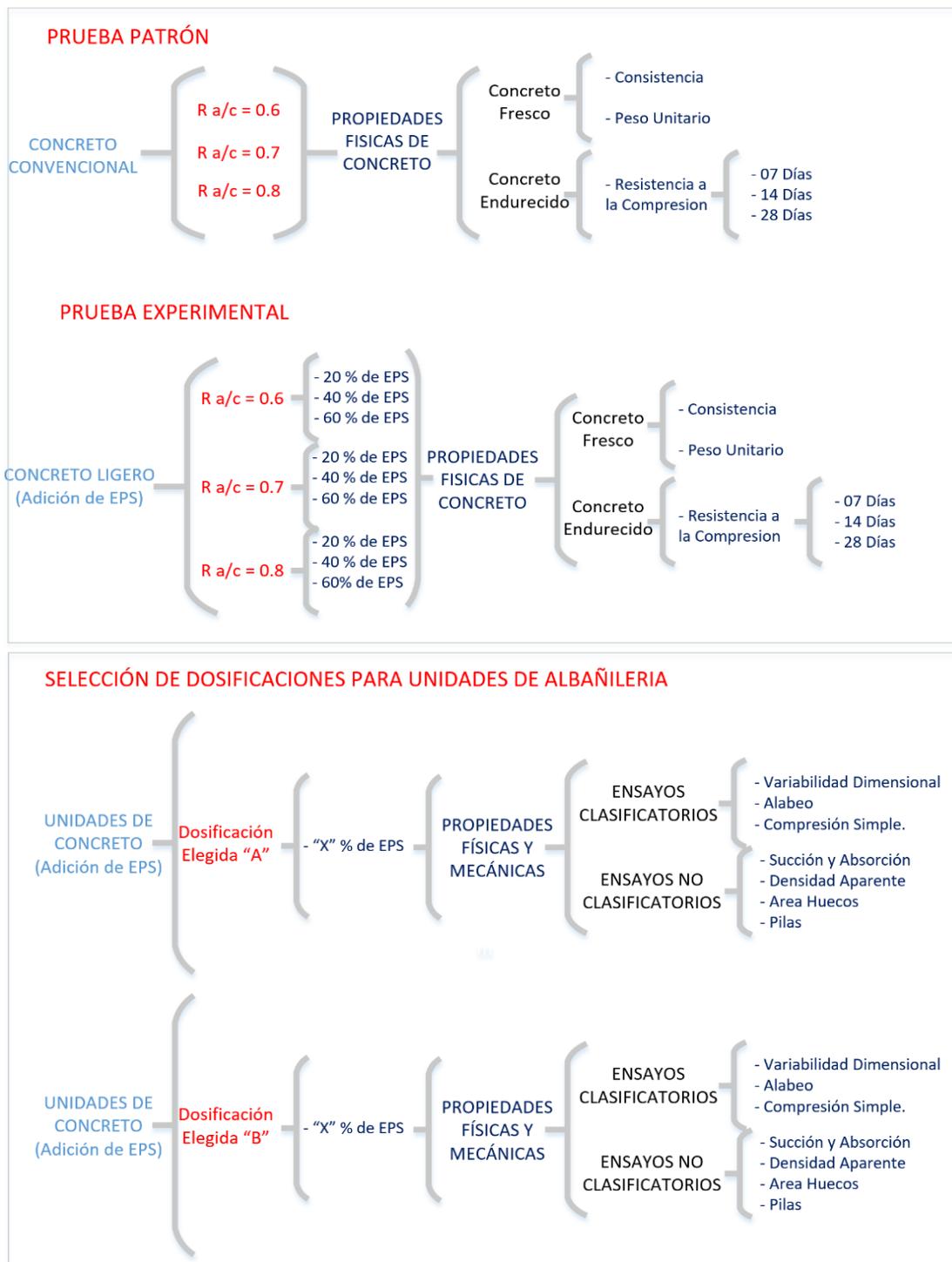


Figura 27. Guía de observación sistemática del proyecto de investigación

Nota: Figura superior; muestra la primera etapa de la investigación, se plantea 12 diseños de mezcla, en la cual se evaluará las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Figura inferior; muestra la segunda etapa de la investigación, selección de 2 dosificaciones para la fabricación de las unidades de concreto, en las cuales se determinará sus propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos clasificatorios y no clasificatorios.

Fuente: elaboración propia

3.1.8 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento de los datos partirá con la *revisión bibliográfica* constante en normas, libros, antecedentes, revistas e informes de investigación con información relacionada a este proyecto de investigación.

Paso 1. *Caracterización de materiales* del cemento, arena, agua y poliestireno expandido. Ensayos para conocer las principales características del agregado, como ensayo de análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico y porcentaje de absorción, peso unitario compactado y peso unitario suelto, utilizando como guía las normas técnicas peruanas.

Paso 2. *Trabajo experimental*, realizar el diseño de mezcla teórico para hallar la proporción de los materiales con un porcentaje del 20 % de poliestireno expandido como parte del volumen, realizar el diseño de mezcla teórico para hallar la proporción de los materiales con un porcentaje del 40 % de poliestireno expandido como parte del volumen, realizar el diseño de mezcla teórico para hallar la proporción de los materiales con un porcentaje del 60 % de poliestireno expandido como parte del volumen y evaluar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Fabricar unidades de concreto con dos diseños de mezcla seleccionados a juicio, pasado los 28 días, realizar los ensayos como variación de las dimensiones, ensayo de alabeo en la cara de asentado, resistencia a la compresión, succión, absorción y porcentaje de huecos de la unidad. Realizar el tratamiento especificado por el reglamento nacional E – 070 al mortero para asentar las unidades que conformarán las pilas y luego ser sometidas al ensayo de resistencia a la compresión axial de la albañilería.

Paso 3. *Procesamiento y análisis de resultados*, se realizará mediante gráficos y tablas elaboradas en el programa de Microsoft Excel 2016.

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 CEMENTO

Para la elaboración de las probetas de concreto y fabricación de las unidades de albañilería de concreto vibrado se usó cemento Portland Tipo I de uso general,

cumpliendo a lo establecido en la NTP 334.009-2013 y ASTM C 150-2015, producidos por la empresa Cementos Andinos S.A. como se muestra en la figura 28.



Figura 28. Cemento Andino Tipo I

Fuente: <http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/03/Cemento-Andino-TIPO-I1.pdf>

Las características físicas del Cemento Andino Tipo I se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Características físicas de Cemento Andino Tipo I

Cemento Andino Tipo I	
Peso específico (g/cm ³)	3.11
Fineza malla 100 (%)	0.34
Fineza malla 120 (%)	5.66
Superficie específica Blaine (cm ² /g)	3,300
Contenido de aire (%)	6.5
Expansión en autoclave (%)	0.02
Fraguado inicial (Vicat)	2h 50min
Fraguado final (Vicat)	3h 45min
F'c a 3 días (kg/cm ²)	204
F'c a 7 días (kg/cm ²)	289
F'c a 28 días (kg/cm ²)	392
Calor hidratación a los 7 días (cal/g)	64.93

Fuente: *Tópicos de Tecnología del Concreto de Enrique Pasquel Carbajal*

3.2.2 AGUA

El agua utilizada para el mezclado del concreto en esta investigación es proveniente de la red pública (agua potable) suministrada por Sedam Huancayo, por

lo que los límites permisibles cumplen según la norma 399.088 – 2014 en concordancia con la ASTM C 1602 – 2012, sin afectar a la madurez del concreto.

3.2.3 AGREGADOS

Los agregados utilizados en las mezclas de concreto para todos los diseños son de cantera natural con perfil redondo, provenientes del río Cunas en Pilcomayo vendido a aproximadamente 1 km de la carretera central – Margen Derecha (puente Breña) en el distrito de Pilcomayo, provincia de Huancayo, región Junín, como se muestra en la figura 29.

Para la fabricación de los ladrillos de concreto con poliestireno expandido se utilizará agregado fino de tamaño máximo de 3/8”, por la cual se busca agregados que en su composición no tengan agregados de mayor tamaño, la selección del agregado se visualiza en la figura 30.



Figura 29. Fotografía satelital donde se muestra la ubicación de zona de ventas de agregados extraídos de las canteras del río Mantaro y Cunas
Fuente: Aplicación de Google Earth Pro



Figura 30. Compra de agregado fino del río Cunas – Pilcomayo
Fuente: Imagen propia

3.2.3.1 Extracción y preparación de muestras

La preparación y extracción de las muestras se realizó siguiendo los procedimientos de muestreo dados en la NTP 400.010-2011 Agregados. Extracción y preparación de muestras. Con la finalidad de obtener muestras confiables y que sirvan para realizar ensayos de laboratorio.

Inicialmente se inspeccionó el agregado disponible que el proveedor ofreció, verificando que los agregados se encuentren libres de un exceso de suciedad o material orgánico que pudo haber arrastrado el río, así mismo se verificó que no haya un exceso de piedras con tamaños mayores de 3/8 de pulgada como está en la Figura 31. Tomando la decisión de usar agregado fino extraído del río Cunas ya que preliminarmente presento características confiables.



Figura 31. Inspección del agregado fino, verificando el exceso de piedras y material orgánico
Fuente: imagen propia

Se trasladó el agregado fino a las instalaciones del laboratorio de QAQC Express, se seleccionó las muestras, la cuales fueron guardadas y almacenadas en sacos (costales) evitando la contaminación de otros materiales como tierra, basura, etc. Además de controlar su humedad por el clima variable que tiene la ciudad de Huancayo, ver figura 32.



Figura 32. Almacenado de agregado en sacos de costal, únicamente para ensayos de laboratorio
Fuente: Imagen propia

La selección de la cantidad de muestra a utilizar en los ensayos del agregado se hizo de acuerdo a la NTP 400.010-2011, como se indica en la tabla 10, eligiendo la cantidad de muestra según el tamaño máximo nominal del agregado, siendo el mínimo 10 kg.

Tabla 10. Cantidad de muestra de campo requerida

Tamaño del agregado	Masa de la muestra de campo, min. Kg (lbs)	Muestra de campo Volumen min. L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm (Nº 8)	10 (22)	8 (2)
4.75 mm (Nº 4)	10 (22)	8 (2)
Agregado Grueso		
09.5 mm (3/8 in)	10 (22)	8 (2)
12.5 mm (1/2 in)	15 (35)	12 (3)
19.0 mm (3/4 in)	25 (55)	20 (5)
25.0 mm (1 in)	50 (110)	40 (10)
37.5 mm (1 1/2 in)	75 (165)	60 (15)
50.0 mm (2 in)	100 (220)	80 (21)
63.0 mm (2 1/2 in)	125 (275)	100 (26)
75.0 mm (3 in)	150 (330)	120 (32)
90.0 mm (3 1/2 in)	175 (385)	140 (37)

Fuente: NTP 400.010-2011

3.2.3.2 Reducción de muestras a tamaño de ensayo

Una vez guardado y almacenado el agregado fino en el laboratorio QAQC Express se procedió a la reducción de la muestra a tamaño de ensayo según la NTP 400.043–2015. De los métodos de reducción de muestra indicados se eligió el método del cuarteo.

Se preparó el agregado fino a ensayar colocando sobre una superficie de plástico que esté limpia de tierra, basura y otros desperdicios, como un trabajo preliminar se tamizó el agregado separando las partículas que sean al mayor tamaño máximo nominal de 4.75 mm como se visualiza en la figura 33.

Una vez tamizado se mezcló nuevamente el material por unas tres veces con la ayuda de una lampa, se extendió la muestra dejando un mismo espesor y diámetro, se dividió en cuatro partes del mismo tamaño y cantidad, de la cual se eligieron dos lados opuestos; si tiene el peso igual o mayor a la que necesita el ensayo se utiliza, en caso no tenga el tamaño necesario se repite nuevamente el ensayo, ver figura 34.



Figura 33. Tamizado de agregado fino separando partículas mayores a 3/8"
Fuente: Imagen propia



Figura 34. Cuarteo de la muestra del agregado fino
Fuente: Imagen propia

3.2.3.3 Gradación y calidad del agregado fino

Es importante determinar la gradación y calidad de los agregados ya que pueden influir en la dosificación, trabajabilidad, madurez del concreto, e incluso en la parte económica al momento de producir mezclas de concreto, ya que tratamientos adicionales al agregado aumentaría su costo de producción, los tamices normalizados se listan en la tabla 11.

Tabla 11. Granulometría del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μ m (No. 30)	25 a 60
300 μ m (No. 50)	05 a 30
150 μ m (No. 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037-2014

Se verificó la granulometría con los tamices especificados en la NTP 400.037-2014, el cual se detalla en el ensayo de análisis granulométrico en el ítem 3.2.3.4. Los límites de porcentaje que pasa según los tamices normalizados para concretos normales se muestran en la tabla 11.

Teniendo en cuenta lo indicado en la NTP 400.037-2014, la norma nos permite el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre que se garantice que el material utilizado producirá concreto de la resistencia requerida.

3.2.3.4 Ensayo de análisis granulométrico

Para determinar la distribución del tamaño de las partículas del agregado fino se hizo siguiendo los procedimientos especificados en la NTP 400.012-2013 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, en la cual podremos hallar su módulo de finura del agregado fino, dato que nos servirá para realizar el diseño de mezcla.

El procedimiento para el ensayo del análisis granulométrico son los siguientes.

➤ **Materiales**

- **Balanza:** la balanza debe tener una precisión aproximada de 0.1 g y exacta de 0.1 g o 0.1 %, estando listo para utilizar en el ensayo de la granulometría del agregado fino.
- **Horno:** se utilizó un horno eléctrico que mantenga una misma temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- **Tamices:** los tamices utilizados en el ensayo son normalizados según la NTP 350.001.

➤ **Cantidad de muestra**

- Se seleccionó la muestra de agregado siguiendo los procedimientos especificados en la NTP 400.010-2011.
- Se redujo la muestra siguiendo los procedimientos establecidos en la NTP 400.043-2015, para la ejecución del ensayo se necesitó como mínimo una cantidad de 300 gr.

➤ **Procedimiento**

- Se dejaron secar las muestras en el horno a una misma temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, y pesar tres muestras de 1000 gr cada una.
- Se ordenaron los tamices normalizados y se encajó en orden de abertura decreciente, asegurándose que no escape o se pierda material.
- El procedimiento fue manual, se agitó manualmente durante cinco minutos asegurando que los granos del agregado hayan pasado correctamente.

El ensayo del análisis granulométrico se repitió en tres muestras, después de haber seguido las indicaciones dadas se calculó el módulo de fineza y se graficó su curva granulométrica que se utilizará en los diseños de mezcla propuestos.

En la tabla 12 se indica que cada muestra tendrá el mismo tamaño de 1000 gr, en las figuras 35 y 36 se aprecia el procedimiento realizado en el ensayo de análisis granulométrico.

Tabla 12. Cantidad de muestra del ensayo de análisis granulométrico

MUESTRAS		
M1	M2	M3
1000 gr	1000 gr	1000 gr

Fuente: elaboración propia



Figura 35. Muestras secas y pesadas
Fuente: imagen propia



Figura 36. Tamizado del agregado fino
Fuente: imagen propia

a. Módulo de fineza

En la tabla 13 se muestra el porcentaje de peso retenido acumulado de las tres muestras ensayadas, en la tabla 14 se muestra el resumen con los promedios de los pesos retenidos.

El módulo de fineza se halló sumando los porcentajes de los pesos retenidos acumulados en los tamices N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100 divididos entre 100, lo resultados se muestran en la tabla 15.

Tabla 13. Porcentaje de peso retenido acumulados en mallas estandarizadas

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3		
		Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado
3/8	9.500	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Nº4	4.750	67	6.71	6.71	90	9.00	9.00	93	9.30	9.30
Nº8	2.360	54	5.41	12.11	44	4.40	13.40	54	5.40	14.70
Nº16	1.180	57	5.71	17.82	58	5.80	19.20	58	5.80	20.51
Nº30	0.600	111	11.11	28.93	122	12.20	31.40	120	12.00	32.51
Nº50	0.300	464	46.45	75.38	489	48.90	80.30	478	47.82	80.33
Nº 100	0.149	223	22.32	97.70	176	17.60	97.90	176	17.61	97.93
Nº <100	0.149	23	2.30	100.00	21	2.10	100.00	21	2.10	100.03
	Peso Total	999			1000			1000		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Promedio de pesos retenidos de las muestras ensayadas

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Promedio		
		Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00
Nº4	4.750	83.33	8.34	8.34
Nº8	2.360	50.67	5.07	13.40
Nº16	1.180	57.67	5.77	19.17
Nº30	0.600	117.67	11.77	30.94
Nº50	0.300	477.00	47.72	78.66
Nº 100	0.149	191.67	19.17	97.83
Nº <100	0.149	21.67	2.17	100.00
Peso Total		1000 gr		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resultados del módulo de fineza de arena fina

ITEM	Modulo de Fineza
Muestra 1	2.39
Muestra 2	2.51
Muestra 3	2.55
Promedio	2.48

Fuente: Elaboración propia

b. Curva granulométrica

Se graficaron las curvas granulométricas de las tres muestras de agregado fino, las cuales nos permitirán ver la distribución de sus granos en mallas de aberturas establecidas. La curva resultante fue comparada con los límites proporcionados por la NTP 400.037-2014, ver tabla 11 – Granulometría del agregado fino.

En las tablas 16, 17 y 18 se proporcionan los datos del tamizado para las muestras 1, 2 y 3; en la tabla 19 se muestran los datos promedios obtenidos al realizar el tamizado por las mallas estandarizadas, la cual se utilizó para graficar las curvas granulométricas.

Tabla 16. Datos de tamizado de agregado fino en las mallas estandarizadas – Muestra 1

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límites (Norma)	
3/8	9.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	67	6.71	6.71	93.29	95	100
Nº8	2.360	54	5.41	12.11	87.89	80	100
Nº16	1.180	57	5.71	17.82	82.18	50	85
Nº30	0.600	111	11.11	28.93	71.07	25	60
Nº50	0.300	464	46.45	75.38	24.62	5	30
Nº 100	0.149	223	22.32	97.70	2.30	0	10
Nº <100	0.149	23	2.30	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Datos de tamizado de agregado fino en las mallas estandarizadas – Muestra 2

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Limites (Norma)	
3/8	9.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	90	9.00	9.00	91.00	95	100
Nº8	2.360	44	4.40	13.40	86.60	80	100
Nº16	1.180	58	5.80	19.20	80.80	50	85
Nº30	0.600	122	12.20	31.40	68.60	25	60
Nº50	0.300	489	48.90	80.30	19.70	5	30
Nº 100	0.149	176	17.60	97.90	2.10	0	10
Nº <100	0.149	21	2.10	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Datos de tamizado de agregado fino en las mallas estandarizadas – Muestra 3

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Limites (Norma)	
3/8	9.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	93	9.30	9.30	90.70	95	100
Nº8	2.360	54	5.40	14.70	85.30	80	100
Nº16	1.180	58	5.80	20.50	79.50	50	85
Nº30	0.600	120	12.00	32.50	67.50	25	60
Nº50	0.300	478	47.80	80.30	19.70	5	30
Nº 100	0.149	176	17.60	97.90	2.10	0	10
Nº <100	0.149	21	2.10	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Promedio de pesos retenidos de las muestras ensayadas

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Limites (Norma)	
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	83.33	8.34	8.34	91.66	95	100
Nº8	2.360	50.67	5.07	13.40	86.60	80	100
Nº16	1.180	57.67	5.77	19.17	80.83	50	85
Nº30	0.600	117.67	11.77	30.94	69.06	25	60
Nº50	0.300	477.00	47.72	78.66	21.34	5	30
Nº 100	0.149	191.67	19.17	97.83	2.17	0	10
Nº <100	0.149	21.67	2.17	100.00			

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 37, 38, 39 y 40 se muestran las curvas granulométricas para todas las muestras:

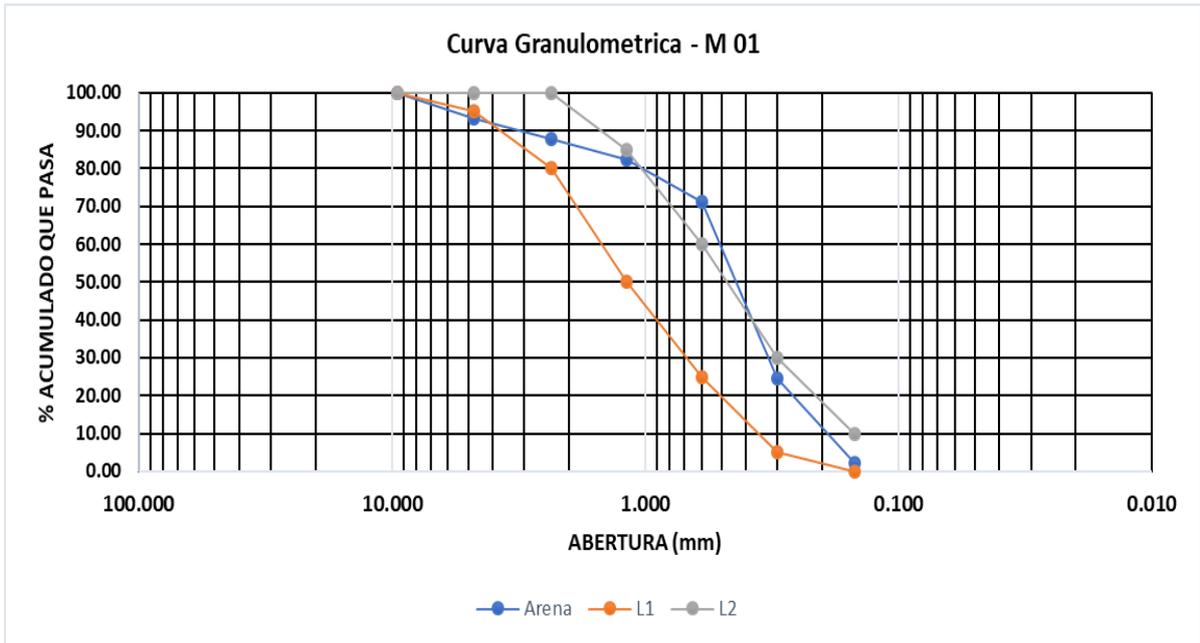


Figura 37. Curva granulométrica del agregado fino – Muestra 1
Fuente: Elaboración propia

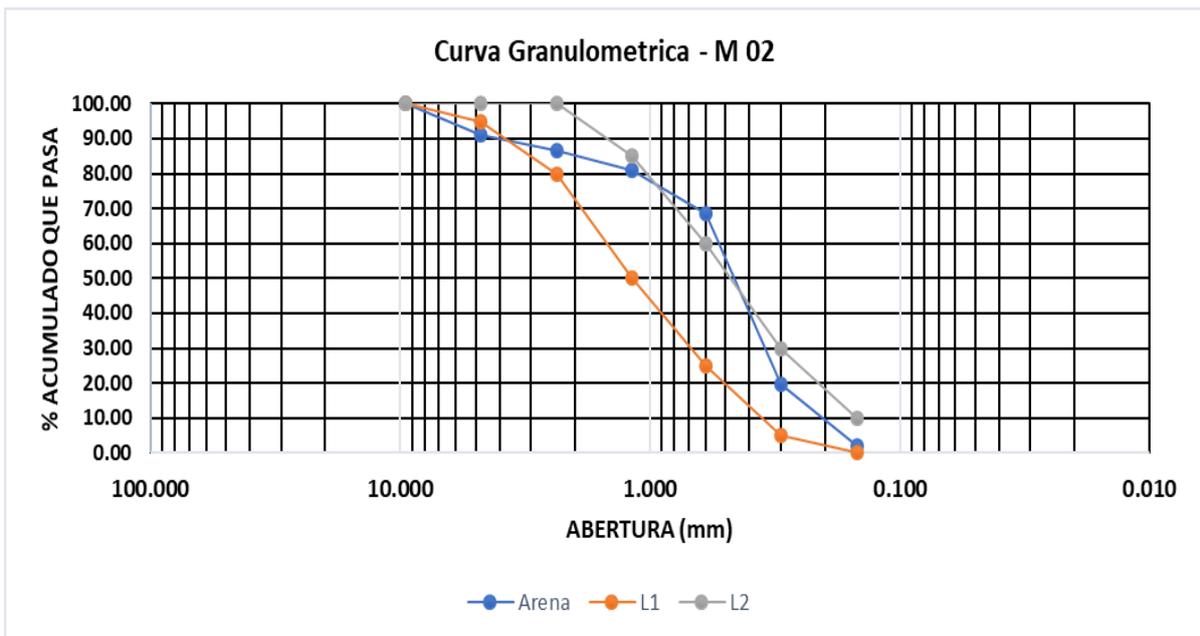


Figura 38. Curva granulométrica del agregado fino – Muestra 2
Fuente: Elaboración propia

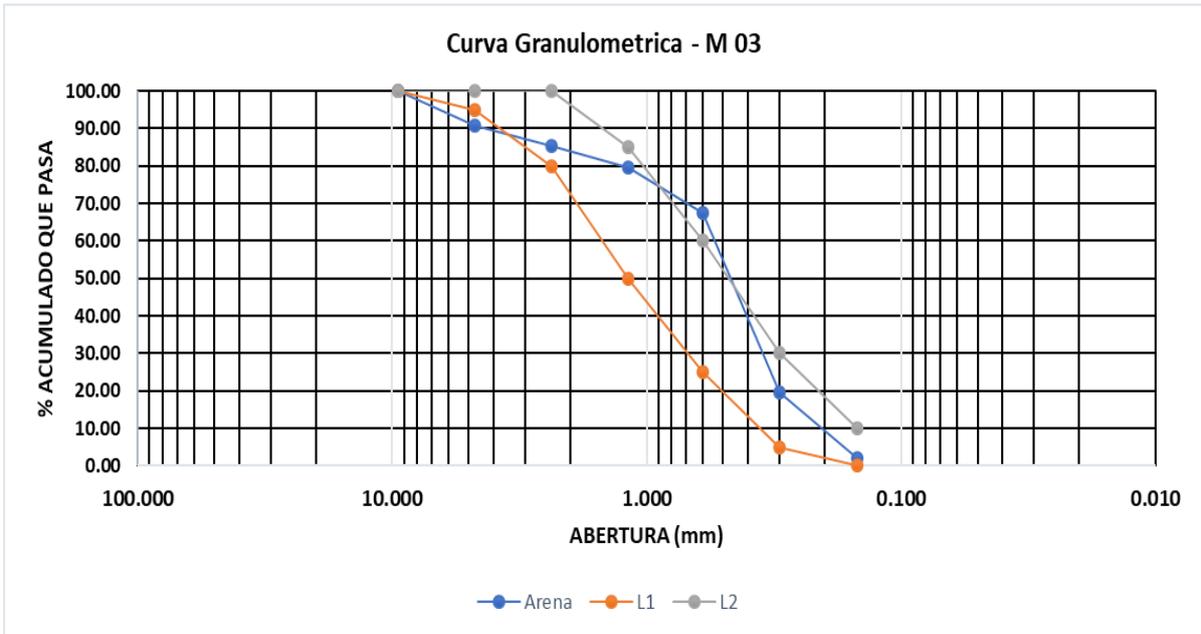


Figura 39. Curva granulométrica del agregado fino – Muestra 3
Fuente: Elaboración propia

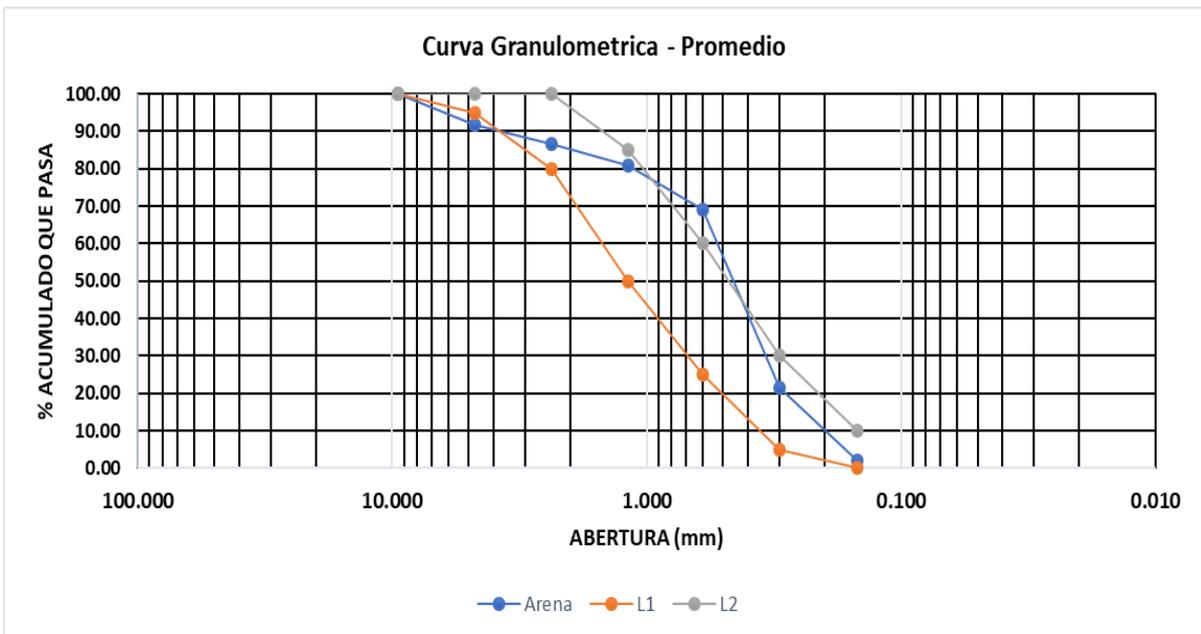


Figura 40. Curva granulométrica del promedio de las muestras del agregado fino
Fuente: Elaboración propia

3.2.3.5 Ensayo de peso específico y absorción del agregado

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó siguiendo los pasos contemplados en la NTP 400.022-2002, lo que nos permitirá determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, y la absorción del agregado fino.

El procedimiento para ejecutar el ensayo es el siguiente.

➤ **Materiales**

- **Balanza:** la balanza utilizada tiene una precisión aproximada de 0.1 g y exactitud de 0.1 g o 0.1 % del peso de la muestra.
- **Horno:** se utiliza un horno eléctrico siendo capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, tal como indica la norma.
- **Molde Cónico:** metálico de $40\text{mm} \pm 3\text{mm}$ de diámetro en la parte superior, $90\text{mm} \pm 3\text{mm}$ de diámetro en la parte inferior y $75\text{mm} \pm 3\text{mm}$ de altura.
- **Frasco:** el frasco volumétrico es de 500 cm^3 de capacidad, calibrado hasta 0.1 cm^3 a 20°C .

➤ **Preparación de la muestra**

- Se seleccionó la muestra de agregado siguiendo los procedimientos especificados en la NTP 400.010-2011.
- Se pesó aproximadamente 3 kg del agregado fino para 3 muestras y sumergirlo completamente en agua durante 24 horas.
- Se debe extender la muestra sobre bandejas planas expuestas a corrientes de aire tibio y remover para realizar un secado uniforme.
- El procedimiento para determinar la superficie seca fue utilizando el molde cónico, se golpea 25 veces con una barra de metal tal como se muestra en la Figura 41 luego se levanta el molde de agregado fino, si el agregado sigue manteniendo su forma, seguir secando hasta que al levantar el cono el molde de agregado se derrumbe, ahí es el punto donde se tendrá el agregado superficialmente seco.

➤ **Procedimiento**

- Se pesó 500 gramos de muestra de material secado superficialmente e introducir en una probeta de 500 cm^3 a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Agregar agua hasta la marca de los 300 cm^3 de la probeta, agregar el agregado y anotar el desplazamiento.
- Determinar los pesos de agua introducida y peso del agregado.
- Sacar cuidadosamente todo el agregado fino de la probeta y secar en el horno a una temperatura constante durante 24 horas.

Se ejecutó 3 veces el ensayo siguiendo los procedimientos mencionados anteriormente, en las figuras 41, 42 y 43 se muestran parte de los procedimientos ejecutados al momento de realizar el ensayo.



Figura 41. Preparado de la muestra obteniendo material superficialmente seco del agregado fino

Fuente: Imagen propia



Figura 42. Derrumbe del molde de agregado fino después de ejecutar 25 golpes, listo para ser pesado

Fuente: Imagen propia



Figura 43. Expulsión del aire restante atrapado dentro de la probeta
Fuente: Imagen propia

a. Peso específico del agregado fino

El peso específico del agregado fino se calculó dividiendo el peso de la muestra secada al horno entre la diferencia de 500 cm³ menos el peso o volumen del agua añadida sobre la muestra, como se muestra en la fórmula 1:

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a} \times 100 \quad \dots (1)$$

- Pem: peso específico del agregado fino
- Wo: peso de la muestra secada al horno
- V: volumen resultante
- Va: volumen en cm³ del agua añadida a la probeta

b. Peso específico de la muestra saturada superficialmente seco

El peso específico del agregado fino superficialmente seco se calculó dividiendo los 500 gramos de muestra pesada entre la diferencia de 500 cm³ menos el peso o volumen del agua añadida sobre la muestra, como se muestra en la fórmula 2:

$$\mathbf{P_{esss} = \frac{W_{sss}}{V-Va} \times 100 \quad \dots(2)}$$

- P_{esss}: peso específico de la muestra saturada superficialmente seca
- W_{sss}: peso de la muestra superficialmente seca (500gr)
- V: volumen resultante
- Va: volumen en cm³ del agua añadida a la probeta

c. Peso específico de la muestra saturada superficialmente seca

El peso específico aparente del agregado fino se calculó utilizando la siguiente fórmula 3.

$$\mathbf{P_{ea} = \frac{W_o}{(V-Va)-(W_{sss}-W_o)} \times 100 \quad \dots (3)}$$

- P_{ea}: peso específico aparente del agregado fino
- W_o: peso de la muestra secada al horno
- W_{sss}: peso de la muestra superficialmente seca (500gr)
- V: volumen resultante
- Va: volumen en cm³ del agua añadida a la probeta

d. Absorción del agregado fino

El porcentaje de absorción del agregado fino se calculó utilizando la siguiente fórmula 4.

$$\mathbf{Ab = \frac{W_{sss}-W_o}{W_o} \times 100 \quad \dots(4)}$$

- P_{ea}: absorción del agregado fino
- W_o: peso de la muestra secada al horno
- W_{sss}: peso de la muestra superficialmente seca (500gr)

En la tabla 20 se listan los resultados de las tres muestras ensayadas y en la tabla 21 se indican los resultados promedio obtenidos del peso específico, peso específico saturado superficialmente seco, peso específico aparente y absorción del agregado fino, los cuales se calcularon usando las fórmulas mencionadas.

Tabla 20. Resultado del peso específico y porcentaje de absorción de las 3 muestras ensayadas

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3	UND
Peso específico de la muestra (Pem):	2.58	2.56	2.54	gr/cm3
Peso específico de muestra saturada con superficie seca (PeSSS):	2.63	2.60	2.59	gr/cm3
Peso específico aparente (Pea):	2.71	2.68	2.67	gr/cm3
Porcentaje de absorcion (Ab):	1.83	1.79	1.85	gr/cm3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Promedio de resultados del peso específico y porcentaje de absorción

DESCRIPCION	Promedio	und
Peso específico de la masa (Pem):	2.56	gr/cm3
Peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS):	2.61	gr/cm3
Peso específico aparente (Pea):	2.69	gr/cm3
Porcentaje de absorcion (Ab):	1.83	%

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.6 Ensayo de peso unitario del agregado fino

El ensayo para hallar el peso unitario del agregado fino se realizó siguiendo los pasos contemplados en la NTP 400.017-2011, lo que nos permitirá determinar el peso unitario suelto y peso unitario compactado, datos que servirán para hallar el proporcionamiento en volumen del agregado, conversiones de peso a volumen y viceversa.

El procedimiento para ejecutar el ensayo es el siguiente.

➤ Materiales

- **Balanza:** debe tener una precisión aproximada de 0.5 kg y debe permitir visualizar los pesos de muestra por lo menos 0.1 %.
- **Barra compactadora:** barra con punta semiesférica de acero liso de diámetro igual a 16 mm (5/8") y una longitud de 60 cm.
- **Recipiente de medida:** recipiente cilíndrico metálico, con precisión en sus dimensiones interiores. El recipiente tiene la capacidad en volumen para realizar el ensayo de peso unitario, se contrastó con la tabla 22. Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menor del 80 % ni mayor que 150 % del diámetro.

- **Cucharón de mano:** cucharón de laboratorio que tiene la capacidad suficiente para realizar los ensayos.

Tabla 22. Capacidad de recipiente según el tamaño máximo nominal del agregado

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del depósito	
mm	Pulgadas	L (m ³)	pie ³
12.5	1/2	2.8 (0.0028)	1/10
25	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 1/2	14 (0.014)	1/2
75	3	28 (0.028)	1
100	4	70 (0.070)	2 1/2
125	5	100 (0.10)	3 1/2

Fuente: NTP 400.017-2011

➤ **Preparación de la muestra**

- Seleccionar la muestra de agregado siguiendo los procedimientos especificados en la NTP 400.010-2011.
- La muestra debe estar seca para realizar el ensayo.
- Se verificó que el tamaño de muestra sea de 125 % a 200 % de la cantidad requerida para llenar el recipiente según lo requerido en la tabla 22.

➤ **Procedimiento para ensayo del peso unitario suelto**

- Llenar el recipiente con el cucharón desde una altura no mayor a los 5 cm por encima del borde superior del recipiente.
- Nivelar la superficie del borde superior, eliminando el agregado sobresaliente con la barra o regla.
- Determinar el peso del recipiente más su contenido en la balanza seleccionada.

➤ **Selección del procedimiento para peso unitario compactado**

Para realizar el procedimiento adecuado se debe tener en cuenta lo siguiente.

- Se seguirá el procedimiento de apisonado cuando los agregados tengan tamaño máximo nominal de 37.5 mm (1 1/2" pulg) o menos.
- Se seguirá el procedimiento de percusión cuando los agregados tengan tamaño máximo nominal entre de 37.5 mm y 150 mm (1 1/2" pulg a 6" pulg).

➤ **Procedimiento para ensayo del peso unitario compactado**

- Llenar con una pala o cucharón hasta la tercera parte de la altura del recipiente.

- Apisonar una primera capa utilizando la barra lisa dando 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Llenar las 2/3 partes de la altura del recipiente, de nuevo se compacta con 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Se termina de llenar la altura restante del recipiente y se vuelve a compactar con 25 golpes, el material que queda por encima de la superficie superior del recipiente se elimina utilizando la barra como regla.
- Determinar el peso del recipiente más el contenido en la balanza seleccionada.

El procedimiento para calcular el peso unitario suelto y compactado del agregado fino se repitió 4 veces con el fin de tener datos más representativos y sea más real al momento de proporcionar los materiales, en las figuras 44 y 45 se muestra parte del procedimiento del ensayo de peso unitario suelto y compactado.



Figura 44. Apisonado de la primera capa del agregado para el ensayo del peso unitario compactado

Fuente: Imagen propia



Figura 45. Llenado de la tercera capa del ensayo de peso unitario compactado del agregado fino

Fuente: Imagen propia

a. Peso unitario suelto del agregado fino

El peso unitario del agregado fino se calculó siguiendo los pasos en la NTP 400.017-201, utilizando las siguientes ecuaciones.

$$\text{PUS} = \frac{G-T}{V} \quad \dots(5)$$

- PUS: Peso Unitario Suelto del agregado fino en kg/m³
- G: Peso del recipiente más el agregado fino en kg
- T: Peso del recipiente en kg
- V: Volumen interior del recipiente en m³

b. Peso unitario compactado del agregado fino

El peso unitario del agregado fino se calculó siguiendo los pasos en la NTP 400.017-201, utilizando las siguientes ecuaciones.

$$\text{PUC} = \frac{G-T}{V} \quad \dots(6)$$

- PUC: Peso Unitario Suelto del agregado fino en kg/m³
- G: Peso del recipiente más el agregado en kg
- T: Peso del recipiente en kg
- V: Volumen interior del recipiente en m³

En la tabla 23 se indican los resultados de las cuatro muestras ensayadas y la tabla 24 muestra el promedio de los resultados obtenidos en el ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado.

Tabla 23. Resumen del resultado de peso unitario suelto y compactado

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3	M-4
PUS - Peso unitario suelto (kg/m3):	1558.09	1549.26	1552.44	1553.14
PUC - Peso unitario Compactado (kg/m3):	1697.23	1704.99	1691.22	1697.79

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Resultado del promedio del peso unitario suelto y compactado

DESCRIPCION	Promedio
PUS - Peso unitario suelto (kg/m3):	1553.23
PUC - Peso unitario Compactado (kg/m3):	1697.81

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.7 Ensayo de contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad del agregado fino se realizó siguiendo los pasos contemplados en la NTP 339.185 -2013, lo que nos permitirá determinar la cantidad de humedad evaporable en una muestra del agregado fino mediante secado.

El procedimiento para ejecutar el ensayo es el siguiente.

➤ **Materiales**

- **Balanza:** la balanza utilizada tiene una precisión aproximada de 0.1 g y exactitud de 0.1 g o 0.1 % del peso de la muestra.
- **Horno:** se utiliza un horno eléctrico siendo capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, tal como indica la norma.
- **Tara o recipiente:** envase que sea capaz de soportar el calor del horno y que tenga suficiente capacidad para contener la muestra y que no pueda derramarse.

➤ **Preparación de la muestra**

- Seleccionar la muestra de agregado siguiendo los procedimientos especificados en la NTP 400.010-2011.
- Reducción de la muestra a tamaño de ensayo según su tamaño máximo nominal como se muestra en la tabla 25.
- Colocar y pesar la muestra en el recipiente.

Tabla 25. Cantidad de la muestra según el tamaño máximo nominal para contenido de humedad

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4.75 mm (N° 4)	0.5
9.50 mm (3/8)	1.5
12.5 mm (1/2)	2
19.0 mm (3/4)	3
25.0 mm (1)	4
37.5 mm (1 1/2)	6
50.0 mm (2)	8
63.0 mm (2 1/2)	10
75.0 mm (3)	13
90.0 mm (3 1/2)	16
100.0 mm (4)	25
150.0 mm (6)	50

Fuente: NTP 400.017-2011

➤ **Procedimiento**

- Se pesó la masa de la muestra, masa del recipiente en la balanza seleccionada
- Se colocó la muestra dentro del horno a secar a temperatura controlada ya que un exceso de calor puede alterar las características de la muestra, se debe evitar la pérdida de material de la muestra.

El tamaño de la muestra se determinó según la tabla 25 en la cual nos dice que para un tamaño máximo nominal de 4 en tamaño de la muestra mínima será de 0.5 kg. El procedimiento para hallar el contenido de humedad del agregado fino se repitió tres veces.

Cada vez que se realicen los vaciados de las probetas y unidades de concreto, se hará la corrección por humedad del agregado fino ya que la humedad del agregado puede variar de un día para otro.

En las figuras 46 y 47 muestran parte del procedimiento del ensayo de contenido de humedad realizado.



Figura 46. Muestras de agregado fino de 1.5 kg cada una
Fuente: Imagen propia



Figura 47. Secado del material en el horno a temperatura controlada
Fuente: Imagen propia

En la tabla 26 se muestran los resultados del contenido de humedad del agregado fino.

Tabla 26. Resultado del contenido de humedad del agregado fin

	M1	M2	M3
CONTENIDO DE HUMEDAD %	1.40%	1.60%	1.50%
PROMEDIO (%)	1.50%		

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 POLIESTIRENO EXPANDIDO

Para esta investigación se utilizó poliestireno expandido reciclado adquirido de los talleres industriales en las cuales se realizan trabajos de decoración, maquetas, adornos, etc., ver figura 48.

En la preparación de la mezcla de concreto y las probetas de ensayo se utilizó solo poliestireno expandido, cabe resaltar que en el reciclado también se encuentra poliestireno extruido, estas se separan y se almacenan por tener propiedades diferentes.



Figura 48. Residuos de poliestireno expandido (EPS o Tecnopor)

Nota: Lado izquierdo: Planta industrial en la cual se realizan trabajos utilizando poliestireno expandido, para decoraciones, maquetas, planchas en la construcción, etc. Lado derecho: Residuos de poliestireno expandido que son tirados directamente a la basura, la cual se recicló para este proyecto de investigación.

Fuente: Imagen propia

Las perlas de poliestireno expandido utilizado en las probetas y ladrillos de concreto se obtuvieron triturando por acción mecánica como se muestra en la figura 49. Previo a la trituración del poliestireno expandido se realizó una limpieza para retirar residuos de basura que queden, tierra o cualquier otro material contaminante.



Figura 49. Perlas de poliestireno expandido triturado de 500 gr
Fuente: Imagen propia

3.2.4.1 Características físicas del poliestireno expandido

Las perlas de poliestireno expandido brindarán características físicas distintas a la del concreto convencional, según Anape el poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos y tiene una ventaja en las propiedades biológicas ya que no constituye sustrato nutritivo para microorganismos (13).

La forma geométrica del poliestireno expandido utilizado será esférica en perlas de diámetro menor a 1 - 3 mm.

Las características físicas del Poliestireno expandido se muestran en la tabla 27 recopilado de la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (Anape) y caracterización física y mecánica de morteros de cemento Portland fabricados con adición de partículas de poliestireno expandido reciclado.

Tabla 27. Características físicas del poliestireno expandido

DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
Forma Geométrica	Esferica
Tamaño de la Perla	≤ 3 mm
Densidad	0.013 gr/cm ³
Comportamiento al Agua	No es Higroscópico
Reciclado	Si
Conductividad Termica	0.046 - 0.033 W/m ^{°K}
Degradación	Ninguna

Fuente: Recopilado de la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (Anape)

Otras propiedades físicas del poliestireno expandido como peso unitario suelto (PUS) y peso unitario compactado (PUC) se hizo en laboratorio de tecnología de concreto QAQC Express S.A.C. con el fin de tener una mayor confiabilidad de datos para los diseños de mezcla.

3.2.4.2 Ensayo de peso unitario del poliestireno expandido

El ensayo para hallar el peso unitario poliestireno expandido se realizó de manera similar al peso unitario del agregado fino, lo cual nos servirá como dato para el proporcionamiento de materiales en el diseño de mezcla.

El procedimiento para ejecutar el ensayo es el siguiente.

➤ Materiales

- **Balanza:** debe tener una precisión aproximada de 0.5 kg y debe permitir visualizar los pesos de muestra por lo menos 0.1 %.
- **Barra compactadora:** barra con punta semiesférica de acero liso de diámetro igual a 16 mm (5/8”) y una longitud de 60 cm.
- **Recipiente de medida:** recipiente cilíndrico metálico, con precisión en sus dimensiones interiores. La capacidad del recipiente será la misma utilizada en el ensayo de peso unitario de agregado fino.
- **Cucharón de mano:** cucharón de laboratorio que tiene la capacidad suficiente para realizar los ensayos.

➤ Preparación de la muestra

- La muestra debe estar triturada en perlas de poliestireno expandido de diámetro menor a 3 mm.

➤ **Procedimiento para ensayo del peso unitario suelto del poliestireno expandido**

- Echar el poliestireno expandido triturado con el cucharón desde el borde superior del recipiente, para evitar que vuele o se pierda mucho material.
- Nivelar la superficie del borde superior, eliminando el poliestireno expandido sobresaliente con una regla.
- Determinar el peso del recipiente más su contenido de la masa de poliestireno expandido en la balanza seleccionada.

➤ **Selección del procedimiento para peso unitario compactado del poliestireno expandido**

- Se siguió el procedimiento de apisonado ya que el diámetro de las perlas de poliestireno es menor a 3 mm, como se muestra en la figura 50.



*Figura 50: Procedimiento para hallar el peso unitario suelto del poliestireno extendido.
Fuente: Imagen propia*

➤ **Procedimiento para ensayo del Peso Unitario Compactado del EPS**

- Llenar con una pala o cucharón hasta la tercera parte de la altura del recipiente.
- Se apisonó una primera capa con la barra lisa dando 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.

- Se llenó una segunda capa de las 2/3 partes de la altura del recipiente y nuevamente se compactó con otros 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Se llena la altura restante del recipiente y se vuelve a compactar con 25 golpes, el material que queda por encima de la superficie superior del recipiente se elimina utilizando la barra como regla.
- Determinar el peso del recipiente más el contenido en la balanza seleccionada.

El procedimiento para calcular el peso unitario suelto y compactado del agregado fino se repitió 3 veces, verificando la variación en los resultados, en la figura 51 se muestra parte del procedimiento del ensayo de peso unitario suelto y compactado.



Figura 51. Apisonado del poliestireno expandido para obtener su peso unitario compactado
Fuente: Imagen propia

a. Peso unitario suelto del poliestireno expandido

El peso unitario del poliestireno expandido se calculó utilizando las siguientes ecuaciones.

$$\text{PUS} = \frac{G-T}{V} \quad \dots(7)$$

- PUS: Peso Unitario Suelto del Poliestireno expandido en kg/m³
- G: Peso del recipiente más la masa del Poliestireno expandido en kg
- T: Peso del recipiente en kg
- V: Volumen interior del recipiente en m³

b. Peso unitario compactado del poliestireno expandido

El peso unitario del agregado fino se calculó utilizando las siguientes ecuaciones.

$$PUC = \frac{G-T}{V} \quad \dots(8)$$

- PUC: Peso Unitario Suelto del Poliestireno expandido en kg/m³
- G: Peso del recipiente más el Poliestireno expandido en kg
- T: Peso del recipiente en kg
- V: Volumen interior del recipiente en m³

En la tabla 28 se indican los resultados de las tres muestras ensayadas y en la tabla 29 se muestra el resumen de resultados obtenidos en los pesos unitarios suelto y compactado del poliestireno expandido.

Tabla 28. Resumen del resultado de peso unitario suelto y compactado de poliestireno expandido

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3
PUS - Peso unitario suelto (kg/m ³):	8.12	8.83	8.48
PUC - Peso unitario Compactado (kg/m ³):	9.89	11.30	10.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resultado del promedio del peso unitario suelto y compactado del poliestireno expandido

DESCRIPCION	Promedio
PUS - Peso unitario suelto (kg/m ³):	8.48
PUC - Peso unitario Compactado (kg/m ³):	10.59

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos servirán para la selección de proporciones de poliestireno expandido en los diseños de mezcla.

3.3 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Existen muchos métodos de proporcionamiento de materiales para mezcla de concreto, en la investigación se utilizaron perlas de poliestireno expandido y será incluida como un tipo de agregado más dentro del concreto, cambiado de un concreto convencional a un concreto de peso ligero, por lo que no se podrán utilizar métodos de diseños de mezcla de concreto como método del Comité 211 del ACI, módulo de finza de la combinación de agregados porque utiliza características de agregado grueso y fino.

El método apropiado que se utilizó para el diseño de mezcla de concreto convencional y con perlas de EPS, fue el método de Walker, ya que este método proporciona inicialmente el volumen de la pasta, después los volúmenes de los agregados; cabe mencionar que se utilizará solo este criterio de diseño de mezcla, ya que las tablas de diseño son para mezclas de concreto convencional con agregado grueso; sin embargo, en el proyecto se utilizó agregado fino y EPS. Este método resultó el más adecuado en la combinación de los materiales de concreto convencional y concreto ligero con poliestireno expandido en la producción de las unidades de concreto.

Por estar en una etapa experimental y sin conocer aún el comportamiento del concreto se diseñó para tres relaciones de agua-cemento ($R_{a/c} = 0.6, 0.7$ y 0.8) como en la figura 52 guía de observación para diseño de mezcla de concreto con y sin EPS.

Se consideró utilizar las relaciones de agua-cemento mencionadas a criterio por las siguientes razones:

- Una menor relación agua-cemento genera mayores resistencias a la compresión, pero utiliza mayores cantidades de cemento lo cual aumentaría un costo de producción de las unidades.
- Para obtener una superficie rugosa y buen desmoldado de las unidades se requiere sacar slump de 1", esto indica que se utilizarán pocas cantidades de agua y cemento en la mezcla de concreto; menores relaciones de agua/cemento induce mayores cantidades de cemento que, al no tener el agua necesaria, produce la "quema del cemento" por falta de hidratación.
- Por estar en una etapa experimental, se plantea tres relaciones de agua - cemento distinto para poder estimar la cantidad adecuada de cemento y la resistencia óptima.

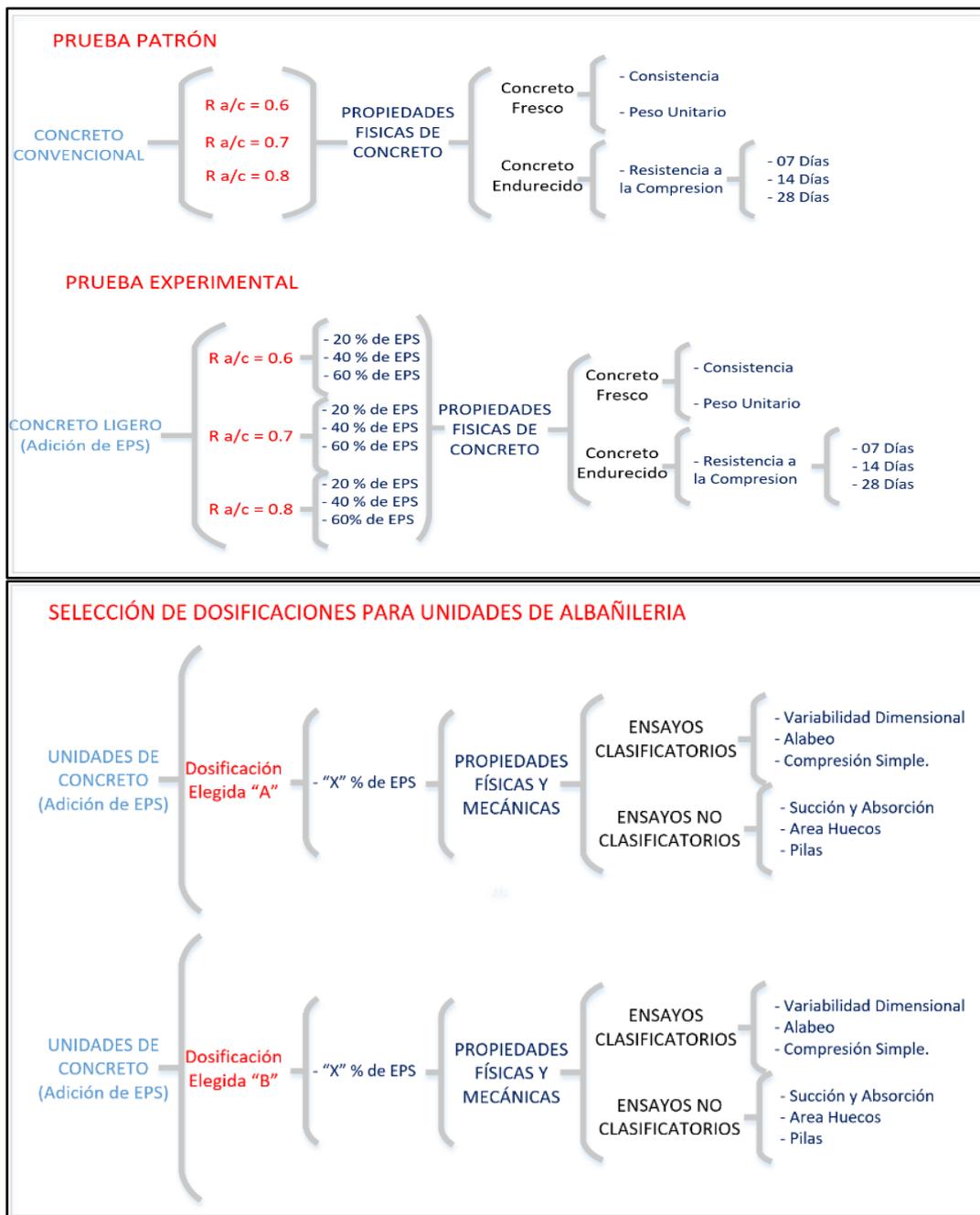


Figura 52. Guía de observación para los diseños de mezcla de concreto
Fuente: Imagen propia

3.3.1 DATOS TÉCNICOS DE LOS AGREGADOS

En la tabla 30 se muestra en resumen de los datos obtenidos de los ensayos realizados, descritos en el acápite 3.2 características físicas de los materiales.

Tabla 30. Resumen de ensayos de materiales a utilizar en los diseños de mezcla

Descripción	Arena	Agua	Cemento	EPS	Unidades
Tamaño máximo nominal	N° 4				
Modulo de Fineza	2.48				
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm ³
Porcentaje de Absorción	1.83			1.0*	%
Contenido de Humedad	1.5				%
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m ³
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m ³

***La absorción del poliestireno expandido es de valor 1 % sumergido en agua durante 7 días, ensayo realizado por la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido.**

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 TRABAJOS PRELIMINARES

Se realizaron ensayos preliminares antes de iniciar el diseño de mezcla, las cuales fueron encontrar la cantidad requerida de agua por metro cúbico de concreto y el contenido de aire que ocupará la mezcla de concreto.

3.3.2.1 SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Se requiere una producción de concreto de consistencia seca, ya que para la fabricación de ladrillos de concreto se necesita que tenga un slump de 0" a 1", con la finalidad de poder desmoldar las unidades y sus paredes entre agujeros para que no se caigan. Por otro lado, un exceso de agua en la mezcla ocasionaría una superficie lisa y de mayor peso.

Para obtener el contenido óptimo de la cantidad de agua, se realizó un diseño de mezcla utilizando las tablas elaboradas por el ing. Enrique Rivva Lopez, este diseño se verificará con el ensayo de asentamiento por el método de Cono de Abrams.

3.3.2.1.1 MEZCLA PARA R a/c=0.6 y V=185 lts/m³

Teniendo las consideraciones claras y propiedades de los agregados, se inicia con el diseño para obtener la cantidad de agua óptimo.

a. Selección del asentamiento.

El Slump será de 0" a 1"

Se requiere obtener una mezcla de consistencia seca.

b. Selección del contenido de agua

Se hizo la prueba con la cantidad de 185 litros por metro cúbico de concreto para asentamiento de 1" a 2" tomando como referencia inicial la tabla 31.

Tabla 31. Volumen unitario de agua

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Diseño de Mezcla del ing. Enrique Rivva López

c. Selección del contenido de aire

El contenido de aire atrapado que hay en la mezcla es del 3 %, en referencia a la tabla 32, esta cantidad depende del Tamaño Máximo Nominal, ya que solo se utilizó agregado fino en la fabricación de unidades de concreto.

Tabla 32. Contenido de aire atrapado según el tamaño máximo nominal

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Diseño De Mezcla del ing. Enrique Rivva López

d. Selección de relación agua/cemento:

La R a/c será igual 0.6.

e. Selección de la cantidad de cemento

Teniendo la cantidad de agua por metro cúbico y la relación de agua-cemento se calculó la cantidad de cemento con la fórmula 9.

$$\text{Cantidad de Cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{contenido de agua} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \right)}{\text{relacion agua-cemento}} \quad \dots(9)$$

El contenido de cemento por metro cúbico de concreto es de 308.33 kg equivalente a 7.25 bolsas.

f. Calculamos los volúmenes absolutos de la pasta, ver tabla 33.

Tabla 33. Volumen de la pasta para diseño de R a/c=0.6

DESCRIPCIÓN		V=1.00m3	
C	308.33	0.099	m ³
H₂O	185.00	0.185	m ³
Aire	3.00 %	0.030	m ³
	Vol. Pasta	0.314	m ³

Fuente: Elaboración propia

g. Contenido del agregado fino

$$\text{Vol. agregado} = 1 - 0.314 = 0.686 \text{ m}^3$$

h. Peso seco de la arena

Calculamos el peso seco de la arena con la fórmula 10, con el peso específico hallado en los ensayos.

$$\text{Peso Seco (kg)} = \frac{\text{Volumen Ag.Fino (m}^3\text{)}}{\text{Peso Especifico (Kg/m}^3\text{)}} \quad \dots(10)$$

El peso seco del agregado fino es de 1756.61 kg/m³.

i. Volúmenes absolutos de materiales para diseño en seco, se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. Diseño para volumen en seco, sin corrección por humedad ni absorción

Descripción	V=1.00m3	Und	V=1.00m3	
C	308.33	kg/m ³	0.099	m ³
H₂O	185.00	kg/m ³	0.185	m ³
Ag. fino	1756.61	kg/m ³	0.686	m ³
Aire	3.00%	kg/m ³	0.030	m ³
		Vol. Absoluto :	1.000	m ³

Fuente: Elaboración propia

j. Corrección por humedad del agregado fino con la fórmula 11.

$$\text{Peso Humedo de Ag. (kg)} = \text{Peso Seco Ag} * \frac{1 + \text{Cont.Humedad}}{100} \quad \dots(11)$$

Se tiene un peso húmedo de agregado fino de 1782.96 kg/m³

k. Corrección del agua efectiva por humedad y absorción con la fórmula 12.

$$\text{Humedad Superficial} = \frac{w\% - S\%}{100} \quad \dots(12)$$

Donde:

- w % = porcentaje de humedad
- S % = porcentaje de absorción

$$\text{Aporte de Agua} = \text{Peso Seco Ag} * \text{Humedad Superficial}$$

Se tiene una humedad superficial de -0.33 % y un aporte de agua de 5.80 lts.

l. Resultado del diseño dinámico para R a/c=0.6, ver tabla 35.

Tabla 35. Diseño dinámico para una R a/c=0.6

Descripcion	V=1.00m ³
C	308.33
H2O	190.80
Ar. Gruesa	1782.96
Aire	3.00%

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se haya determinado la dosificación en estado húmedo se preparó mezcla de concreto para una capacidad de 0.012 m³, lo que fue suficiente para realizar el ensayo de asentamiento utilizando el instrumento de Cono de Abrams, bajo inspección de la NTP 339.035:2009.

Las dosificaciones para un volumen de 0.012 m³, se muestran en la tabla 36:

Tabla 36. Proporción para un volumen unitario de 185 lts/m³

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.012	UND
C	308.33	308.33	1	3.70	kg
H2O	185.00	190.80	0.62	2.29	lt
Ag. fino	1756.61	1782.96	5.78	21.40	kg
Aire	3.0%	3.0%			

Fuente: Elaboración propia

a. Procedimiento de mezclado de concreto

- ✓ Ya teniendo los diseños de mezcla definidos y proporcionamiento para la tanda de un volumen de 0.012 m³ se inició con el pesaje de cada material, se debe recordar que independientemente cada material debe estar en bandejas separadas.

- ✓ Antes de echar los materiales a la mezcladora se debe humedecer el interior de la tolva con un paño, con la finalidad de que la tolva no absorba agua de la mezcla.
- ✓ Se agregó la cantidad total de arena gruesa y cemento en la mezcladora, se prosiguió a mezclar en seco hasta tener un color uniforme, seguidamente agregar una porción de agua aproximadamente los $\frac{2}{3}$ de la porción de agua, terminar de echar el resto de agua si así la mezcla lo requiere durante un tiempo de 4 a 6 minutos, se verificó que no se pegue mezcla de concreto en las paredes de la tolva para ello se dieron golpes con una comba de goma.
- ✓ Se preparó una carretilla para la recepción del mezclado, esta debe estar húmeda antes de depositar la mezcla de concreto que sale de la tolva.
- ✓ Depositar en una carretilla la mezcla de concreto preparada para poder ejecutar el ensayo de asentamiento.

b. Ensayo de asentamiento

Con la finalidad de determinar la consistencia de la mezcla preparada, se realizó en ensayo de slump o medición de asentamiento con el Cono de Abrams, con las indicaciones de la NTP 339.035 - 2009 Método de ensayo para medición de asentamiento del concreto de cemento Portland.

Como se puede visualizar en la figura 53, el contenido de agua utilizada fue de 185 litros por metro cúbico de concreto, como resultado dio una mezcla de consistencia plástica con un asentamiento igual a $2\frac{3}{4}$ ".



Figura 53. Medición del slump, con un asentamiento de $2\frac{3}{4}$ ".
Fuente: Imagen propia

3.3.2.1.2 MEZCLA PARA R a/c=0.6 y V=170 lts/m³

El procedimiento para el diseño de mezcla y mezclado será el mismo que se describió en el acápite 3.3.2.1.1, en la tabla 37 se muestra el diseño dinámico corregido por humedad y absorción del agregado para un volumen unitario de 170 litros por metro cúbico de concreto.

Tabla 37. Proporción para un volumen unitario de 170 lts/m³

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.012	UND
C	283.33	283.33	1	3.40	kg
H2O	170.00	175.99	0.62	2.11	lt
Ag. fino	1815.52	1842.75	6.50	22.11	kg
Aire	3.00%	3.00%			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 54, se ejecutó el ensayo de asentamiento dando mezcla con consistencia seca, para este caso el slump resultante medido con el instrumento del cono de Duff Abrams es de 1”.



Figura 54. Medición del slump, con un asentamiento de 1”

Fuente: Imagen propia

3.3.2.1.3 MEZCLA PARA R a/c=0.6 y V=160 lts/m³

En la tabla 38 se muestra el diseño dinámico corregido por humedad y absorción del agregado para un volumen unitario de 160 litros por metro cúbico de concreto.

Tabla 38. Proporción para un volumen unitario de 160 lts/m³

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.012	UND
C	266.67	266.67	1	3.20	kg
H₂O	160.00	166.12	0.62	1.99	lt
Ag. fino	1854.80	1882.62	7.06	22.59	kg
Aire	3.0%	3.0%			

Fuente: elaboración propia

Como se puede visualizar en la figura 55, con el contenido de agua utilizada en este diseño dio una consistencia de mezcla seca, el slump resultante medido con el instrumento del cono de Duff Abrams es de 0”.



Figura 55. Medición del Slump, con un asentamiento de 0”
Fuente: Imagen propia

3.3.2.2 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA ÓPTIMO

En la tabla 39 muestra el resumen de resultados de los asentamientos obtenidos y en la figura 56 se aprecia la variación del asentamiento para las cantidades de agua utilizadas.

Tabla 39. Resumen de ensayo de asentamiento para volumen óptimo de agua

ENSAYO	AGUA (LTS/M3)	SLUMP
N° 01	185	2.75
N° 02	170	1
N° 03	160	0

Fuente: Elaboración propia

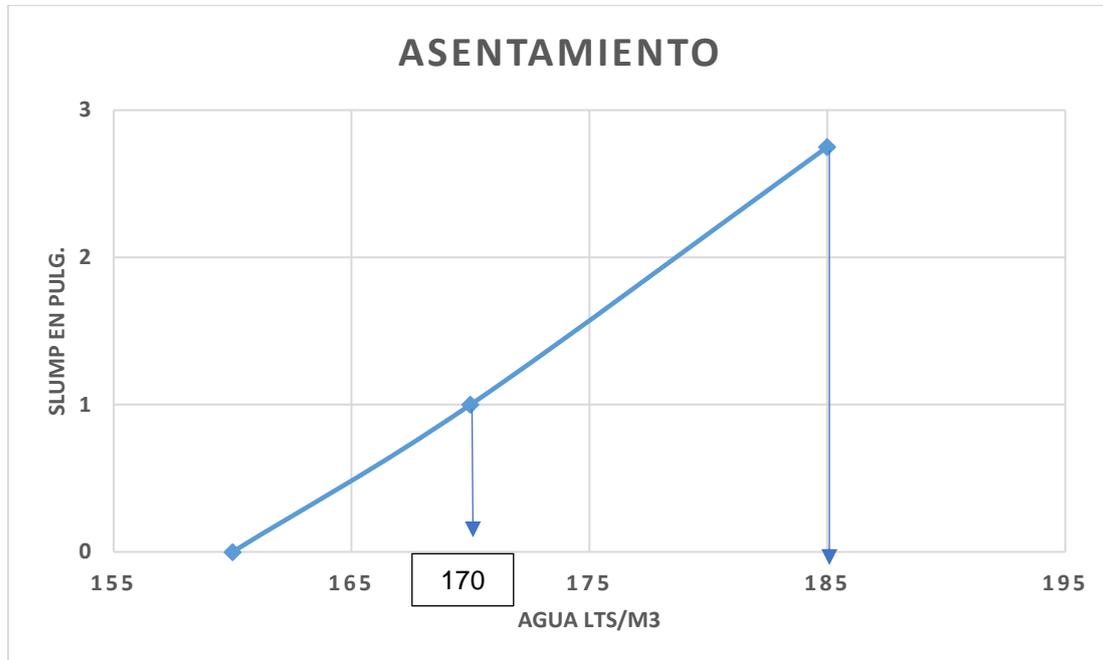


Figura 56. Asentamientos obtenidos con cantidades de agua de 185, 170 y 160 lts/m3

Fuente: Imagen propia

3.3.2.3 NOMENCLATURA DE LAS DOSIFICACIONES PLANTEADAS

Una vez seleccionado el contenido óptimo de agua, se plantearon los diseños de mezcla que servirán para la selección de una mejor dosificación y posteriormente usarlos en la fabricación de unidades de concreto.

Por la cantidad de diseños utilizados se nombró a cada dosificación utilizando una nomenclatura, para un reconocimiento de las dosificaciones más simple y sencillo en el proceso de vaciado.

En la tabla 40 se listó un resumen de la nomenclatura utilizada de cada una de las dosificaciones.

Tabla 40. Nomenclatura utilizada en las dosificaciones propuestas

N°	DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA
1	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 SIN EPS	R 0.6-EPS 0
2	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 20 % DE EPS	R 0.6-EPS 20
3	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 40 % DE EPS	R 0.6-EPS 40
4	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 60 % DE EPS	R 0.6-EPS 60
5	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 SIN EPS	R 0.7-EPS 0
6	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 20 % DE EPS	R 0.7-EPS 20
7	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 40 % DE EPS	R 0.7-EPS 40
8	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 60 % DE EPS	R 0.7-EPS 60
9	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 SIN EPS	R 0.8-EPS 0
10	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 20 % DE EPS	R 0.8-EPS 20
11	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 40 % DE EPS	R 0.8-EPS 40
12	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 60 % DE EPS	R 0.8-EPS 60

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 SIN EPS

Se realizó el diseño de mezcla de concreto por el método de Walker, el procedimiento de diseño de mezcla se hizo para concreto convencional sin adición de poliestireno expandido para las tres relaciones agua- cemento (R a/c 0.6, R a/c=0.7 y R a/c=0.8). El procedimiento de diseño de mezcla fue de la siguiente manera:

a. Selección del asentamiento.

El Slump será de 0" a 1"

Se requiere obtener mezcla de consistencia seca, ya que las unidades de concreto deben tener una textura de superficie rugosa en la cara de asentado y para un proceso de fabricación continua estas deben ser desmoldadas inmediatamente después del vaciado y vibrado.

b. Selección de la relación de agua/cemento:

La R a/c será de 0.6, elegida como prueba patrón sin adición de EPS.

c. Selección del contenido de agua

Utilizaremos la cantidad de agua obtenida en los trabajos preliminares con un volumen 170 litros por metro cúbico de concreto.

d. Selección del contenido de aire

El contenido de aire atrapado que hay en la mezcla será del 3 %, en referencia a la tabla 32 del libro del ingeniero Enrique Rivva, para un tamaño máximo nominal de 3/8", ya que solo se utilizó agregado fino en la fabricación de unidades de concreto.

e. Selección de la cantidad de cemento

Teniendo la cantidad de agua por metro cúbico y la relación de agua-cemento se calculó la cantidad de cemento con la fórmula 13.

$$\text{Cantidad de Cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{contenido de agua} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \right)}{\text{relacion agua-cemento}} \quad \dots(13)$$

El contenido de cemento por metro cúbico de concreto es de 341 kg, equivalente a 8.04 bolsas de cemento.

f. Calculamos los volúmenes absolutos de la pasta, ver tabla 41.

Tabla 41. Volumen de la pasta para diseño de R a/c=0.6

DESCRIPCIÓN		V=1.00m ³	
C	283.33	0.091	m ³
H ₂ O	170.00	0.170	m ³
Aire	3.00%	0.030	m ³
Vol. Pasta		0.291	m³

Fuente: Elaboración propia

g. Contenido del agregado fino

$$\text{Vol. agregado} = 1 - 0.291 = 0.709 \text{ m}^3$$

h. Peso seco de la arena

Calculamos el peso seco de la arena con su peso específico hallado en los ensayos con la fórmula 14.

$$\text{Peso Seco (kg)} = \frac{\text{Volumen Ag.Fino (m}^3\text{)}}{\text{Peso Especifico (Kg/m}^3\text{)}} \quad \dots(14)$$

El peso seco del agregado fino es de 1815.52 kg/m³.

i. Volúmenes absolutos de materiales para diseño en seco, ver tabla 42.

Tabla 42. Diseño para volumen en seco, sin corrección por humedad ni absorción

Descripción	V=1.00m3		V=1.00m3	
C	283.33	kg/m3	0.091	m3
H2O	170.00	kg/m3	0.170	m3
Ag. Fino	1815.52	kg/m3	0.709	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3
	Vol. Absoluto :		1.000	m3

Fuente: Elaboración propia

j. Se calculó la corrección por humedad del agregado fino con la fórmula 15.

$$\text{Peso Humedo de Ag. (kg)} = \text{Peso Seco Ag} * \frac{1+\text{Cont.Humedad}}{100} \quad \dots(15)$$

Se tiene un peso húmedo de agregado fino de 1842.75 kg/m³

k. Se halló la corrección del agua efectiva por humedad y absorción con la fórmula 16.

$$\text{Humedad Superficial} = \frac{w\%-S\%}{100} \quad \dots(16)$$

Donde:

- w % = porcentaje de humedad
- S %= porcentaje de absorción

$$\text{Aporte de Agua} = \text{Peso Seco Ag} * \text{Humedad Superficial}$$

Se tiene una humedad superficial de -0.33 % y un aporte de agua de 5.99 lts.

l. Diseño dinámico para R a/c=0.6, ver tabla 43.

Tabla 43. Diseño dinámico para una R a/c=0.6

Descripcion	V=1.00m3	und
C	283.33	kg/m3
H2O	175.99	kg/m3
Ag. Fino	1842.75	kg/m3
Aire	3.0%	kg/m3

Fuente: Elaboración propia

Se vaciarán en probetas de 4" x 8" por lo tanto, se proporcionará para un volumen de 0.017 m³ lo que es equivalente a 9 probetas más un 10 % adicional de desperdicio, antes de realizar el vaciado se corrigió el diseño de mezcla por contenido de humedad del agregado con 1.00 %, el resultado se muestra en la tabla 44:

Tabla 44. Proporción en peso para una tanda de 10 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.6-EPS 0

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.017	UND
C	283.33	283.33	1	4.90	kg
H2O	170.00	185.07	0.65	3.20	lt
Ar. Gruesa	1815.52	1833.68	6.47	31.72	kg
Aire	3.0%	3.0%			

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.4

3.3.4 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 20 % DE EPS

En el diseño de mezcla con adición de poliestireno expandido, se utilizó el diseño de mezcla de patrón de R a/c=0.6, en la cual un 20 % del volumen del agregado fue reemplazado con poliestireno expandido.

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.6 con 20 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 45:

Tabla 45. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.6-EPS 20

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 20 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%		V= 0.0173	V= 0.0180	
C	283.33	283.33	kg/m3	4.90	5.10	Kg
H2O	185.07	185.07	lt/m3	3.20	3.33	lt
Ag. Fino	1833.68	1466.94	kg/m3	31.72	26.39	Kg
EPS		20.00	%		0.0042	m3
	2302.08	1.982	kg/m3		0.0357	kg-EPS
		1937.33	kg/m3			
Interpolacion:	1833.68 Kg/m3			1.169 m3 (Vsuelto)		
	366.74 Kg/m3			0.234 m3 (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

Al adicionar poliestireno expandido, el volumen de mezcla preparada tuvo un rendimiento menor a la prueba patrón del concreto convencional, por ello se tuvo que agregar un 4 % más al volumen proporcionado inicialmente.

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.4

3.3.5 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 40 % DE EPS

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.6 con 40 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 46:

Tabla 46. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.6-EPS 40

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 40 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%	V= 0.0173	V= 0.0187		
C	283.33	283.33	kg/m3	4.90	5.30	Kg
H2O	185.07	185.07	kg/m3	3.20	3.46	lt
Ag. Fino	1833.68	1100.21	kg/m3	31.72	20.58	Kg
EPS		40.00	%		0.0087	m3
		3.965	kg/m3		0.07418	kg-EPS
	2302.08	1572.57	kg/m3			
Interpolacion:	1833.68 Kg/m3			1.169 m3 (Vsuelto)		
	733.47 Kg/m3			0.468 m3 (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

Al adicionar poliestireno expandido el volumen de mezcla preparada tuvo un rendimiento cada vez menor a la capacidad de la prueba patrón de concreto convencional, por ello se agregó un 4 % más al volumen de la prueba anterior.

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.4.

3.3.6 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 60 % DE EPS

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.6 con 60 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 47:

Tabla 47. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.6-EPS 60

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 60 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 60%	V= 0.0173	V= 0.0195		
C	283.33	283.33	kg/m3	4.90	5.51	Kg
H2O	185.07	185.07	kg/m3	3.20	3.60	lt
Ag. Fino	1833.68	733.47	kg/m3	31.72	14.27	Kg
EPS		60.00	%		0.0136	m3
		5.947	kg/m3		0.11572	kg-EPS
	2302.08	1207.82	kg/m3			
Interpolacion:	1833.68 Kg/m3			1.169 m3 (Vsuelto)		
	1100.21 Kg/m3			0.701 m3 (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

Al adicionar poliestireno expandido el volumen de mezcla preparada tuvo un rendimiento cada vez menor a la capacidad de la prueba patrón de concreto convencional, por ello se agregó un 4 % más al volumen de la prueba anterior.

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.4.

3.3.7 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 SIN EPS

Se realizó el diseño de mezcla de concreto por el método de Walker para relación agua- cemento igual a 0.7 de concreto convencional sin adición de poliestireno expandido. El procedimiento de diseño de mezcla es el mismo descrito en el acápite 3.3.3. “Diseño de mezcla para R a/c=0.6 sin EPS” los resultados se visualizan en la tabla 48.

Tabla 48. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.7-EPS 0

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.017	
C	242.86	242.86	1	4.20	kg
H2O	170.00	185.34	0.76	3.21	lt
Ag. fino	1848.73	1867.22	7.69	32.30	kg
Aire	3.0%	3.0%			

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.5.

3.3.8 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 20 % DE EPS

El criterio de adición de poliestireno expandido es el mismo utilizado en los diseños presentados en el acápite 3.3.4.

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.7 con 20 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 49:

Tabla 49. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.7-EPS 20

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.7 CON 20 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%		V= 0.0173	V= 0.0180	
C	242.86	242.86	kg/m3	4.20	4.37	Kg
H2O	185.34	185.34	lt/m3	3.21	3.33	lt
Ag. fino	1867.22	1493.78	kg/m3	32.30	26.87	Kg
EPS		20.00	%		0.0043	m3
	2295.42	1924.00	kg/m3		0.0363	kg-EPS
Interpolacion:	1867.22 Kg/m3			1.190 m3 (Vsuelto)		
	373.44 Kg/m3			0.238 m3 (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.5.

3.3.9 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 40 % DE EPS

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.7 con 40 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 50:

Tabla 50. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.7-EPS 40

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.7 CON 40 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%		V= 0.0173		V= 0.0187
C	242.86	242.86	kg/m3	4.20	4.54	Kg
H2O	185.34	185.34	kg/m3	3.21	3.47	lt
Ag. fino	1867.22	1120.33	kg/m3	32.30	20.96	Kg
EPS		0.40	%		0.0089	m3
	2295.42	4.037	kg/m3		0.07553	kg-EPS
		1552.57	kg/m3			
Interpolacion:	1867.22 Kg/m3			1.190 m3 (Vsuelto)		
	746.89 Kg/m3			0.476 m3 (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.5.

3.3.10 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 60 % DE EPS

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.7 con 60 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 51:

Tabla 51. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.7-EPS 60

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.7 CON 60 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 60%		V= 0.0173		V= 0.0195
C	242.86	242.86	kg/m3	4.20	4.37	Kg
H2O	185.34	185.34	kg/m3	3.21	3.33	lt
Ag. fino	1867.22	746.89	kg/m3	32.30	13.44	Kg
EPS		0.60	%		0.0139	m3
	2295.42	6.056	kg/m3		0.11783	kg-EPS
		1181.15	kg/m3			
Interpolacion:	1867.22 Kg/m3			1.190 m3 (Vsuelto)		
	1120.33 Kg/m3			0.714 m3 (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.5.

3.3.11 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 SIN EPS

Se realizó el diseño de mezcla de concreto por el método de Walker para relación agua- cemento igual a 0.8 de concreto convencional sin adición de poliestireno expandido. El procedimiento de diseño de mezcla es el mismo descrito en el acápite 3.3.3. "Diseño de mezcla para R a/c=0.6 sin EPS" los resultados se visualizan en la tabla 52.

Tabla 52. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8-EPS 0

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.017	
C	212.50	212.50	1	3.68	kg
H2O	170.00	194.92	0.92	3.37	lt
Ag. fino	1873.64	1883.01	8.86	32.57	kg
Aire	3.0%	3.0%			

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.6.

3.3.12 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 20 % DE EPS

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.8 con 20 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 53:

Tabla 53. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8-EPS 20

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 20 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%		V= 0.0173	V= 0.0180	
C	212.50	212.50	kg/m3	3.68	3.82	Kg
H2O	194.92	194.92	lt/m3	3.37	3.51	lt
Ag. fino	1883.01	1506.41	kg/m3	32.57	27.10	Kg
EPS		20.00	%		0.0043	m3
	2290.43	2.046	kg/m3		0.0368	kg-EPS
		1915.87	kg/m3			
Interpolación:	1883.01 Kg/m3			1.206 Vsuelto/m3		
	376.60 Kg/m3			0.241 Vsuelto/m3		

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.6.

3.3.13 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 40 % DE EPS

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.8 con 40 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 54:

Tabla 54. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8-EPS 40

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 40 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%		V= 0.0173	V= 0.0187	
C	212.50	212.50	kg/m3	3.68	3.98	Kg
H2O	194.92	194.92	kg/m3	3.37	3.65	lt
Ag. fino	1883.01	1129.81	kg/m3	32.57	21.14	Kg
EPS		0.40	%		0.0090	m3
	2290.43	4.092	kg/m3		0.07655	kg-EPS
		1541.32	kg/m3			
Interpolación:	1883.01 Kg/m3			1.206 Vsuelto/m3		
	753.20 Kg/m3			0.483 Vsuelto/m3		

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.6.

3.3.14 DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 60 % DE EPS

La dosificación de diseño de mezcla para R a/c=0.8 con 60 % de poliestireno expandido se muestra en la tabla 55:

Tabla 55. Proporción en peso para una tanda de 9 probetas de 4" x 8" de Ra/c=0.8-EPS 60

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 60 % DE EPS					
	V = 1 m ³	V=1m ³ con 60%	V= 0.0173	V= 0.0195		
C	212.50	212.50	kg/m ³	3.68	4.13	Kg
H2O	194.92	194.92	kg/m ³	3.37	3.79	lt
Ag. fino	1883.01	753.20	kg/m ³	32.57	14.66	Kg
EPS		0.60	%		0.0141	m ³
	2290.43	6.137	kg/m³		0.11942	kg-EPS
		1166.76 kg/m³				
Interpolacion:	1883.01 Kg/m ³			1.206 Vsuelto/m ³		
	1129.81 Kg/m ³			0.724 Vsuelto/m ³		

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual se presenta en el Anexo B.6.

3.3.15 PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO PARA CONCRETO CONVENCIONAL

- ✓ Después de realizar el diseño de mezcla y haber proporcionado para un volumen de 9 probetas, se comenzó a pesar las cantidades que se requiere de cada material.
- ✓ Antes de echar los materiales a la mezcladora se debe humedecer el interior de la tolva con un paño, con la finalidad de que la tolva no absorba agua de la mezcla.
- ✓ Se agregó la cantidad total de arena gruesa y cemento en la mezcladora, se prosiguió con el mezclado en seco hasta tener un color uniforme durante 1 a 2 minutos, seguidamente se agregó una porción de agua aproximadamente los 2/3 de la porción de agua, se terminó de echar el resto de agua cuando la mezcla lo requería durante un tiempo de 4 a 6 minutos, se verificó que no se pegue mezcla de concreto en las paredes de la tolva para ello dio golpes con una comba de goma garantizando una mezcla homogénea.
- ✓ Se preparó una carretilla para la recepción del mezclado, esta debe estar húmeda antes de depositar la mezcla de concreto que sale de la tolva.

- ✓ Depositar en una carretilla la mezcla de concreto preparada para poder ejecutar el ensayo de asentamiento.

En la figura 57 se visualiza el uso de trompito de 6 – 8 pie³ para el preparado de concreto.



Figura 57. Preparado de concreto convencional compuesto por cemento, arena y agua
Fuente: Imagen propia

3.3.16 PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO DE CONCRETO CON ADICIÓN DE EPS

- ✓ Después de realizar el diseño de mezcla y haber proporcionado para un volumen de 9 probetas, se comenzó a pesar las cantidades que se requiere de cada material, se debe recordar que independientemente cada material debe estar en bandejas separadas.
- ✓ Para la preparación con adición de poliestireno expandido el volumen proporcionado será un 4 % más a las pruebas patrón.
- ✓ Antes de echar los materiales a la mezcladora se debe humedecer el interior de la tolva con un paño, con la finalidad de que la tolva no absorba agua de la mezcla.
- ✓ Se agregó la cantidad total de arena en la mezcladora, después una porción de cemento aproximadamente las 3/4 partes, se prosiguió con el mezclado en seco hasta tener un color uniforme, seguidamente se agregó los 2/3 de la cantidad de agua, durante un tiempo de 2 a 3 minutos.
- ✓ Se adicionaron las perlas de poliestireno expandido junto con el resto de cemento, terminar de echar 1/3 de agua restante, dejando mezclar por 3 a 5 minutos más,

verificar que no se pegue mezcla de concreto en las paredes de la tolva para ello dar golpes con una comba de goma.

- ✓ Se preparó una carretilla para la recepción del mezclado, esta debe estar húmeda antes de depositar la mezcla de concreto que sale de la tolva.
- ✓ Depositar en una carretilla la mezcla de concreto preparada para poder ejecutar el ensayo de asentamiento.

En la figura 58 se visualiza el uso de trompito de 6 – 8 pie³ para el preparado de concreto con poliestireno expandido.



Figura 58. Mezclado de concreto con adición de poliestireno expandido
Fuente: Imagen propia

3.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Conocer las propiedades del concreto en estado fresco es de mucha importancia, ya que se observará directamente el comportamiento del concreto durante la elaboración de la mezcla, en esta investigación se evaluó al concreto en estado fresco; la consistencia y peso unitario.

3.4.1 CONSISTENCIA

La consistencia es una propiedad del concreto en estado fresco y está definida por el grado de fluidez de la mezcla preparada la cual es medida o determinada utilizando el método de Slump o método de asentamiento utilizando el cono de Abrams.

El ensayo se ejecutó siguiendo las indicaciones de la NTP 339.035-2015 Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

➤ Aparatos

- **Molde (cono de Abrams):** molde metálico, con un espesor mínimo de 1.5mm y su forma es cónica, abierto en sus extremos. Las dos bases son paralelas entre sí: de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm de diámetro en la base superior, ver Figura 59.
- **Barra compactadora:** barra de acero lisa con punta esférica de 16mm (5/8" pulgadas) de diámetro, con una longitud de 60 cm.
- **Plancha metálica** no absorbente en forma plana.

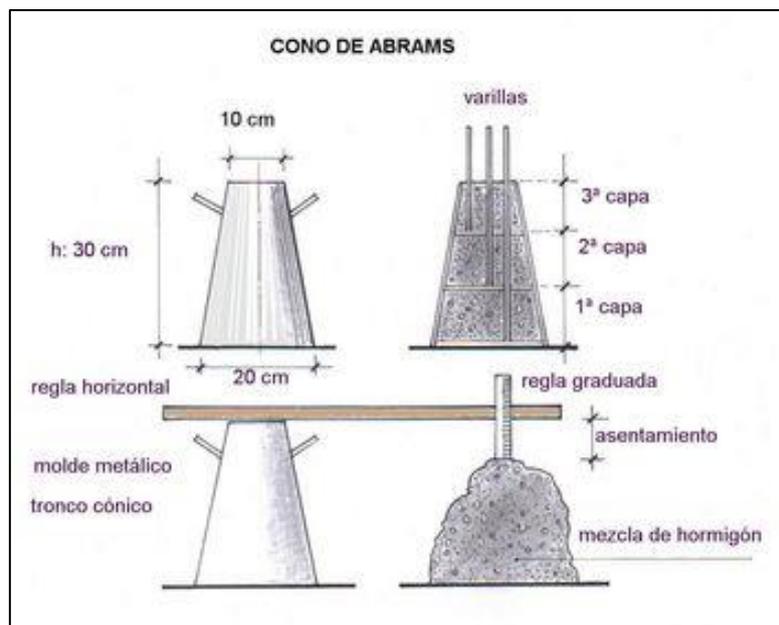


Figura 59. Dimensiones normalizadas del cono de Abrams
Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto

➤ Procedimiento

- Previamente al ensayo de asentamiento, se humedeció el molde y se colocó sobre la superficie no absorbente, manteniéndole inmóvil.
- Se llenó el concreto vaciando en tres capas, cada capa debe ocupar la tercera parte del volumen del molde.
- Cada capa se compacta dando 25 golpes, repartidos uniformemente en toda la sección.
- Las capas siguientes se compactaron de la misma manera, pero se consideró que esta penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
- En la última capa se llenó con un exceso más de mezcla, dado los 25 golpes se enrasó sobre la superficie y se quitó y limpió la mezcla sobrante.

- Se retiró el cono en forma vertical, y se midió el asentamiento desde la base superior.

➤ Cálculos

- La consistencia del concreto se midió por el asentamiento que se determina por la diferencia entre la altura del molde y la altura del concreto deformado expresado en centímetros o pulgadas.

En la tabla 56 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de asentamiento de concreto de todas las dosificaciones planteadas.

Tabla 56. Ensayo de Slump de todas las dosificaciones propuestas

N°	NOMENCLATURA	Agua Efectiva	Slump	Descripción
		lts/m ³	Pulg	
1	R 0.6-EPS 0	185.07	1"	R a/c = 0.6 sin EPS
2	R 0.6-EPS 20	185.07	2 1/2"	R a/c = 0.6 con 20% de EPS
3	R 0.6-EPS 40	185.07	6 1/2"	R a/c = 0.6 con 40% de EPS
4	R 0.6-EPS 60	185.07	7 1/2"	R a/c = 0.6 con 60% de EPS
5	R 0.7-EPS 0	185.34	3/4"	R a/c = 0.7 sin EPS
6	R 0.7-EPS 20	185.34	3"	R a/c = 0.7 con 20% de EPS
7	R 0.7-EPS 40	185.34	6 1/2"	R a/c = 0.7 con 40% de EPS
8	R 0.7-EPS 60	185.34	7"	R a/c = 0.7 con 60% de EPS
9	R 0.8-EPS 0	194.92	3/4"	R a/c = 0.8 sin EPS
10	R 0.8-EPS 20	194.92	2 1/2"	R a/c = 0.8 con 20% de EPS
11	R 0.8-EPS 40	194.92	6"	R a/c = 0.8 con 40% de EPS
12	R 0.8-EPS 60	194.92	7"	R a/c = 0.8 con 60% de EPS

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Se ejecutó el ensayo de peso unitario del concreto para determinar la variación del peso por metro cúbico de concreto, según la cantidad de poliestireno expandido que se esté aumentando.

Así mismo en la interpretación de resultados se evaluó el rendimiento de mezcla y se ajustó la cantidad en sus proporciones, el ensayo se realizó según las indicaciones de la NTP 339.046-2013. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).

➤ **Aparatos**

- **Balanza:** con recomendación de la norma debe tener una precisión de 45 gr o dentro del 0.3 % de la carga de ensayo.
- **Barra compactadora:** barra de acero lisa con punta semiesférica, diámetro de 16mm (5/8" pulgadas) de diámetro, con una longitud de 60 cm.
- **Recipiente de medida:** recipiente cilíndrico de acero, cumple con los requisitos de las medidas estandarizadas.
- **Placa de alisado:** placa plana de forma rectangular de metal, tiene espesor de 6 mm y una longitud de 30 cm.
- **Mazo:** con cabeza de caucho llamado también mazo de goma.
- **Cuchara:** cuchara de acero, tiene la capacidad proporcional a la del recipiente de medida.

➤ **Procedimiento**

- Previamente al ensayo de asentamiento se humedeció el molde y se colocó sobre la superficie no absorbente, manteniéndole inmóvil.
- Se llenó el concreto vaciando en tres capas, cada capa debe ocupar la tercera parte del volumen del recipiente.
- Cada capa se compacta dando 25 golpes, repartidos uniformemente en toda la sección.
- Las capas siguientes se compactaron de la misma manera, pero se consideró que esta penetre ligeramente en la capa inmediata inferior unos 25 mm.
- Después de que cada capa haya sido apisonada se golpea con el mazo de goma en los lados del recipiente de unas 10 a 15 veces.

➤ **Cálculos**

- El cálculo del peso unitario se realizó con la fórmula 17:

$$P. U. = \frac{M_{con} - M_{rec}}{V_{rec}} \quad \dots(17)$$

Donde:

P.U.: Peso Unitario expresado en (kg/m³)

Mcon: masa del concreto más el recipiente (kg)

Mrec: masa del recipiente (kg)

Vrec: masa del recipiente (m³)

- El cálculo de rendimiento relativo se realizó con la fórmula 18:

$$\text{Rend rel.} = \frac{V_{\text{real}}}{V_{\text{diseño}}} \dots(18)$$

Donde:

Rend rel: rendimiento relativo

V real: volumen real de la mezcla (kg/m³)

V diseño: volumen de diseño en (kg/m³)

La indicación que da la NTP 339.046, es que un valor por rendimiento relativo mayor que 1 indica un exceso de concreto que se produce, un rendimiento menor a 1 indica qué volumen de mezcla real será corto en relación al volumen diseñado.

En la tabla 57 se muestran los resultados del cálculo del peso unitario para todas las dosificaciones planteadas.

Tabla 57. Resultados de peso unitario de las dosificaciones vaciadas

NOMENCLATURA	Peso de Rec. mas mezcla	Peso de Mezcla (Kg)	Vol. Rec. (m3)	P. U. Real (Kg/m3)
R 0.6-EPS 0	8.579	6.455	0.00283168	2279.57
R 0.6-EPS 20	7.507	5.383	0.00283168	1900.99
R 0.6-EPS 40	6.154	4.030	0.00283168	1423.18
R 0.6-EPS 60	5.317	3.193	0.00283168	1127.60
R 0.7-EPS 0	8.548	6.424	0.00283168	2268.62
R 0.7-EPS 20	7.439	5.315	0.00283168	1876.98
R 0.7-EPS 40	6.113	3.989	0.00283168	1408.70
R 0.7-EPS 60	5.203	3.079	0.00283168	1087.34
R 0.8-EPS 0	8.539	6.415	0.00283168	2265.44
R 0.8-EPS 20	7.432	5.308	0.00283168	1874.51
R 0.8-EPS 40	6.186	4.062	0.00283168	1434.48
R 0.8-EPS 60	5.324	3.200	0.00283168	1130.07

Fuente: Elaboración propia

3.5 ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Antes de realizar el vaciado de las probetas cilíndricas con adición de poliestireno expandido, se analizaron los resultados ensayados del concreto en el estado fresco, dando como resultado mezclas secas, plásticas y fluidas con slumps en el rango de 3/4" hasta 7 1/2", siendo estos valores desfavorables para la fabricación de ladrillos de concreto, por ello se optó por disminuir la cantidad de agua de la siguiente manera:

- Para los diseños de mezcla R 0.6 - EPS 20, R 0.7 - EPS 20 y R 0.8 - EPS 20 se disminuyó un 20 % a la cantidad de agua planteada en la prueba patrón.
- Para los diseños de mezcla R 0.6 - EPS 40, R 0.7 - EPS 40 y R 0.8 - EPS 40 se disminuyó un 22.5 % a la cantidad de agua planteada en la prueba patrón.
- Para los diseños de mezcla R 0.6-EPS 60, R 0.7 - EPS 60 y R 0.8 - EPS 60 se disminuyó un 25 % a la cantidad de agua planteada en la prueba patrón.

3.5.1 VACIADO DE PROBETAS CILÍNDRICAS

Se vaciaron 108 probetas cilíndricas de concreto de 4" x 8" siguiendo las indicaciones de la NTP 339.183-2008 CONCRETO. "*Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*", con esta cantidad de probetas se seleccionó el grupo de dosificaciones que proporcionen propiedades del concreto más favorables en el estado endurecido, y con estas mismas dosificaciones elaborar los ladrillos de concreto.

El tiempo de maduración del concreto se programó para roturar a los 7, 14 y 28 días, en cada fecha programada se tendrá una muestra de 3 probetas.

En la tabla 58 se muestra la cantidad de probetas por dosificación y los días en las cuales fueron roturados.

Tabla 58. Cantidad de probetas roturas por dosificación a los 7, 14 y 28 días

NOMENCLATURA	R a/c	EPS	Numero de Muestras		
			7 días	14 días	28 días
R 0.6-EPS 0	0.6	0	3	3	3
R 0.6-EPS 20	0.6	20	3	3	3
R 0.6-EPS 40	0.6	40	3	3	3
R 0.6-EPS 60	0.6	60	3	3	3
R 0.7-EPS 0	0.7	0	3	3	3
R 0.7-EPS 20	0.7	20	3	3	3
R 0.7-EPS 40	0.7	40	3	3	3
R 0.7-EPS 60	0.7	60	3	3	3
R 0.8-EPS 0	0.8	0	3	3	3
R 0.8-EPS 20	0.8	20	3	3	3
R 0.8-EPS 40	0.8	40	3	3	3
R 0.8-EPS 60	0.8	60	3	3	3

Fuente: elaboración propia

En las figuras 60 y 61 se muestran la elaboración y moldeo de las probetas de concreto, todos provenientes de la misma tanda y condición de vaciado.



Figura 60. Preparación de probetas de concreto
Fuente: Imagen propia



Figura 61. Almacenaje de las probetas durante 24 horas antes de iniciar con el curado
Fuente: Imagen propia

3.5.2 CURADO DE PROBETAS DE CONCRETO

Pasadas las 24 horas, el curado de las probetas de concreto se realizó siguiendo las indicaciones de NTP 339.183-2013, se inició inmediatamente después de haber quitado el molde de las muestras, sumergiéndolas en poza de agua potable con adición de cal hidratada en 3 gramos por litro de agua.

Llegado el día de ensayo de resistencia, se sacaron las probetas de la poza de curado y se dejó secar respetando los tiempos permisibles dados por la norma como se aprecia en la figura 62.



Figura 62. Curado de las probetas de concreto dentro de pozas de agua con cal
Fuente: Imagen propia

3.6 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

Es importante también conocer las propiedades mecánicas una vez que haya madurado el concreto, ya que esto define su durabilidad y resistencia. En el estado endurecido se evaluó la resistencia a la compresión axial de las probetas, posteriormente se analizaron las propiedades físicas y mecánicas una vez producidas las unidades de albañilería de concreto.

3.6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para el desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión se siguieron las indicaciones de la NTP 339.034:2015 Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Para probetas de 4" x 8" se prepararon y roturaron 3 muestras de concreto por cada diseño de mezcla, con la finalidad de tener una mayor confiabilidad en el ensayo de resistencia a compresión, los ensayos fueron programados para ser roturadas a los 7, 14 y 28 días de su maduración.

El procedimiento para ejecutar el ensayo fue de la siguiente manera:

- Se colocó la probeta en la máquina de resistencia a compresión, haciendo coincidir el eje del área de contacto con el eje de la superficie del cabezal de apoyo, luego se hizo bajar el cabezal superior hasta tener un contacto perfecto.
- Se aplicó la carga axial, con una velocidad conveniente que no sea ni menos de un minuto, ni más de dos minutos.
- Se registró la resistencia a compresión dada por la máquina de ensayo.

Los certificados de los resultados de resistencia a compresión de las probetas ensayadas fueron otorgados por laboratorio *QAQC Express* y se muestra en el Anexo C.4.

En las figuras 63, 64 y 65 se muestra la ejecución del ensayo de rotura de resistencia a la compresión de probetas las cuales todos se hicieron de manera similar.



Figura 63. Probetas sometidas a resistencia de compresión axial
Fuente: Imagen propia



Figura 64. Roturado de probetas de concreto a un tiempo de maduración de 28 días
Fuente: Imagen propia



Figura 65. Probetas con adición de poliestireno expandido roturadas
Fuente: Imagen propia

En las tablas 59 y 60 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.6 sin adición de poliestireno expandido.

Tabla 59. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 0% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm2)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm2	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	71.65	7306.1505	81.07	90.12	8.84
2	73.65	7510.0905	81.07	92.63	9.08
3	75.77	7726.2669	81.07	95.30	9.35
Rotura a los 14 días					
1	78.43	7997.5071	81.07	98.65	9.67
2	72.99	7442.7903	81.07	91.80	9.00
3	83.55	8519.5935	81.07	105.09	10.31
Rotura a los 28 días					
1	96.15	9804.4155	81.07	120.93	11.86
2	95.18	9705.5046	81.07	119.71	11.74
3	102.03	10403.9991	81.07	128.33	12.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp. Kg/cm2	Prom. Resis. A Comp.	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	10/03/2018	17/03/2018	90.12	92.68	2.59133606	2.80%
2	10/03/2018	17/03/2018	92.63			
3	10/03/2018	17/03/2018	95.30			
Rotura a los 14 días						
1	10/03/2018	24/03/2018	104.93	103.96	5.44868596	5.24%
2	10/03/2018	24/03/2018	98.09			
3	10/03/2018	24/03/2018	108.86			
Rotura a los 28 días						
1	10/03/2018	07/04/2018	120.93	122.99	4.6621119	3.79%
2	10/03/2018	07/04/2018	119.71			
3	10/03/2018	07/04/2018	128.33			

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 61 y 62 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.6 con 20 % de poliestireno expandido.

Tabla 61. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 20% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6 con 20% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	61.13	6233.4261	81.07	76.89	7.54
2	57.6	5873.472	81.07	72.45	7.10
3	59.42	6059.0574	81.07	74.74	7.33
Rotura a los 14 días					
1	83.01	8464.5297	81.07	104.41	10.24
2	78.79	8034.2163	81.07	99.10	9.72
3	85.79	8748.0063	81.07	107.90	10.58
Rotura a los 28 días					
1	87.6	8932.572	81.07	110.18	10.80
2	83.22	8485.9434	81.07	104.67	10.26
3	77.48	7900.6356	81.07	97.45	9.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6 con 20% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp. Kg/cm ²	Prom. Resis. A Comp.	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	10/03/2018	17/03/2018	76.89	74.69	2.22	2.97%
2	10/03/2018	17/03/2018	72.45			
3	10/03/2018	17/03/2018	74.74			
Rotura a los 14 días						
1	10/03/2018	24/03/2018	98.12	97.51	4.43	4.55%
2	10/03/2018	24/03/2018	92.81			
3	10/03/2018	24/03/2018	101.61			
Rotura a los 28 días						
1	10/03/2018	07/04/2018	110.18	104.10	6.38	6.13%
2	10/03/2018	07/04/2018	104.67			
3	10/03/2018	07/04/2018	97.45			

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 63 y 64 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.6 con 40 % de poliestireno expandido.

Tabla 63. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 40% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6 con 40% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	27.52	2806.2144	81.07	34.61	3.39
2	24.48	2496.2256	81.07	30.79	3.02
3	32.64	3328.3008	81.07	41.05	4.03
Rotura a los 14 días					
1	52.64	5367.7008	81.07	66.21	6.49
2	45.25	4614.1425	81.07	56.91	5.58
3	58.27	5941.7919	81.07	73.29	7.19
Rotura a los 28 días					
1	62.56	6379.2432	81.07	78.68	7.72
2	64.52	6579.1044	81.07	81.15	7.96
3	54.64	5571.6408	81.07	68.72	6.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6 con 40% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp. Kg/cm ²	Prom. Resis. A Comp.	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	10/03/2018	17/03/2018	34.61	32.70	2.70	8.27%
2	10/03/2018	17/03/2018	30.79			
3	10/03/2018	17/03/2018	41.05 *			
Rotura a los 14 días						
1	10/03/2018	24/03/2018	66.21	69.75	5.01	7.18%
2	10/03/2018	24/03/2018	56.91 *			
3	10/03/2018	24/03/2018	73.29			
Rotura a los 28 días						
1	10/03/2018	07/04/2018	78.68	76.19	6.58	8.64%
2	10/03/2018	07/04/2018	81.15			
3	10/03/2018	07/04/2018	68.72			

*Nota: *Dato descartado, porque el valor dado generó un mayor coeficiente de variación.*

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 65 y 66 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.6 con 60 % de poliestireno expandido.

Tabla 65. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.6 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6 con 60% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	26.92	2745.0324	81.07	33.86	3.32
2	24.41	2489.0877	81.07	30.70	3.01
3	21.76	2218.8672	81.07	27.37	2.68
Rotura a los 14 días					
1	35.64	3634.2108	81.07	44.83	4.40
2	38.54	3929.9238	81.07	48.47	4.75
3	45.71	4661.0487	81.07	57.49	5.64
Rotura a los 28 días					
1	43.65	4450.9905	81.07	54.90	5.38
2	44.93	4581.5121	81.07	56.51	5.54
3	45.76	4666.1472	81.07	57.55	5.64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.6 con 60% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp. Kg/cm ²	Prom. Resis. A Comp.	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	10/03/2018	17/03/2018	33.86	32.28	2.23	6.92%
2	10/03/2018	17/03/2018	30.70			
3	10/03/2018	17/03/2018	27.37 *			
Rotura a los 14 días						
1	10/03/2018	24/03/2018	44.83	46.65	2.58	5.53%
2	10/03/2018	24/03/2018	48.47			
3	10/03/2018	24/03/2018	57.49 *			
Rotura a los 28 días						
1	10/03/2018	07/04/2018	54.90	56.32	1.34	2.37%
2	10/03/2018	07/04/2018	56.51			
3	10/03/2018	07/04/2018	57.55			

*Nota: *Dato descartado, porque el valor dado generó un mayor coeficiente de variación.*

Fuente: elaboración propia

En la tabla 67 se muestra el resumen de resultados en edades de 7, 14 y 28 días, para los diseños de R a/c = 0.6 con adición de EPS.

Tabla 67. Resumen de resistencia a la compresión del concreto para una $R a/c=0.6$

Relacion a/c = 0.6			
Adicion de EPS	Resistencia a Compresion		
	7 Días	14 Días	28 Días
0%	92.68	103.96	122.99
20%	74.69	97.51	104.10
40%	32.70	69.75	76.19
60%	32.28	46.65	56.32

Fuente: Elaboración propia

En la figura 66 se colocaron los resultados de resistencia a la compresión para la relación de agua/cemento de 0.6 con adición de poliestireno expandido y su maduración hasta los 28 días.

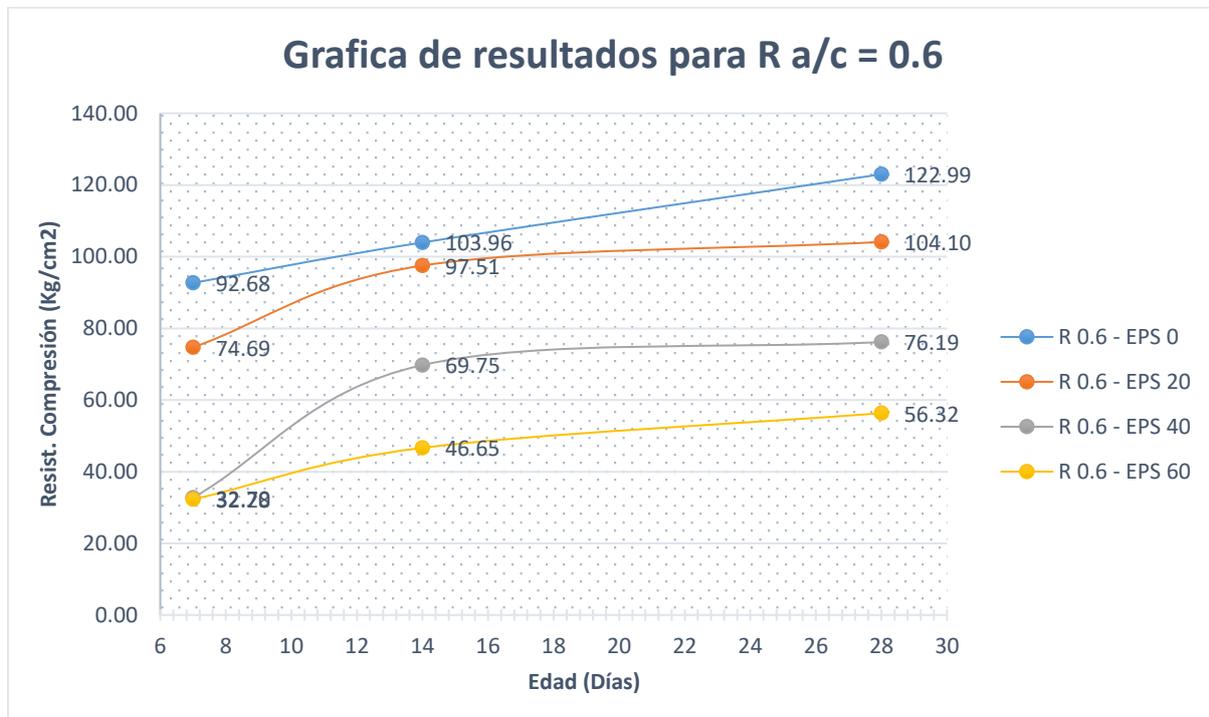


Figura 66. Curva de resistencia a la compresión de $R a/c=0.6$ + EPS vs Edad (días)

Fuente: elaboración propia

En las tablas 68 y 69 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una $R a/c = 0.7$ sin adición de poliestireno expandido.

Tabla 68. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.7 con 0% de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	39.62	4040.0514	81.07	49.83	4.89
2	42.39	4322.5083	81.07	53.32	5.23
3	44.29	4516.2513	81.07	55.71	5.46
Rotura a los 14 días					
1	52.55	5358.5235	81.07	66.09	6.48
2	63.18	6442.4646	81.07	79.46	7.79
3	60.92	6212.0124	81.07	76.62	7.51
Rotura a los 28 días					
1	56.27	5737.8519	81.07	70.77	6.94
2	59.37	6053.9589	81.07	74.67	7.32
3	68.54	6989.0238	81.07	86.21	8.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.7 con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	17/03/2018	24/03/2018	49.83	52.95	2.95379052	5.58%
2	17/03/2018	24/03/2018	53.32			
3	17/03/2018	24/03/2018	55.71			
Rotura a los 14 días						
1	17/03/2018	31/03/2018	66.09	74.06	7.04343911	9.51%
2	17/03/2018	31/03/2018	79.46			
3	17/03/2018	31/03/2018	76.62			
Rotura a los 28 días						
1	17/03/2018	14/04/2018	70.77	77.22	8.02487698	10.39%
2	17/03/2018	14/04/2018	74.67			
3	17/03/2018	14/04/2018	86.21			

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 70 y 71 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.7 con 20 % de poliestireno expandido.

Tabla 70. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.7 con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7 con 20% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	28.56	2912.2632	81.07	35.92	3.52
2	30.54	3114.1638	81.07	38.41	3.77
3	32.35	3298.7295	81.07	40.69	3.99
Rotura a los 14 días					
1	37.89	3863.6433	81.07	47.66	4.67
2	38.56	3931.9632	81.07	48.50	4.76
3	35.67	3637.2699	81.07	44.86	4.40
Rotura a los 28 días					
1	50.75	5174.9775	81.07	63.83	6.26
2	43.53	4438.7541	81.07	54.75	5.37
3	47.16	4808.9052	81.07	59.32	5.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.7 con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7 con 20% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	17/03/2018	24/03/2018	35.92	38.34	2.38	6.22%
2	17/03/2018	24/03/2018	38.41			
3	17/03/2018	24/03/2018	40.69			
Rotura a los 14 días						
1	17/03/2018	31/03/2018	47.66	47.01	1.90	4.05%
2	17/03/2018	31/03/2018	48.50			
3	17/03/2018	31/03/2018	44.86			
Rotura a los 28 días						
1	17/03/2018	14/04/2018	63.83	59.30	4.54	7.66%
2	17/03/2018	14/04/2018	54.75			
3	17/03/2018	14/04/2018	59.32			

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 72 y 73 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.7 con 40 % de poliestireno expandido.

Tabla 72. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.7 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7 con 40% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	26.15	2666.5155	81.07	32.89	3.23
2	28.46	2902.0662	81.07	35.80	3.51
3	23.53	2399.3541	81.07	29.59	2.90
Rotura a los 14 días					
1	28.56	2912.2632	81.07	35.92	3.52
2	30.45	3104.9865	81.07	38.30	3.76
3	26.87	2739.9339	81.07	33.80	3.31
Rotura a los 28 días					
1	40.51	4130.8047	81.07	50.95	5.00
2	36.62	3734.1414	81.07	46.06	4.52
3	34.52	3520.0044	81.07	43.42	4.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.7 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7 con 40% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	17/03/2018	24/03/2018	32.89	32.76	3.10	9.47%
2	17/03/2018	24/03/2018	35.80			
3	17/03/2018	24/03/2018	29.59			
Rotura a los 14 días						
1	17/03/2018	31/03/2018	35.92	36.01	2.25	6.26%
2	17/03/2018	31/03/2018	38.30			
3	17/03/2018	31/03/2018	33.80			
Rotura a los 28 días						
1	17/03/2018	14/04/2018	50.95	46.81	3.82	8.17%
2	17/03/2018	14/04/2018	46.06			
3	17/03/2018	14/04/2018	43.42			

Fuente: elaboración propia

En las tablas 74 y 75 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.7 con 60 % de poliestireno expandido.

Tabla 74. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.7 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7 con 60% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	19.62	2000.6514	81.07	24.68	2.42
2	22.39	2283.1083	81.07	28.16	2.76
3	24.29	2476.8513	81.07	30.55	3.00
Rotura a los 14 días					
1	25.49	2599.2153	81.07	32.06	3.14
2	28.77	2933.6769	81.07	36.19	3.55
3	23.47	2393.2359	81.07	29.52	2.89
Rotura a los 28 días					
1	36.62	3734.1414	81.07	46.06	4.52
2	36.01	3671.9397	81.07	45.29	4.44
3	32.89	3353.7933	81.07	41.37	4.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.6 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.7 con 60% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	17/03/2018	24/03/2018	24.68 *	29.36	1.69	5.76%
2	17/03/2018	24/03/2018	28.16			
3	17/03/2018	24/03/2018	30.55			
Rotura a los 14 días						
1	17/03/2018	31/03/2018	32.06	32.59	3.36	10.32%
2	17/03/2018	31/03/2018	36.19			
3	17/03/2018	31/03/2018	29.52			
Rotura a los 28 días						
1	17/03/2018	14/04/2018	46.06	44.24	2.52	5.69%
2	17/03/2018	14/04/2018	45.29			
3	17/03/2018	14/04/2018	41.37			

*Nota: *Dato descartado, porque el valor dado generó un mayor coeficiente de variación.*

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 76 se muestra el resumen de resultados en edades de 7, 14 y 28 días, para los diseños de R a/c = 0.7 con adición de EPS.

Tabla 76. Resumen de la resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.7

Relacion a/c = 0.7			
Adicion de EPS	Resistencia a Compresion		
	7 Días	14 Días	28 Días
0%	52.95	74.06	77.22
20%	38.34	47.01	59.30
40%	32.76	36.01	46.81
60%	29.36	32.59	44.24

Fuente: Elaboración propia

En la figura 67, se colocaron los resultados de resistencia a la compresión para la relación de agua/cemento de 0.7 con adición de poliestireno expandido y su maduración hasta los 28 días.

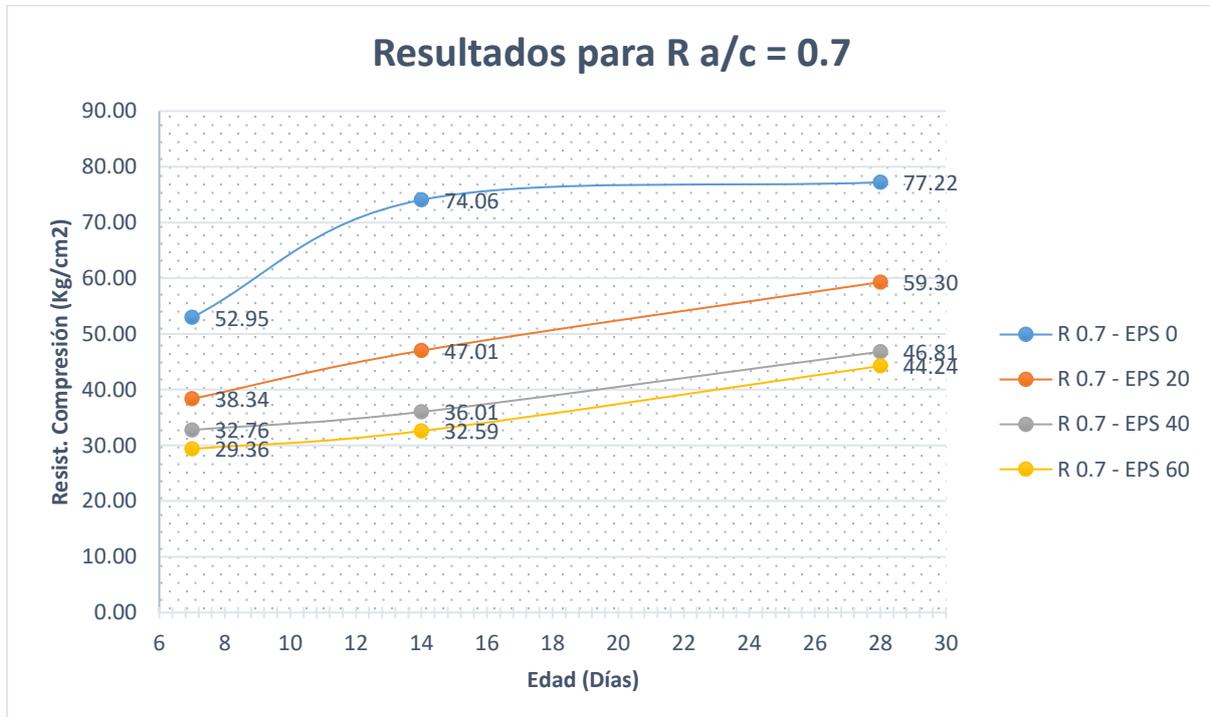


Figura 67. Curva de resistencia a la compresión de R a/c=0.7 + EPS vs Edad (días)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 77 y 78 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.8 sin adición de poliestireno expandido.

Tabla 77. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8 con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	31.05	3166.1685	81.07	39.05	3.83
2	24.68	2516.6196	81.07	31.04	3.04
3	32.12	3275.2764	81.07	40.40	3.96
Rotura a los 14 días					
1	39.63	4041.0711	81.07	49.84	4.89
2	43.81	4467.3057	81.07	55.10	5.40
3	40.10	4088.997	81.07	50.44	4.95
Rotura a los 28 días					
1	50.63	5162.7411	81.07	63.68	6.24
2	58.48	5963.2056	81.07	73.55	7.21
3	56.40	5751.108	81.07	70.94	6.96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.8 con 0 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	24/03/2018	31/03/2018	39.05	39.73	0.95162075	2.40%
2	24/03/2018	31/03/2018	31.04 *			
3	24/03/2018	31/03/2018	40.40			
Rotura a los 14 días						
1	24/03/2018	07/04/2018	49.84	51.79	2.87992322	5.56%
2	24/03/2018	07/04/2018	55.10			
3	24/03/2018	07/04/2018	50.44			
Rotura a los 28 días						
1	24/03/2018	21/04/2018	63.68	69.39	5.1152494	7.37%
2	24/03/2018	21/04/2018	73.55			
3	24/03/2018	21/04/2018	70.94			

*Nota: *Dato descartado, porque el valor dado generó un mayor coeficiente de variación.*

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 79 y 80 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.8 con 20 % de poliestireno expandido.

Tabla 79. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8 con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8 con 20% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	22.32	2275.9704	81.07	28.07	2.75
2	20.65	2105.6805	81.07	25.97	2.55
3	20.21	2060.8137	81.07	25.42	2.49
Rotura a los 14 días					
1	21.22	2163.8034	81.07	26.69	2.62
2	21.07	2148.5079	81.07	26.50	2.60
3	20.09	2048.5773	81.07	25.27	2.48
Rotura a los 28 días					
1	39.06	3982.9482	81.07	49.13	4.82
2	42.51	4334.7447	81.07	53.47	5.24
3	48.97	4993.4709	81.07	61.59	6.04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.8 con 20 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8 con 20% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	24/03/2018	31/03/2018	34.36	32.78	1.40	4.27%
2	24/03/2018	31/03/2018	32.26			
3	24/03/2018	31/03/2018	31.71			
Rotura a los 14 días						
1	24/03/2018	07/04/2018	44.83	40.58	3.73	9.18%
2	24/03/2018	07/04/2018	39.08			
3	24/03/2018	07/04/2018	37.85			
Rotura a los 28 días						
1	24/03/2018	21/04/2018	49.13 *	57.53	5.75	9.99%
2	24/03/2018	21/04/2018	53.47			
3	24/03/2018	21/04/2018	61.59			

*Nota: *Dato descartado, porque el valor dado generó un mayor coeficiente de variación.*

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 81 y 82 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.8 con 40 % de poliestireno expandido.

Tabla 81. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8 con 40% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	25.76	2626.7472	81.07	32.40	3.18
2	25.36	2585.9592	81.07	31.90	3.13
3	24.04	2451.3588	81.07	30.24	2.97
Rotura a los 14 días					
1	29.32	2989.7604	81.07	36.88	3.62
2	32.44	3307.9068	81.07	40.80	4.00
3	26.73	2725.6581	81.07	33.62	3.30
Rotura a los 28 días					
1	34.12	3479.2164	81.07	42.91	4.21
2	36.73	3745.3581	81.07	46.20	4.53
3	42.21	4304.1537	81.07	53.09	5.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.8 con 40 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8 con 40% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	24/03/2018	31/03/2018	26.11	25.22	1.13	4.49%
2	24/03/2018	31/03/2018	25.61			
3	24/03/2018	31/03/2018	23.95			
Rotura a los 14 días						
1	24/03/2018	07/04/2018	36.88	37.10	3.60	9.69%
2	24/03/2018	07/04/2018	40.80			
3	24/03/2018	07/04/2018	33.62			
Rotura a los 28 días						
1	24/03/2018	21/04/2018	42.91 *	49.64	4.87	9.82%
2	24/03/2018	21/04/2018	46.20			
3	24/03/2018	21/04/2018	53.09			

*Nota: *Dato descartado, porque el valor dado generó un mayor coeficiente de variación.*

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 83 y 84 se aprecian los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión para una R a/c = 0.8 con 60 % de poliestireno expandido.

Tabla 83. Datos de resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8 con 60% de EPS					
Muestra	Carga		Area Prom. (cm ²)	Resist. A Compresión	
	KN	Kg		Kg /cm ²	Mpa
Rotura a los 7 días					
1	17.52	1786.5144	81.07	22.04	2.16
2	20.68	2108.7396	81.07	26.01	2.55
3	18.18	1853.8146	81.07	22.87	2.24
Rotura a los 14 días					
1	17.46	1780.3962	81.07	21.96	2.15
2	21.54	2196.4338	81.07	27.09	2.66
3	20.84	2125.0548	81.07	26.21	2.57
Rotura a los 28 días					
1	34.87	3555.6939	81.07	43.86	4.30
2	29.65	3023.4105	81.07	37.29	3.66
3	39.84	4062.4848	81.07	50.11	4.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Promedio de resistencia a compresión, desviación estándar y dispersión para una R a/c=0.8 con 60 % de EPS a un tiempo de maduración de 7, 14 y 28 días

Relacion A/C=0.8 con 60% de EPS						
Muestra	Fecha de preparado	Fecha de rotura	Resis. A Comp.	Prom. Resis. A	Desv. Estandar	Coef. Var.
Rotura a los 7 días						
1	24/03/2018	31/03/2018	22.04	23.64	2.10	8.87%
2	24/03/2018	31/03/2018	26.01			
3	24/03/2018	31/03/2018	22.87			
Rotura a los 14 días						
1	24/03/2018	07/04/2018	21.96 *	26.65	0.62	2.34%
2	24/03/2018	07/04/2018	27.09			
3	24/03/2018	07/04/2018	26.21			
Rotura a los 28 días						
1	24/03/2018	21/04/2018	43.86	46.98	4.42	9.41%
2	24/03/2018	21/04/2018	37.29 *			
3	24/03/2018	21/04/2018	50.11			

Nota: *Dato descartado, porque el valor dado generó un mayor coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 85 se muestra el resumen de resultados en edades de 7, 14 y 28 días, para los diseños de R a/c = 0.7 con adición de EPS.

Tabla 85. Resumen de la resistencia a la compresión del concreto para una R a/c=0.8

Relacion a/c = 0.8			
Adicion de EPS	Resistencia a Compresion		
	7 Días	14 Días	28 Días
0%	39.73	51.79	69.39
20%	32.78	40.58	57.53
40%	25.22	37.10	49.64
60%	23.64	26.65	46.98

Fuente: Elaboración propia

En la figura 68 se colocaron los resultados de resistencia a la compresión para la relación de agua/cemento de 0.8 con adición de poliestireno expandido y su maduración hasta los 28 días.

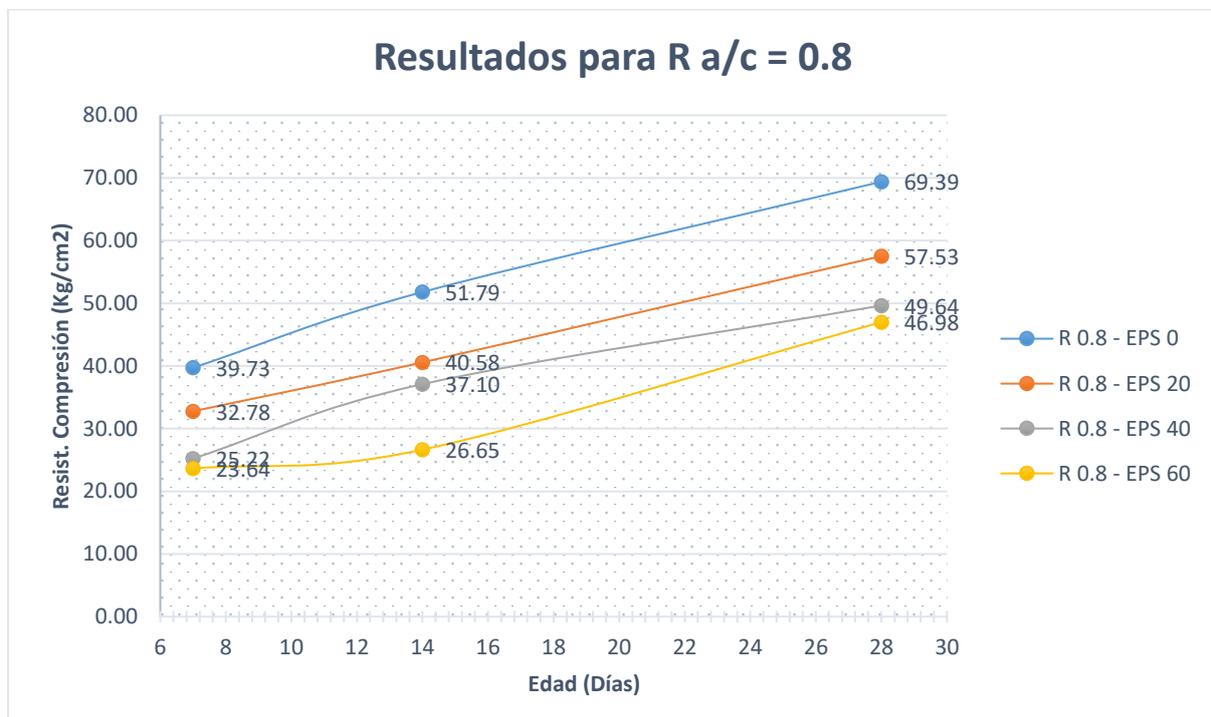


Figura 68. Curva de resistencia a la compresión de R a/c=0.8 + EPS vs Edad (días)

Fuente: Elaboración propia

3.7 ELABORACIÓN DE UNIDADES DE CONCRETO

Para la elaboración de las unidades de concreto se elaboraron siguiendo el mismo diseño de mezcla y procedimiento para la elaboración de probetas de concreto, con la diferencia que se vaciarán en moldes de la máquina vibradora semiindustrial la cual se aprecia en la figura 69.



Figura 69. Máquina vibradora de unidades de concreto
Fuente: Elaboración propia

3.7.1 SELECCIÓN DE DOSIFICACIONES

En base a los resultados obtenidos de los ensayos realizados como consistencia, peso unitario y ensayo de resistencia a compresión de las probetas, se seleccionaron dos dosificaciones que proporcionen las características idóneas para la fabricación de ladrillos y son:

- R 0.6 – EPS 20 (Tipo A), debido a que tiene un peso unitario moderado, dio una resistencia a la compresión superior a las demás probetas y su uso será destinado en la construcción de muros portantes.
- R 0.8 – EPS 40(Tipo B), se caracteriza por tener peso ligero, resistencia a la compresión moderada, diseño de mezcla económica y su uso será destinado a construcción de muros no portantes.

Las dosificaciones seleccionadas se muestran en las tablas 86 y 87, ambas proporcionadas para 45 unidades de concreto con EPS.

Tabla 86. Dosificación R 0.6 - EPS 20 (A) para volumen de 45 ladrillos

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 20 % DE EPS					
	V = 1 m ³	V=1m ³ con 20%		V= 0.0880	V= 0.0906	
C	283.33	283.33	kg/m ³	24.93	25.68	Kg
H2O	185.07	185.07	lt/m ³	16.29	16.77	lt
Ag. fino	1833.68	1466.94	kg/m ³	161.37	132.97	Kg
EPS		20.00	%		0.0212	m ³
	2302.08	1937.33	kg/m³		0.17968	kg-EPS
Interpolacion:	1833.68 Kg/m ³			1.169 m ³ (Vsuelto)		
	366.74 Kg/m ³			0.234 m ³ (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87. Dosificación R 0.8 - EPS 40 (B) para volumen de 45 ladrillos

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 40 % DE EPS					
	V = 1 m ³	V=1m ³ con 40%		V= 0.0880	V= 0.0934	
C	212.50	212.50	kg/m ³	18.70	19.84	Kg
H2O	194.92	194.92	kg/m ³	17.15	18.20	lt
Ag. fino	1883.01	1129.81	kg/m ³	165.71	105.48	Kg
EPS		0.40	%		0.0450	m ³
	2290.43	1541.32	kg/m³		0.38200	kg-EPS
Interpolacion:	1883.01 Kg/m ³			1.206 m ³ (Vsuelto)		
	753.20 Kg/m ³			0.483 m ³ (Vsuelto)		

Fuente: Elaboración propia

3.7.2 DIMENSIONAMIENTO

Las dimensiones de los moldes para la fabricación de los ladrillos de concreto son todas con medidas exactamente iguales, un exceso en la variación de las dimensiones y alabeo no asegura un buen comportamiento como muro de albañilería.

Existe en el mercado unidades con diferentes tamaños y medidas a decisión de cada fabricante, así mismo, en el reglamento nacional de edificaciones no especifica dimensiones estándar para los ladrillos, siempre que se manipule con una mano llegara a ser ladrillo de albañilería y si se manipula con dos manos serán bloques.

Se fabricó moldes de acero para producir los ladrillos de concreto y tienen las siguientes dimensiones: 23 cm de largo, 13 cm de ancho y 9.5 cm de altura como se aprecia en la figura 70.

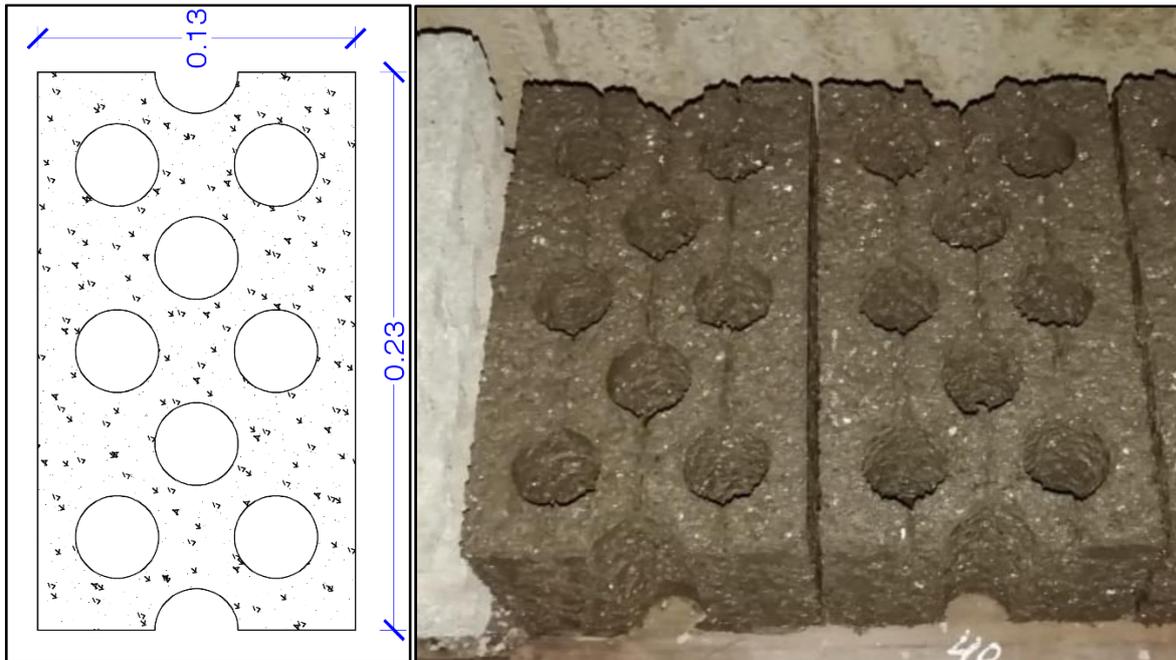


Figura 70. Dimensionamiento en planta de las unidades de concreto
Fuente: Imagen propia

3.7.3 PROCESO DE MEZCLADO DE UNIDADES DE CONCRETO

Con las dosificaciones ya definidas y los moldes de acero listas, se inició la preparación del concreto dentro de una mezcladora tipo trompo de 6 pie³ de capacidad, el mezclado se realizó con 2/3 de cemento y arena en seco por un periodo de 3 a 4 minutos hasta obtener un color homogéneo, se añadió una parte del agua sobrando hasta 1/3 del total, se añade el poliestireno expandido y seguir mezclando, finalmente se añade el resto de cemento y agua durante un tiempo de 1 a 2 minutos.

Se traslada la mezcla en una carretilla para depositar a la tolva de la máquina vibradora, esta tiene adaptada a su estructura 9 moldes de dimensiones de 13 x 23 x 9.5 centímetros.

Se llena la mezcla al molde vibrador en una capa de 4 cm y se vibra por un tiempo de 3 a 5 segundos, luego una segunda y tercera capa de 3 cm con un tiempo de vibración de 3 a 5 segundos cada capa. Al ejercer la presión sobre la unidad con los cabezales de la máquina reduce su altura hasta 9.5 cm. En la figura 71 se muestra el desmoldado de las unidades de concreto.



*Figura 71. Ladrillos de concreto, fabricados con la máquina vibradora
Fuente: Imagen propia*

3.7.4 CURADO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Para el curado de las unidades de concreto fueron colocadas en rumas de 6 ladrillos, la cual se realiza un día después del vaciado, regados por riego, 2 veces al día para evitar la pérdida de humedad se cubrieron con plástico las unidades en proceso de curado.

Cabe destacar que el agua utilizada para el curado de las unidades de concreto fue mezclada con una adición de cal en una proporción de 3 gramos de cal por cada litro de agua, el proceso de curado se muestra en la figura 72.



Figura 72. Curado de las unidades de concreto con poliestireno expandido
Fuente: Imagen propia

3.7.5 ALMACENAMIENTO

Una vez curadas las unidades de concreto son almacenadas en un espacio limpio evitando su contaminación de tierra y polvo, también fueron protegidos contra el sol y humedad, para evitar un exceso en sus cambios volumétricos que sufren en su etapa de maduración, en la figura 73 se aprecia el almacenaje de los ladrillos con poliestireno expandido.



Figura 73. Almacenado de ladrillos una vez curados, para poder ser ensayados
Fuente: Imagen propia

3.8 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNIDADES DE CONCRETO

El conseguir ladrillos con buenas características de resistencia y durabilidad es de gran importancia, ya que permitirá obtener muros de albañilería que sean estables y garanticen un buen comportamiento, entonces para conseguir lo mencionado será necesario evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades.

En las unidades de concreto de esta investigación se evaluó lo siguiente: en las propiedades físicas; variación en las dimensiones, alabeo de la unidad, succión y porcentaje de área de huecos de la unidad. En las propiedades mecánicas; resistencia a la compresión de la unidad y resistencia a compresión axial de pilas.

3.8.1 ENSAYOS CLASIFICATORIOS

Se ejecutaron tres ensayos para clasificar a la unidad de concreto con fines de uso estructural, las cuales tienen variabilidad dimensional, alabeo y resistencia característica a compresión.

Para el muestreo se efectuó, que por cada lote compuesto hasta 50 millares de unidades se seleccionará una muestra al azar de 10 unidades, sobre las cuales se efectuarán las pruebas de variación dimensional y de alabeo. Con estas mismas unidades cinco serán sometidas a resistencia a la compresión y las otras cinco a absorción (16).

3.8.1.1 VARIABILIDAD DIMENSIONAL

Se seleccionó una muestra de 10 ladrillos de concreto para cada dosificación y se preparó para la ejecución del ensayo, se limpió, secó y revisó que no tengan fisuras ni estén rotas sus esquinas, siguiendo las indicaciones de la NTP 399.613-2005.

➤ Aparatos

- Regla graduada con divisiones de un milímetro, o un calibrador que tenga una escala de 25 mm a 300 mm, también llamado vernier.

➤ **Procedimiento**

- Se obtuvieron las medidas de las tres dimensiones que tiene el ladrillo de concreto largo, ancho y altura (L x A x H) expresadas en mm, ver procedimiento en la Figura 74.
- Se efectuaron 4 medidas por cada una de las dimensiones, y son medidas en la parte media de cada lado.



Figura 74. Medición de los 4 lados del ladrillo
Fuente: Imagen propia

➤ **Cálculos**

- Se promediaron las 4 medidas obtenidas en expresadas en mm, como se muestra en la figura 75.

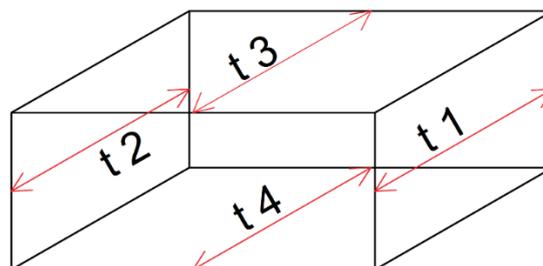


Figura 75. Toma de las 4 medidas obtenidas de cada dimensión
Fuente: Elaboración propia

- La variabilidad dimensional se expresa en porcentaje, y para su cálculo se realizó con la siguiente formula:

$$V (\%) = \frac{Me-Mp}{Mp} \times 100 \quad \dots(19)$$

Donde:

V (%): variabilidad dimensional expresada en (%)

Me: medida especificada por el fabricante (mm)

Mp: medida promedio obtenida (mm)

Los resultados de los ensayos para cada dosificación se muestran en las tablas 88 y 89:

Tabla 88. Ensayo de variación dimensional del ladrillo para dosificación R 0.6 – EPS 20(A)

Muestra	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
1	229.5	230.0	230.0	231.0	230.1	130.7	131.0	130.7	130.8	130.8	93.5	93.9	94.2	94.4	94.0
2	230.0	229.3	229.6	229.3	229.6	131.0	131.5	131.3	131.4	131.3	93.7	93.5	93.0	93.2	93.4
3	229.5	229.8	230.0	229.5	229.7	130.7	131.3	130.8	130.9	130.9	92.0	92.7	92.5	92.8	92.5
4	229.7	230.0	229.5	229.8	229.8	130.8	131.2	131.4	131.5	131.2	92.0	92.7	92.0	92.2	92.2
5	229.5	230.0	229.6	229.8	229.7	131.1	131.2	130.9	131.5	131.2	95.0	95.5	95.3	95.0	95.2
6	230.2	230.5	230.2	229.5	230.1	130.5	131.0	130.8	130.9	130.8	94.0	93.5	94.6	94.5	94.2
7	230.1	229.5	230.0	230.0	229.9	130.7	131.2	130.7	131.2	131.0	94.5	96.3	94.8	97.2	95.7
8	229.5	230.0	230.0	230.3	230.0	130.5	131.3	130.5	130.9	130.8	96.8	97.3	96.3	98.2	97.2
9	230.0	230.5	230.5	230.0	230.3	130.7	131.0	131.0	131.2	131.0	97.2	94.3	97.2	94.3	95.8
10	230.3	230.3	229.8	230.0	230.1	131.0	131.5	131.2	131.2	131.2	98.3	95.3	96.2	96.3	96.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89. Ensayo de variación dimensional del ladrillo para dosificación R 0.8 – EPS 40(B)

Muestra	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
1	230.5	230.0	230.5	230.6	230.4	131.5	131.7	131.5	131.9	131.7	97.0	96.9	97.1	97.1	97.0
2	230.5	230.6	230.4	230.5	230.5	131.0	131.1	131.2	131.1	131.1	96.5	96.9	96.0	96.0	96.4
3	230.8	230.6	230.9	230.5	230.7	131.2	131.0	131.1	131.8	131.3	95.5	96.0	96.0	96.0	95.9
4	230.5	230.5	230.0	230.2	230.3	131.5	131.6	131.6	132.0	131.7	94.9	95.7	95.5	97.0	95.8
5	230.1	230.5	230.0	230.0	230.2	132.0	131.7	131.6	131.7	131.8	95.0	95.0	93.2	92.5	93.9
6	229.5	230.0	230.5	230.0	230.0	132.1	131.5	132.0	131.7	131.8	95.9	96.1	97.0	95.0	96.0
7	230.5	230.0	230.3	230.2	230.3	132.1	131.9	131.7	131.7	131.9	94.2	95.0	94.9	94.1	94.6
8	230.0	229.5	230.0	230.1	229.9	132.0	131.9	132.1	131.9	132.0	98.2	97.8	96.8	96.5	97.3
9	229.9	230.0	230.3	230.5	230.2	130.7	131.0	131.1	131.1	131.0	93.8	94.6	94.3	93.9	94.2
10	229.9	230.1	230.0	230.0	230.0	130.5	130.7	130.9	130.9	130.8	97.1	95.0	95.5	95.6	95.8

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que un exceso de variación en las dimensiones provoca una reducción de la resistencia a la compresión como albañilería. El ing. Ángel San Bartolomé recomienda que, por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales, la resistencia a la compresión de la albañilería disminuye en un 15 %, así mismo disminuye la resistencia al corte (16).

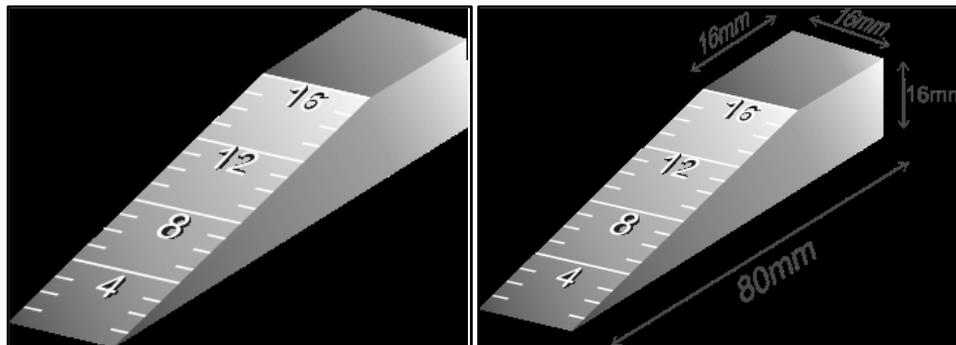
3.8.1.2 ALABEO

Se utilizaron los 10 ladrillos seleccionados en el ensayo de variabilidad dimensional y se procedió a ejecutar el ensayo de alabeo, en este ensayo se determinó que tan cóncavo y convexo resultan los ladrillos de concreto, el procedimiento del ensayo se

realizó siguiendo las indicaciones dadas en la NTP 399.613-2005, con una cuña graduada tal como se muestra en la Figura 76.

➤ **Aparatos**

- Regla metálica
- Cuña graduada
- Superficie plana de acero o vidrio



*Figura 76. Cuña graduada para medir alabeo de ladrillos
Fuente: Elaboración propia*

➤ **Procedimiento**

- Se limpiaron con una brocha, los residuos adheridos a las superficies.
- Para las superficies cóncavas, se colocó la regla metálica en el borde recto longitudinal y diagonal de la superficie de asentado, luego se colocó la cuña graduada y se anotó la medida tomada.
- Para los bordes convexos, se colocó la varilla en los bordes rectos entre los extremos de la unidad, luego se introdujo la cuña graduada y se anotó la medida obtenida.
- Con la cuña graduada se midieron las cuatro esquinas convexas de la unidad, se registraron y promediaron las medidas obtenidas, en la figura 77 se muestra el procedimiento de medición.



Figura 77. Cuña graduada midiendo la concavidad de la unidad de concreto
Fuente: Imagen propia

➤ **Cálculos**

- Se anotaron las medidas obtenidas con la cuña graduada, en las cuatro esquinas con aproximación a 1 mm.
- Se promediaron los valores obtenidos en cada cara de la unidad, correspondiente a la concavidad y convexidad.

En las tablas 90 y 91 se muestran los valores obtenidos, correspondiente al ensayo de alabeo (concavidad y convexidad).

Tabla 90. Resultados de alabeo para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
1	0	2	0	0
2	0	0	0	0
3	0	1	0	0
4	0	3	0	0
5	0	3	0	0
6	0	0	0	0
7	0	2	0	0
8	0	1	0	0
9	0	0	0	0
10	0	1	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Resultados de alabeo para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
1	0	4	0	0
2	1	0	0	0
3	2	0	0	0
4	0	4	0	0
5	0	2	0	0
6	0	3	0	0
7	0	2	0	0
8	0	3	0	0
9	0	0	0	0
10	0	1.5	0	0

Fuente: Elaboración propia

Un alabeo excesivo en cada unidad provoca que aumente el espesor de la junta y se utilice mayor cantidad de mortero en el armado de la albañilería. En las zonas alabeadas se puede llegar a formar vacíos, ya que el área de contacto con el mortero disminuye, e incluso ese incremento en el alabeo puede producir fallas de tracción por flexión en las zonas alabeadas (16).

3.8.1.3 COMPRESIÓN AXIAL DE LA UNIDAD

De las unidades seleccionadas, de manera aleatoria se eligieron 5 unidades de concreto de cada dosificación para ser sometidos al ensayo de resistencia a compresión axial.

Previamente al ensayo de resistencia a la compresión, se determinó el área bruta de la unidad de concreto, midiendo el largo y ancho de la sección perpendicular a la línea de carga y se colocó capping de yeso-cemento, ver figura 78, en ambas secciones, esto se hizo para nivelar el contacto entre la cara de la unidad y la superficie de asiento de la máquina, tal como indica la NTP 399.604-2002.

➤ Aparatos

- Regla graduada con divisiones de un milímetro, o un calibrador que tenga una escala de 25 mm a 300 mm, también llamado vernier
- Plancha lisa de vidrio
- Nivel de mano
- Máquina de ensayo a resistencia a compresión axial



Figura 78. Capping de las unidades de concreto
Fuente: imagen propia

➤ **Procedimiento**

- Una vez puesto el capping, las unidades se almacenaron y trasladaron al laboratorio para ser ensayados.
- Se colocó la unidad de ladrillo en la máquina de resistencia a compresión, haciendo coincidir el eje de la cara de contacto de la unidad con el eje de la superficie del cabezal de apoyo, luego se hizo bajar el cabezal superior hasta tener un contacto perfecto como se muestra en la figura 79.
- Se aplicó la carga axial, con una velocidad conveniente que no sea ni menos de un minuto, ni más de dos minutos.
- Se registró la carga resultante y realizó el cálculo respectivo.

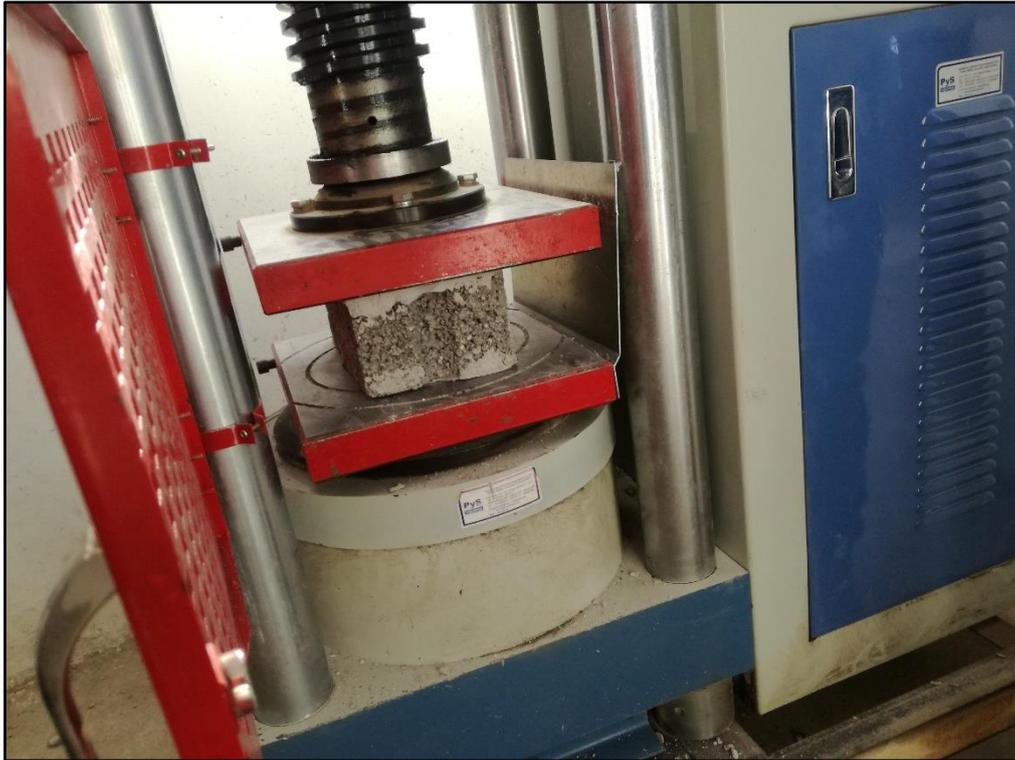


Figura 79. Ensayo de resistencia a compresión de la unidad
Fuente: Imagen propia

➤ **Cálculos**

- El cálculo del área bruta se realizó con la fórmula 20:

$$\text{Area Bruta } (A_b) = L \times A \text{ (cm}^2\text{)} \quad \dots(20)$$

Donde:

A_b : área bruta o sección transversal de la unidad

L : longitud promedio del espécimen (cm)

A : ancho promedio del espécimen (cm)

- El cálculo de la resistencia a compresión axial de la unidad se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a Compresion axial } (f_b) = \frac{P_{\max}}{A_b} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

f_b : resistencia a la compresión axial de la unidad (kg/cm²)

P_{\max} : carga máxima registrada por la maquina (kg)

A_b : área bruta o sección transversal promedio de la unidad (cm²).

- Para el cálculo de la resistencia característica a compresión axial de la unidad se realizó:

$$Resistencia\ caracteristica\ a\ compresión(f'b) = fb\ prom - \sigma \dots(21)$$

Donde:

f 'b: resistencia característica a la compresión axial de la unidad (kg/cm²)

f 'b prom: resistencia característica a la compresión axial de la unidad (kg/cm²)

σ: Desviación estándar.

Los datos obtenidos y los cálculos que se realizaron para hallar la resistencia a compresión se muestran en las tablas 92 y 93:

Tabla 92. Resultado del ensayo de compresión axial de la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	Largo (mm)			Ancho (mm)			Area cm2	Carga		Comp. Simple (f'b)	
	L1	L2	LP	A1	A2	AP		KN	Kg	Kg/cm2	Mpa
1	229.50	230.00	229.75	130.70	130.70	130.70	299.00	230.55	23509.18	78.63	7.71
2	230.00	229.60	229.80	131.00	131.30	131.15	301.38	248.45	25334.45	84.06	8.24
3	229.50	230.00	229.75	130.70	130.80	130.75	300.40	217.72	22200.91	73.90	7.25
4	229.70	229.50	229.60	130.80	131.40	131.10	301.01	228.43	23293.01	77.38	7.59
5	229.50	229.60	229.55	131.10	130.90	131.00	300.71	210.85	21500.37	71.50	7.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Resultado del ensayo de compresión axial de la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	Largo (mm)			Ancho (mm)			Area cm2	Carga		Comp. Simple (f'b)	
	L1	L2	LP	A1	A2	AP		KN	Kg	Kg/cm2	Mpa
1	230.50	230.40	230.45	131.00	131.20	131.10	302.12	86.51	8821.42	29.20	2.86
2	230.80	230.90	230.85	131.20	131.10	131.15	302.76	84.48	8614.43	28.45	2.79
3	230.50	230.00	230.25	131.50	131.60	131.55	302.89	113.69	11592.97	38.27	3.75
4	230.10	230.00	230.05	132.00	131.60	131.80	303.21	86.18	8787.77	28.98	2.84
5	229.50	230.50	230.00	132.10	132.00	132.05	303.72	93.25	9508.70	31.31	3.07

Fuente: Elaboración propia

3.8.2 ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS

La norma técnica E 070, utiliza tres ensayos para clasificar a las unidades para fines estructurales, ya que con estas propiedades garantiza la resistencia de la albañilería, existen otros ensayos no clasificatorios en las cuales servirán para obtener propiedades que estén asociadas a las durabilidades de la albañilería, las cuales son:

3.8.2.1 SUCCIÓN

Es una propiedad que mide el grado de succión que realiza la unidad al agua del mortero, por tanto, una succión excesiva de la unidad no logrará una adherencia

apropiada entre el mortero y el ladrillo, puesto que el mortero se endurecería afectando las propiedades de la albañilería.

El ensayo se realizó con una cantidad de 5 ladrillos, se verificó que estuviesen secos, enteros y limpios, después se hicieron secar en un horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C, se pesaron y registraron los datos obtenidos, ver figura 80.



Figura 80. Secado de las unidades de concreto en el horno eléctrico
Fuente: imagen propia

➤ **Aparatos**

- Regla graduada con divisiones de un milímetro, o un calibrador que tenga una escala de 25 mm a 300 mm, también llamado vernier.
- Horno eléctrico de laboratorio capaz de conservar una temperatura constante de 110°C ± 5°C.
- Bandeja metálica

➤ **Procedimientos**

- Con el vernier se midió la superficie de asiento del ladrillo, se anotó y registro los datos obtenidos.

- Se preparó una bandeja con agua y se colocó sobre una superficie nivelada con dos barras para soporte del ladrillo.
- Se colocó el ladrillo sobre los soportes de la bandeja con agua durante 1 minuto, se fue agregando el agua perdida por la succión de cada unidad como se muestra en la figura 81.
- Después se retiró la unidad húmeda de la bandeja y se registró su peso.



Figura 81. Ensayo de succión de los ladrillos de concreto
Fuente: Imagen propia

➤ Cálculos

- La succión esta expresada en gramos por minuto en un área de 200 cm², la succión se calculó con la siguiente formula:

$$Succión (S) = \frac{200 \times (P_{hum} - P_{sec})}{A_b} \quad \dots(22)$$

Donde:

S: grado de succión (gr/200 cm²xmin)

P hum: peso húmedo (gr)

P sec: peso seco (gr)

A_b: área bruta (cm²)

La norma E 070 recomienda que la succión de las unidades debe estar comprendida de 10 a 20 gr/200cm²xmin, una succión rápida hará que el mortero pierda humedad y se endurecerá rápidamente.

Como se aprecia en las tablas 94 y 95 la unidad de concreto presenta una succión comprendida en las recomendaciones de la norma, lo que indica que no necesita ningún tratamiento adicional antes de usarlos en la construcción de muros de albañilería.

Tabla 94. Resultados del ensayo de succión para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	Largo	Ancho	Area cm ²	Peso (gr)		Succión gr/(200 cm ² -min)
	mm	mm		Seco	Succ.	
1	230.1	130.8	300.97	4150	4165	9.97
2	229.9	131.0	301.05	4292	4307	9.96
3	230.0	130.8	300.77	4233	4249	10.64
4	230.3	131.0	301.57	4215	4232	11.27
5	230.1	131.2	301.95	4216	4230	9.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. Resultados del ensayo de succión para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	Largo	Ancho	Area cm ²	Peso (gr)		Succión gr/(200 cm ² -min)
	mm	mm		Seco	Succ.	
1	230.0	131.8	303.20	3371	3387	10.55
2	230.3	131.9	303.58	3369	3386	11.20
3	229.9	132.0	303.41	3485	3501	10.55
4	230.2	131.0	301.47	3501	3515	9.29
5	230.0	130.8	300.73	3551	3564	8.65

Fuente: Elaboración propia

3.8.2.2 ABSORCIÓN

El ensayo de absorción se realiza para medir la cantidad de agua que puede retener una unidad de albañilería durante 24 horas.

Para la ejecución del ensayo se seleccionaron 5 unidades de concreto de manera aleatoria como se puede ver en la figura 82, estos se secaron en el horno eléctrico a una temperatura constante de 110°C, pasadas 24 horas se retiró y dejó enfriar, por último, cuando no hubo variación en la balanza se registró su peso seco.



Figura 82. Unidades de concreto completamente sumergidos en agua destilada
Fuente: Imagen propia

➤ **Aparatos**

- Balanza con una sensibilidad del 0.5 % del peso del espécimen más pequeño.
- Horno eléctrico siendo capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, tal como indica la norma.

➤ **Procedimientos**

- Una vez registrados los pesos secos de los especímenes de ensayo, estos son sumergidos completamente en recipientes de agua destilada durante 24 horas.
- Se mantuvo una temperatura de 15°C a 30°C desde el ingreso hasta la salida de las unidades.
- Pasadas las 24 horas se sacaron las unidades del recipiente y se esperaron 5 minutos para su drenado, luego se registró su peso saturado.

➤ **Cálculos**

- Para el cálculo de la absorción del ladrillo se realizó utilizando la fórmula 23:

$$\text{Absorción (Ab)} = \frac{(P_{sat} - P_{sec})}{P_{sec}} \times 100 \quad \dots(23)$$

Donde:

Ab: absorción (%)

P sec: peso seco (gr)

P sat: peso saturado (gr)

En las tablas 96 y 97 se muestran los datos obtenidos en el ensayo de absorción de las 10 unidades de concreto, donde todas las unidades ensayadas son inferiores al 11.14 %, el análisis e interpretación se hará en el capítulo IV.

Tabla 96. Resultados del ensayo de absorción para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	Peso		Absorción
	Seco	Saturado	%
1	4150	4467	7.64
2	4292	4580	6.71
3	4233	4542	7.30
4	4215	4486	6.43
5	4216	4482	6.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. Resultados del ensayo de absorción para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	Peso		Absorción
	Seco	Saturado	%
1	3371	3716	10.23
2	3369	3718	10.36
3	3485	3804	9.15
4	3501	3891	11.14
5	3551	3921	10.42

Fuente: Elaboración propia

3.8.2.3 PORCENTAJE DE ÁREA DE HUECOS

Se evalúa que el porcentaje del área de huecos con respecto al área bruta no supere al 30% de superficie de asiento de la unidad. Un exceso de huecos de la unidad induce falla por fuerza cortante (falla muy frágil), lo cual este ensayo ayudara determinar si las unidades de concreto servirán para la construcción de muros portantes ver procedimiento en la figura 83.



Figura 83. Medición del área de vacíos que tiene la superficie de área de asiento
Fuente: Imagen propia

➤ **Aparatos**

- Regla graduada con divisiones de un milímetro, o un calibrador que tenga una escala de 25 mm a 300 mm, también llamado vernier.

➤ **Procedimientos**

- Se seleccionaron 5 unidades de concreto de manera aleatoria.
- Usando el vernier se midió la superficie de asiento de la unidad, largo y ancho.
- Pasadas las 24 horas se sacaron las unidades del recipiente y se esperaron 5 minutos para su drenado, luego se registró su peso saturado.
- Con el mismo vernier se midió el diámetro de las ranuras de las unidades.
- Se registraron los datos obtenidos.

➤ **Cálculos**

- Para el cálculo del porcentaje de área de huecos de la unidad se realizó utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Ranuras } (R) = \frac{A \text{ ran}}{A_b} \times 100$$

Donde:

R: ranuras de la superficie de asiento (%)

A ran: área de ranuras de superficie de asiento (cm²)

Ab: área bruta de la superficie de asiento (cm²)

En las tablas 98 y 99 se muestran el porcentaje de las ranuras respecto al área bruta de la superficie de asiento medidas en las 10 unidades de concreto de las dos dosificaciones.

Tabla 98. Porcentaje de ranuras del ladrillo de concreto para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	Area (cm ²)		% de Huecos
	Area Bruta	Ranuras	%
1	300.97	79.4219253	26.39
2	301.05	80.3248449	26.68
3	300.77	81.4726698	27.09
4	301.57	80.1819394	26.59
5	301.95	79.3745446	26.29

Fuente: elaboración propia

Tabla 99. Porcentaje de ranuras del ladrillo de concreto para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	Area (cm ²)		% de Huecos
	Asentado	Ranuras	%
1	303.20	78.0536242	25.74
2	303.58	77.9127544	25.66
3	303.41	78.3828152	25.83
4	301.47	78.8542898	26.16
5	300.73	77.4441074	25.75

Fuente: elaboración propia

El valor mínimo obtenido en las 10 unidades de concreto es de 25.66 % y el valor máximo de 27.09 % de área de huecos sobre la cara de asiento, el análisis e interpretación se realizará en el capítulo IV.

3.8.3 PILAS DE ALBAÑILERÍA

Para un entendimiento más completo sobre el comportamiento de las propiedades de albañilería, se elaboraron prismas de albañilería (pilas) usando las unidades de concreto, lo que nos permitirá obtener experimentalmente la resistencia a la compresión axial de la albañilería.

3.8.3.1 DIMENSIONAMIENTO

Cada pila está compuesta por 3 ladrillos, en la parte frontal tendrá 23 cm, la parte lateral tendrá 13 cm, con una altura promedio de 9.5 cm de cada ladrillo y el espesor de la junta de mortero será de 1.5 cm especificado por la norma E 070, por tanto, las pilas de concreto tendrán una altura total de 31.5 cm, se pueden visualizar dimensiones en la Figura 84.

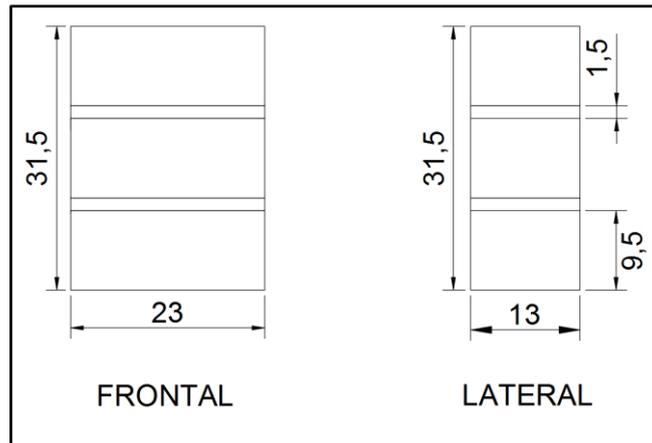


Figura 84. Dimensiones de las pilas de albañilería, con unidades de concreto
Fuente: Imagen propia

3.8.3.2 ESBELTEZ

La esbeltez de la pila es la relación entre su altura y espesor, debe estar dentro de un rango de 2 a 5, y se calculó usando la fórmula:

$$Esbeltes (Esb) = \frac{H}{t} \quad \dots(24)$$

Donde:

Esb: factor esbeltez

H: altura de la pila de albañilería (cm)

t: espesor de la pila de albañilería (cm)

El valor de esbeltez para las pilas con unidades de concreto usadas es en promedio 2.40, este valor será corregido por un factor dado en la tabla 100, el factor de corrección para usar está comprendido entre 0.73 y 0.8.

Tabla 100. Factores de corrección por esbeltez

	FACTORES DE CORRECCION DE f'm POR ESBELTEZ					
Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E 070

3.8.3.3 MORTERO

El mortero sirve como pasta adhesiva para unir las unidades de albañilería, además de corregir las irregularidades geométricas de altura, sirve para sellar las juntas contra la penetración de aire y humedad, cuando un muro es portante el mortero y la unidad de concreto deben proporcionar resistencias similares, con la finalidad de evitar falla por aplastamiento (16).

Los componentes utilizados en la fabricación del mortero fueron cemento, cal, arena gruesa y agua potable:

- El cemento que se utilizó en la fabricación del mortero fue Portland tipo I, de marca Andino para uso general.
- La arena gruesa fue proveniente de la cantera de Pilcomayo, de forma redonda, su granulometría cumple con las indicaciones de la norma E 070.
- Cal hidratada normalizada para elaboración de morteros
- El agua utilizada en el mortero fue agua potable apta para su utilización.

La proporción volumétrica de mezcla que se utilizó en el mortero es de 1:1/2:4 (cemento-cal-arena), indicada en la norma E 070 para fabricación de pilas, el preparado se hizo en una carretilla como se muestra en la figura 85.



Figura 85. Preparado de mortero para asentado de ladrillos
Fuente: Imagen propia

3.8.3.4 CONSTRUCCIÓN DE PILAS

Se construyeron 6 pilas de albañilería, con las 2 dosificaciones seleccionadas para la fabricación de ladrillos como se presenta en la figura 86, las cuales tendrán la misma proporción en el mortero.

DOSIFICACIÓN	PILAS	PROPORCIÓN
R 0.6-EPS 20	P1-P2-P3	1:1/2:4 (Cem-Cal-Ar)
R 0.8-EPS 40	P4-P5-P6	1:1/2:4 (Cem-Cal-Ar)

Figura 86. Dosificaciones y nomenclatura de pilas
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 101 muestra la proporción del mortero para el asentado de los ladrillos.

Tabla 101. Proporción convertida en peso de asentado de ladrillos

	DISEÑO DE MEZCLA: MORTERO 1:1/2:4				
	Proporción	V = 1 m ³	Und	V= 0.00464	Und
C	1	316.09	Kg	1.47	Kg
Agua	0.94	297.12	lt	1.38	lt
Arena	4	1408.83	Kg	6.53	Kg
Cal	1/2	124.08	Kg	0.58	Kg

Fuente: Elaboración propia

Se separaron dos grupos por cada dosificación, la secuencia de construcción de las pilas es la siguiente:

Para construcción de cada pila se seleccionaron 3 ladrillos de concreto, se verificó que estén sin roturas en las esquinas ni con fracturas en sus lados, luego se limpiaron y se prepararon para su asentado, en la figura 87 se muestra la selección de las unidades de concreto.



Figura 87. Selección de ladrillos para las pilas
Fuente: Imagen propia

Se mezcló en el mortero con la cantidad suficiente para el asentado de cada pila, siguiendo y respetando las indicaciones de la norma E 070, el armado de cada pila se hizo en un periodo de 30 minutos.

Para el asentado de los ladrillos se colocó una lechada de mortero sobre la superficie de asentado, con la cantidad suficiente para obtener un espesor de 1.5 cm.

Se usó una plomada para controlar la verticalidad de las pilas, y nivel de mano para controlar los desniveles de las unidades, además de una regla graduada y escantillón para controlar el espesor de la junta de mortero

Se almacenaron y no se curaron las pilas de albañilería durante 28 días, en cada uno de los casos no se está haciendo algún tratamiento a las juntas, ya que se está asemejando a las condiciones de un muro real.

En la figura 88 se aprecian las pilas terminadas de ambas dosificaciones.



Figura 88. Almacenado de pilas de ladrillos de concreto para ser roturados
Fuente: Imagen propia

Previo al ensayo de resistencia a la compresión axial de cada pila de albañilería se colocó un capping de yeso-cemento, como se aprecia en la Figura 89 el capping alisa y nivela la superficie de contacto entre la unidad y el cabezal de aplicación de carga de la máquina.



Figura 89. Capping yeso – cemento de las pilas
Fuente: Imagen propia

3.8.3.5 COMPRESIÓN AXIAL DE ALBAÑILERÍA

Pasado los 21 días, se trasladaron las pilas hacia la máquina de ensayos a compresión, marcados y agrupados, se determinó el área bruta de las pilas, midiendo el largo, ancho y altura en sus cuatro lados obteniendo un promedio en sus dimensiones, tal como se indica en las tablas 102 y 103.

Tabla 102. Determinación del área bruta de las pilas para la dosificación R 0.6 – EPS 20

	H1	H2	Hp	L1	L2	Lp	t1	t2	tp
Muestra	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
P1	31.10	31.05	31.08	23.00	22.93	22.97	13.10	13.13	13.12
P2	31.95	31.98	31.97	22.98	22.95	22.97	13.08	13.10	13.09
P3	31.50	31.40	31.45	22.97	23.00	22.99	13.11	13.09	13.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103. Determinación del área bruta de las pilas para la dosificación R 0.8 – EPS 40

	H1	H2	Hp	L1	L2	Lp	t1	t2	tp
Muestra	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
P4	31.60	31.60	31.60	23.05	23.08	23.07	13.15	13.15	13.15
P5	31.80	31.86	31.83	23.08	23.10	23.09	13.16	13.18	13.17
P6	31.95	32.00	31.98	22.95	23.00	22.98	13.15	13.17	13.16

Fuente: Elaboración propia

Se colocó la pila de albañilería en la máquina de resistencia a compresión, haciendo coincidir el eje de la pila con el eje de la superficie del cabezal de apoyo, luego se bajó el cabezal superior hasta tener un contacto completo entre ambos. En las figuras 90 y 91 se aprecia la ejecución del ensayo.



Figura 90. Colocación de la pila en la máquina de rotura
Fuente: Imagen propia

Antes de ejecutar el ensayo de rotura a la compresión, se limpiaron los cabezales de la maquina a compresión.

Se registró la carga resultante y realizó el cálculo respectivo.



Figura 91. Rotura de las pilas de ladrillos de concreto
Fuente: imagen propia

El cálculo del área bruta se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Area Bruta } (A_b) = L \times A \text{ (cm}^2\text{)} \quad \dots(25)$$

Donde:

Ag: área bruta o sección transversal de la unidad

L: longitud promedio de la unidad de concreto (cm)

A: ancho promedio de la unidad de concreto (cm)

El cálculo de la resistencia a compresión axial de la albañilería se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a compresión } (fm) = \frac{Pu}{Ab} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \dots(26)$$

Donde:

f'm: resistencia a la compresión axial de la unidad (kg/cm²)

Pu: carga máxima registrada por la máquina de ensayo (kg)

Ab: área bruta o sección transversal promedio de la unidad (cm²).

Para el cálculo de la resistencia característica a compresión axial de la unidad se realizó:

$$\text{Resistencia a compresión } (f'm) = fb \text{ prom} - \sigma \quad \dots(27)$$

Donde:

f'm: resistencia característica a la compresión axial de la albañilería (kg/cm²)

f m prom: resistencia a la compresión axial de la albañilería (kg/cm²)

σ: área bruta o sección transversal promedio de la unidad (cm²).

Los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión axial de las pilas de unidades de concreto se muestran en las tablas 104 y 105, el análisis y discusión de resultados se harán en el siguiente capítulo.

Tabla 104. Datos de resistencia a compresión en pilas para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	PROMEDIO (cm)			AREA	Carga (pu)	Carga (pu)	f'm
	H	L	t	cm ²	KN	Kg	Kg/cm ²
P1	31.08	22.97	13.12	301.186	169.90	17324.703	44.98
P2	31.97	22.97	13.09	300.612	151.47	15445.396	40.69
P3	31.45	22.99	13.10	301.104	159.39	16252.998	42.43

Fuente: elaboración propia

Tabla 105. Datos de resistencia a compresión en pilas para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	PROMEDIO (cm)			AREA	Carga (pu)	Carga (pu)	f'm
	H	L	t	cm2	KN	Kg	Kg/cm2
P4	31.60	23.07	13.15	303.305	113.97	11621.521	30.13
P5	31.83	23.09	13.17	304.095	106.71	10881.219	28.45
P6	31.98	22.98	13.16	302.351	102.31	10432.551	27.35

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizaron los resultados obtenidos en el capítulo III, se interpretaron las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido para las probetas de concreto y las propiedades físicas y mecánicas de albañilería para los ladrillos de concreto con poliestireno expandido.

4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO

Las propiedades que se evaluaron en el concreto en estado fresco son la consistencia (Slump con cono de Abrams) y peso unitario y en el estado endurecido; resistencia a compresión de probetas las cuales fueron roturadas a la 7, 14 y 28 días.

4.1.1 CONSISTENCIA

De los ensayos de consistencia realizados con el cono de Abrams, los datos obtenidos indican que con una adición del 20% de poliestireno expandido en la mezcla del concreto, la consistencia que se obtuvo fue de mezcla plástica. Y al adicionar poliestireno expandido en 40 y 60% se obtuvieron mezclas de consistencia fluidas.

En la tabla 106 se muestra un aumento en la consistencia para todas las dosificaciones según se va adicionando poliestireno expandido, llegando a obtener consistencias secas, plásticas y fluidas.

Debido al incremento en el asentamiento para las dosificaciones con poliestireno expandido, se optó por reducir la cantidad de agua por mezcla desde los 20 al 25 %, tal como indica en el acápite 3.5.

Tabla 106. Medida de asentamiento para las dosificaciones planteadas

N°	NOMENCLATURA	Agua Efectiva	Slump	Variación	Descripción
		lts	Pulg	%	
1	R 0.6-EPS 0	185.07	1"	-	Mezcla Seca
2	R 0.6-EPS 20	185.07	2 1/2"	150%	Mezcla Plastica
3	R 0.6-EPS 40	185.07	6 1/2"	550%	Mezcla Fluida
4	R 0.6-EPS 60	185.07	7 1/2"	650%	Mezcla Fluida
1	R 0.7-EPS 0	185.34	3/4"	-25%	Mezcla Seca
2	R 0.7-EPS 20	185.34	3"	200%	Mezcla Plastica
3	R 0.7-EPS 40	185.34	6 1/2"	550%	Mezcla Fluida
4	R 0.7-EPS 60	185.34	7"	600%	Mezcla Fluida
1	R 0.8-EPS 0	194.92	3/4"	-25%	Mezcla Seca
2	R 0.8-EPS 20	194.92	2 1/2"	150%	Mezcla Plastica
3	R 0.8-EPS 40	194.92	6"	500%	Mezcla Fluida
4	R 0.8-EPS 60	194.92	7"	600%	Mezcla Fluida

Fuente: Elaboración propia

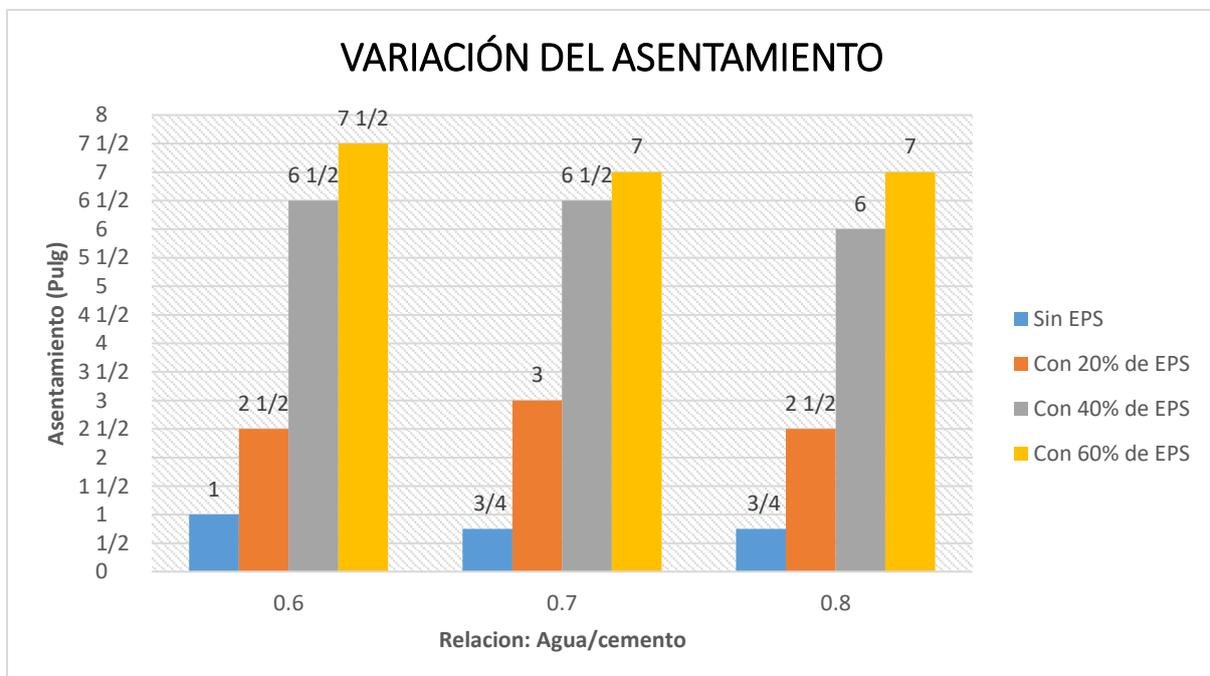


Figura 92. Gráfica de variación del asentamiento (Slump) con adición de EPS, para las tres relaciones agua/cemento planteadas

Fuente: Elaboración propia

De la figura 92 se visualiza que la prueba patrón de $R a/c = 0.6$, inicialmente tiene un asentamiento de 1" y cuando se adicionó poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60% se obtuvo un incremento en el asentamiento de 1.5, 5.5 y 6.5 veces mayor al slump inicial, obteniendo mezclas de consistencias plásticas y fluidas.

Para la prueba patrón de $R a/c = 0.7$, se tuvo una reducción en el asentamiento a 3/4" y cuando se adicionó poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60% se obtuvo un incremento en el asentamiento de 2, 5.5 y 6 veces mayor al slump inicial, obteniendo mezclas de consistencias plásticas y fluidas.

Para la prueba patrón de $R a/c = 0.8$, se tuvo una reducción en el asentamiento a 3/4" y cuando se adicionó poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60% se obtuvo un incremento en el asentamiento de 2, 5.5 y 6 veces mayor al slump inicial, obteniendo mezclas de consistencias plásticas y fluidas.

4.1.2 PESO UNITARIO

Del ensayo de peso unitario del concreto se obtuvo como resultado, que por cada adición de 20% de poliestireno expandido, el peso unitario del concreto fue cada vez menor llegando a obtener hasta un rango de densidad de un concreto ligero.

En las tablas 107, 108 y 109 se muestran una reducción en el peso unitario en las tres dosificaciones, según se va adicionando poliestireno expandido llegando a obtener un peso unitario mínimo de 1087.34 kg/m^3

Tabla 107. Variación en el peso unitario para diseños de Relación $a/c = 0.6$

NOMENCLATURA	mas mezcla (Kg)	Peso de Mezcla (Kg)	Vol. Rec. (m ³)	P. U. Real (Kg/m ³)	P. U. Diseño (Kg/m ³)	Rend. Relativo	Reducción %
R 0.6-EPS 0	8.579	6.455	0.0028317	2279.57	2255.43	1.01	-
R 0.6-EPS 20	7.507	5.383	0.0028317	1900.99	1919.98	0.99	16.61%
R 0.6-EPS 40	6.154	4.030	0.0028317	1423.18	1584.52	0.90	37.57%
R 0.6-EPS 60	5.317	3.193	0.0028317	1127.60	1249.06	0.90	50.53%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108. Variación en el peso unitario para diseños de Relación $a/c = 0.7$

NOMENCLATURA	Peso de Rec. mas mezcla	Peso de Mezcla (Kg)	Vol. Rec. (m ³)	P. U. Real (Kg/m ³)	P. U. Diseño (Kg/m ³)	Rend. Relativo	Reducción %
R 0.7-EPS 0	8.548	6.424	0.0028317	2268.62	2247.41	1.01	-
R 0.7-EPS 20	7.439	5.315	0.0028317	1876.98	1903.94	0.99	17.26%
R 0.7-EPS 40	6.113	3.989	0.0028317	1408.70	1560.48	0.90	37.90%
R 0.7-EPS 60	5.203	3.079	0.0028317	1087.34	1217.01	0.89	52.07%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 109. Variación en el peso unitario para diseños de Relación a/c = 0.8

NOMENCLATURA	Peso de Rec. mas mezcla	Peso de Mezcla (Kg)	Vol. Rec. (m ³)	P. U. Real (Kg/m ³)	P. U. Diseño (Kg/m ³)	Rend. Relativo	Reducción
							%
R 0.8-EPS 0	8.539	6.415	0.0028317	2265.44	2241.38	1.01	-
R 0.8-EPS 20	7.432	5.308	0.0028317	1874.51	1891.92	0.99	17.26%
R 0.8-EPS 40	6.186	4.062	0.0028317	1434.48	1542.45	0.93	36.68%
R 0.8-EPS 60	5.247	3.123	0.0028317	1102.88	1192.98	0.92	51.32%

Fuente: Elaboración propia

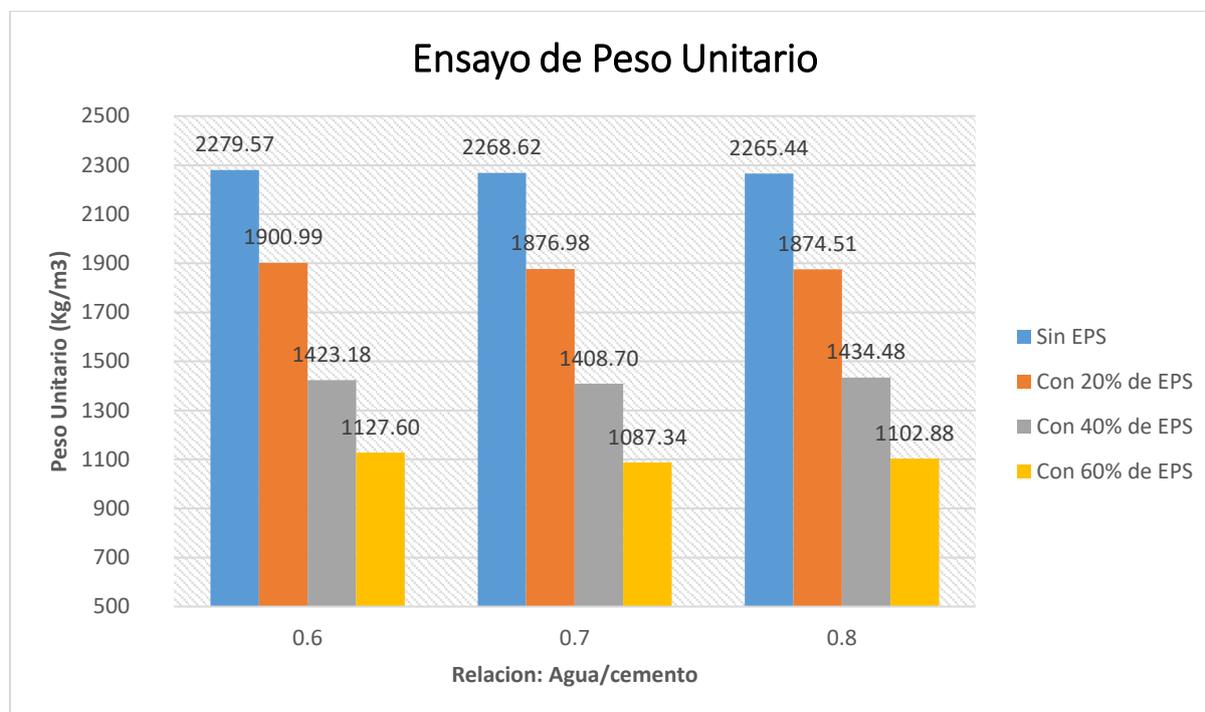


Figura 93. Gráfica de variación en el peso unitario del concreto con adición de EPS, para las tres relaciones agua/cemento planteadas
Fuente: Elaboración propia

En la figura 93 se observa que los diseños de la prueba patrón con R a/c = 0.6, tiene un peso unitario real 2279.57 kg/m³ y cuando se adicionó poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60% se observó que hubo una reducción del peso unitario del concreto hasta 1900.99 kg/m³, 1423.18 kg/m³ y 1127.60 kg/m³ respectivamente.

En la tabla 107 se muestra que por cada adición de poliestireno expandido en 20%, 40% y 60% la variación del peso unitario real del concreto reduce en un 16.61%, 37.57% y 50.53% respectivamente.

Para los diseños de la prueba patrón con R a/c = 0.7, tiene un peso unitario real 2268.62 kg/m³ y cuando se adicionó poliestireno expandido en cantidades de 20%,

40% y 60% se observó que hubo una reducción del peso unitario del concreto hasta 1876.98 kg/m³, 1408.70 kg/m³ y 1087.34 kg/m³ respectivamente.

En la tabla 108 se muestra que por cada adición de poliestireno expandido en 20%, 40% y 60% la variación del peso unitario real del concreto reduce en un 17.26%, 37.90% y 52.07% respectivamente.

Para los diseños de la prueba patrón con $R_{a/c} = 0.8$, tiene un peso unitario real 2265.44 kg/m³ y cuando se adicionó poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60% se observó que hubo una reducción del peso unitario del concreto hasta 1874.51 kg/m³, 1434.48 kg/m³ y 1110.88 kg/m³ respectivamente.

En la tabla 109 se muestra que por cada adición de poliestireno expandido en 20%, 40% y 60% la variación del peso unitario real del concreto reduce en un 17.26%, 36.68% y 51.32% respectivamente.

En todas las dosificaciones se observó que con cada adición de poliestireno expandido se tuvo una disminución del rendimiento relativo hasta 0.92 hasta 0.89, lo que indica que se tiene que diseñar para un volumen mayor al estimado.

Todas las dosificaciones que contengan un 40% de poliestireno expandido llegaron a clasificar a un concreto de peso ligero ya que sus densidades están en el rango de 300 kg/m³ a 1800 kg/m³.

4.1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Del ensayo de resistencia a compresión de concreto, los datos obtenidos mostraron que por cada adición del 20% de poliestireno expandido la resistencia a compresión en todas las dosificaciones fue disminuyendo.

Para la dosificación patrón de $R_{a/c} = 0.6$ sin EPS, a los 28 días tuvo una resistencia a compresión $f'_c = 122.99$ kg/cm² y por cada adición poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60% se obtuvo una reducción en la resistencia a compresión a 104.10, 76.19 y 56.32 kg/cm² respectivamente, como se muestra en la figura 94.

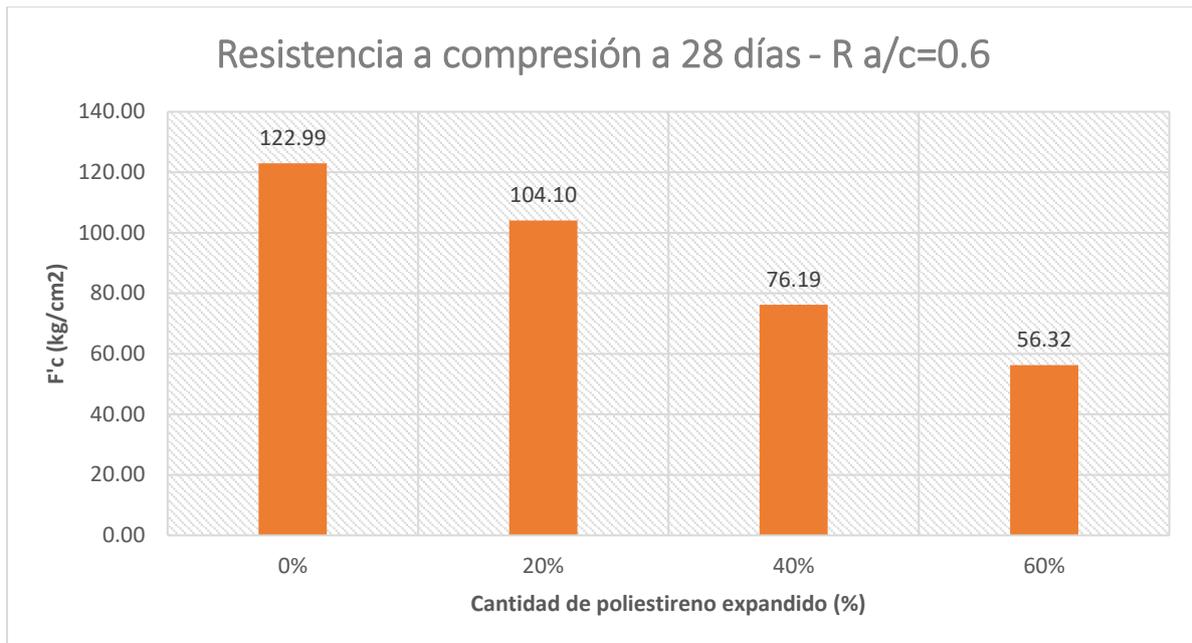


Figura 94. Decrecimiento de la resistencia a compresión para R a/c = 0.6 con adición de EPS
Fuente: elaboración propia

La dosificación patrón de R a/c = 0.7 sin EPS, a los 28 días tuvo una resistencia a compresión $f'c = 77.22 \text{ kg/cm}^2$ y por cada adición de poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60% se obtuvo una reducción en la resistencia a compresión a 59.30, 46.81 y 44.24 kg/cm^2 respectivamente, como se muestra en la figura 95.

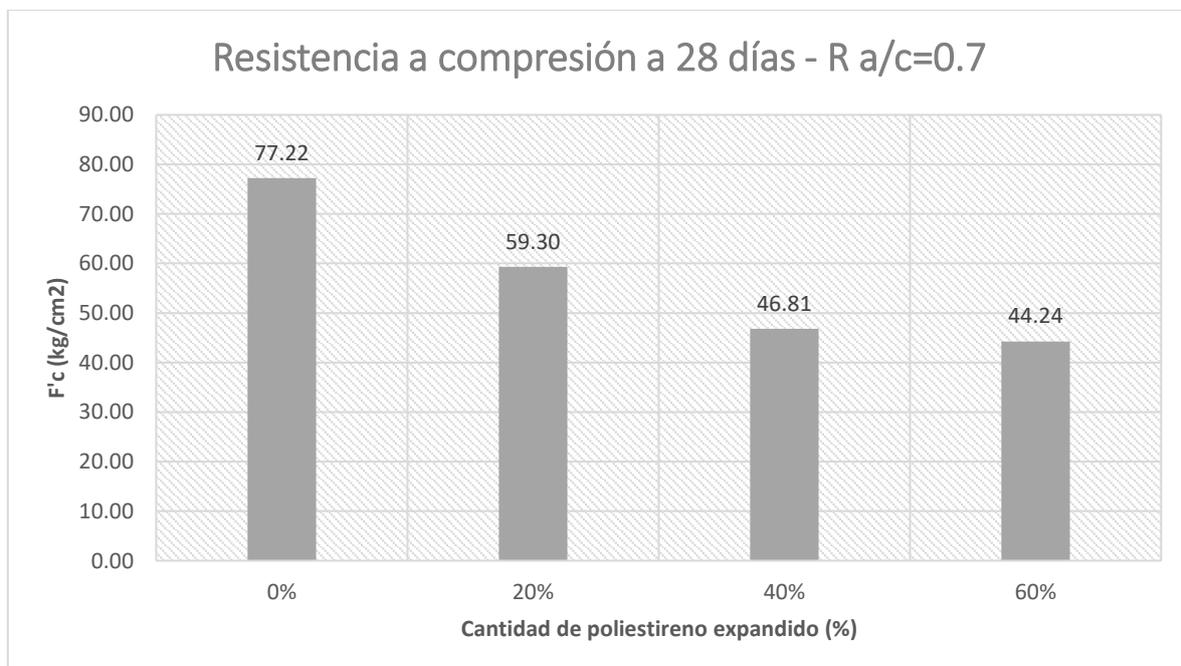


Figura 95. Decrecimiento de la resistencia a compresión para R a/c = 0.7 con adición de EPS
Fuente: elaboración propia

La dosificación patrón de R a/c = 0.8 sin EPS, a los 28 días tuvo una resistencia a compresión $f'_c = 69.39 \text{ kg/cm}^2$ y por cada adición poliestireno expandido en cantidades de 20%, 40% y 60 % se obtuvo una reducción en la resistencia a compresión a 57.53, 49.64 y 46.98 kg/cm^2 respectivamente, como se muestra en la figura 96.

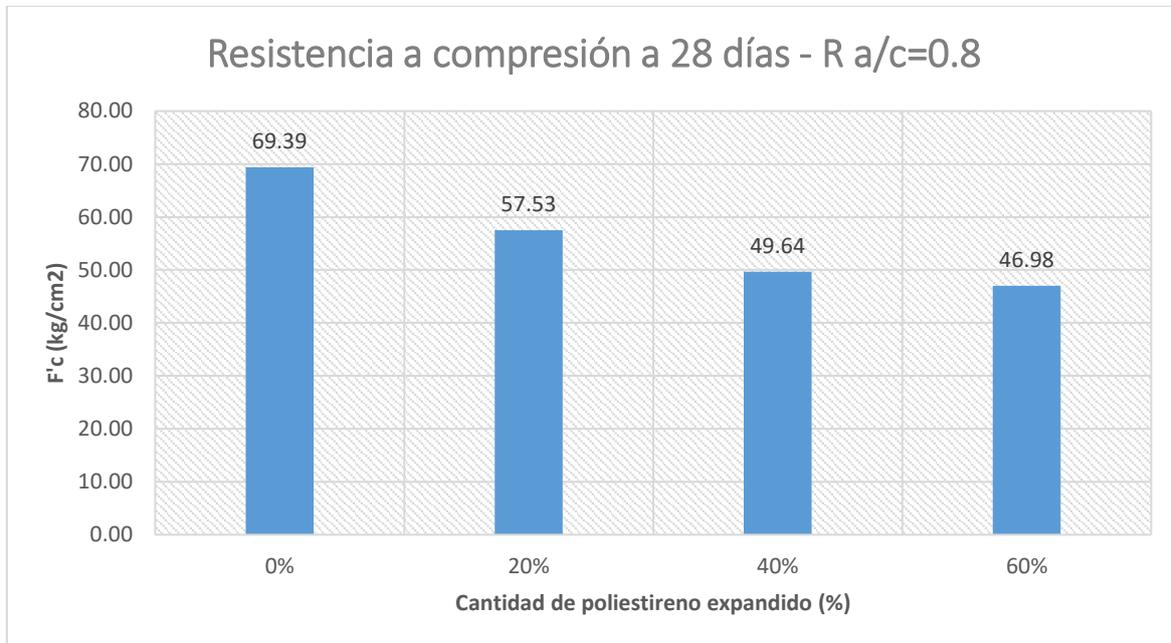


Figura 96. Decrecimiento de la resistencia a compresión para R a/c = 0.8 según adición de EPS
Fuente: Elaboración propia

Tabla 110. Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días

Ensayo de Resistencia a la compresión a los 28 Días						
Adición de EPS	Relacion agua/cemento					
	0.6	Red. (%)	0.7	Red. (%)	0.8	Red. (%)
0%	122.99	-	77.22	-	69.39	-
20%	104.10	15.36%	59.30	23.21%	57.53	17.09%
40%	76.19	38.06%	46.81	39.38%	49.64	28.46%
60%	56.32	54.21%	44.24	42.71%	46.98	32.29%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 110 se muestra el resumen de resultados a los 28 días para las relaciones agua/cemento 0.6, 0.7 y 0.8, y su porcentaje de variación respecto a la prueba patrón son afectados de la siguiente manera:

- Para relación agua/cemento = 0.6 se tiene un decrecimiento de resistencia en un 15.36%, 38.06% y 54.21%.
- Para relación agua/cemento = 0.7 se tiene un decrecimiento de resistencia en un 23.21%, 39.38% y 42.71%.

- Para relación agua/cemento = 0.8 se tiene un decrecimiento de resistencia en un 17.09%, 28.46% y 32.29%.

En la figura 97 se muestra la variación de resistencia a la compresión a los 28 días.

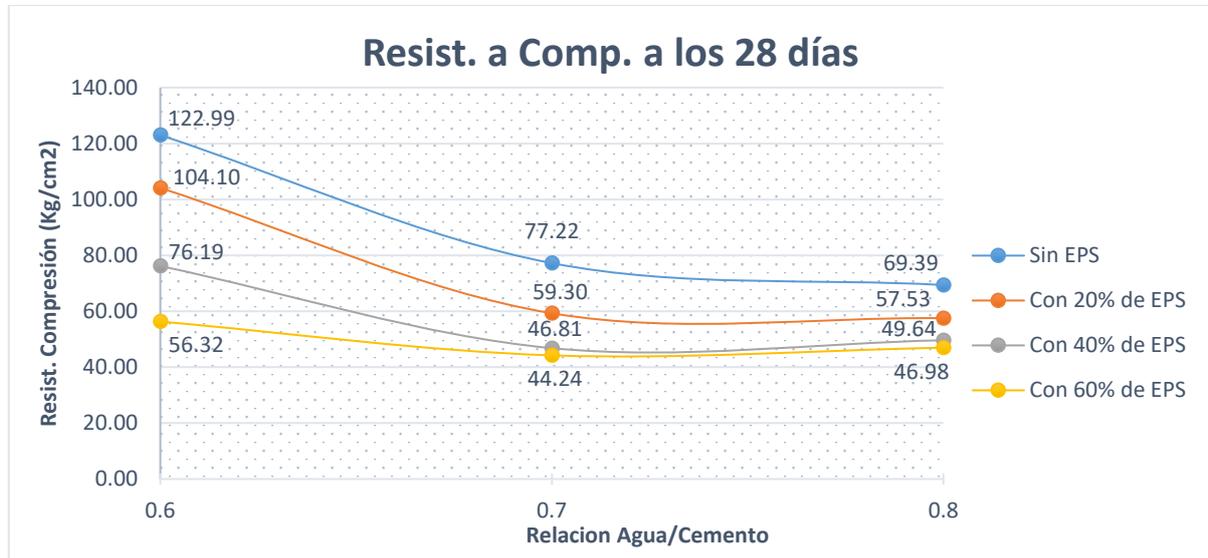


Figura 97. Relación agua/cemento vs Resistencia a compresión a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

Teniendo los resultados de resistencia a compresión y el efecto que produce el poliestireno expandido en el concreto, se realizó la siguiente interpretación para seleccionar las dosificaciones más adecuadas en la fabricación de ladrillos de concreto.

- De la figura 94 se observó que con una relación agua/cemento=0.6 más un 20% de poliestireno expandido se obtuvo una resistencia a la compresión de 104.10 kg/cm², siendo este valor superior al resto de resultados de que oscilan entre 77.22 y 44.24 kg/cm², por lo tanto, se escoge la dosificación R 0.6 - EPS 20 ya que se tiene una mayor resistencia a la compresión y un peso unitario menor al del concreto convencional.
- De la figura 95 y 96 también se observó, para relación a/c=0.7 y 0.8 con adición de 40 y 60% de poliestireno expandido la resistencia a compresión solo varían entre 49.64 y 44.24 kg/cm² siendo resistencias mínimas, por lo tanto, para la fabricación de ladrillos como una segunda opción se escogió la dosificación R 0.8 – EPS 40,

Tabla 112. Porcentaje de variación en las dimensiones

	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
Dimensiones Promedio :	229.92	131.02	94.66
Dimensiones Fabricante :	230.00	130.00	95.00
Varacion (%) :	0.04	-0.78	0.36

Fuente: Elaboración propia

Para la dosificación R 0.8 – EPS 40 los resultados obtenidos en la variación en las dimensiones de los ladrillos se muestran en las tablas 113 y 114.

Los resultados indican que la variación de dimensiones va desde el 0.10% hasta 1.14%, para el lado largo se obtuvo - 0.10%, ancho -1.14 % y altura -0.71%.

Tabla 113. Variación dimensional para la dosificación R0.8–EPS 40 (B)

Muestra	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)									
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP					
1	230.5	230.0	230.5	230.6	230.4	131.5	131.7	131.5	131.9	131.7	97.0	96.9	97.1	97.1	97.0					
2	230.5	230.6	230.4	230.5	230.5	131.0	131.1	131.2	131.1	131.1	96.5	96.9	96.0	96.0	96.4					
3	230.8	230.6	230.9	230.5	230.7	131.2	131.0	131.1	131.8	131.3	95.5	96.0	96.0	96.0	95.9					
4	230.5	230.5	230.0	230.2	230.3	131.5	131.6	131.6	132.0	131.7	94.9	95.7	95.5	97.0	95.8					
5	230.1	230.5	230.0	230.0	230.2	132.0	131.7	131.6	131.7	131.8	95.0	95.0	93.2	92.5	93.9					
6	229.5	230.0	230.5	230.0	230.0	132.1	131.5	132.0	131.7	131.8	95.9	96.1	97.0	95.0	96.0					
7	230.5	230.0	230.3	230.2	230.3	132.1	131.9	131.7	131.7	131.9	94.2	95.0	94.9	94.1	94.6					
8	230.0	229.5	230.0	230.1	229.9	132.0	131.9	132.1	131.9	132.0	98.2	97.8	96.8	96.5	97.3					
9	229.9	230.0	230.3	230.5	230.2	130.7	131.0	131.1	131.1	131.0	93.8	94.6	94.3	93.9	94.2					
10	229.9	230.1	230.0	230.0	230.0	130.5	130.7	130.9	130.9	130.8	97.1	95.0	95.5	95.6	95.8					
					Le:	230						Le:	130						Le:	95
					σ:	0.25						σ:	0.42						σ:	1.15
					Lp:	230.24						Lp:	131.48						Lp:	95.68
					%:	-0.10						%:	-1.14						%:	-0.71

Fuente: elaboración propia

Tabla 114. Porcentaje de variación en las dimensiones

	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
Dimensiones Promedio :	230.24	131.48	95.68
Dimensiones Fabricante :	230.00	130.00	95.00
Varacion % :	-0.10	-1.14	-0.71

Fuente: elaboración propia

La variación en sus dimensiones para la dosificación R 0.8 – EPS 40, por el ancho llegó a variar en 1.14%, en la norma E 070 específica que hasta 150 mm mínimo puede variar hasta el 2%, por lo tanto, la variación en sus dimensiones tiene como resultado menos del mínimo porcentaje especificado por la norma.

4.2.1.2 ALABEO

El ensayo de alabeo se realizó en la sección 3.8.1.2, los resultados se presentan en las tablas 115 y 116.

Para la dosificación R 0.6 – EPS 20, los resultados obtenidos en el ensayo de alabeo de los ladrillos fueron: en la cara A (superficie de asentado) se obtuvo un alabeo cóncavo hasta 0.15 mm y alabeo convexo hasta 0.65 mm y en la cara B se obtuvo alabeo nulo.

Tabla 115. Alabeo de los ladrillos de concreto para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
1	0	2	0	0
2	0	0	0	0
3	0	1	0	0
4	0	3	0	0
5	0	3	0	0
6	1	0	0	0
7	0	2	0	0
8	0	1	0	0
9	2	0	0	0
10	0	1	0	0
Prom.=	Cóncavo	0.15	mm	
	Convexo	0.65	mm	

Fuente: Elaboración propia

Para la dosificación R 0.8 – EPS 40 los resultados obtenidos en el ensayo de alabeo de los ladrillos fueron: en la cara A (superficie de asentado) se obtuvo un alabeo cóncavo hasta 0.15 mm y alabeo convexo hasta 0.97 mm y en la cara B se obtuvo alabeo nulo.

Tabla 116. Alabeo de los ladrillos de concreto para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
1	0	4	0	0
2	1	0	0	0
3	2	0	0	0
4	0	4	0	0
5	0	2	0	0
6	0	3	0	0
7	0	2	0	0
8	0	3	0	0
9	0	0	0	0
10	0	1.5	0	0
Prom.=	Cóncavo	0.15	mm	
	Convexo	0.975	mm	

Fuente: Elaboración propia

De los ensayos de alabeo realizados a las dos dosificaciones, en todos los ladrillos de concreto el alabeo dio menor a 2 mm (valor mínimo especificado por NTP E 070), lo que indica que los ladrillos de concreto tienen la calidad hasta de un ladrillo tipo V.

4.2.1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LA UNIDAD

Para que se pueda clasificar a los ladrillos de concreto se calculó la resistencia a compresión axial y la resistencia característica a compresión axial, para la dosificación R 0.6 – EPS 20 los resultados se muestran en las tablas 117 y 118.

Tabla 117. Resistencia a compresión para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	Largo (mm)			Ancho (mm)			Area cm ²	Carga		Comp. Simple (f' b)	
	L1	L2	LP	A1	A2	AP		KN	Kg	Kg/cm ²	Mpa
1	229.50	230.00	229.75	130.70	130.70	130.70	299.00	230.55	23509.18	78.63	7.71
2	230.00	229.60	229.80	131.00	131.30	131.15	301.38	248.45	25334.45	84.06	8.24
3	229.50	230.00	229.75	130.70	130.80	130.75	300.40	217.72	22200.91	73.90	7.25
4	229.70	229.50	229.60	130.80	131.40	131.10	301.01	238.43	24312.71	80.77	7.92
5	229.50	229.60	229.55	131.10	130.90	131.00	300.71	210.85	21500.37	71.50	7.01
									fb pro:	77.77	7.63
									σ:	5.09	0.50
									Coef. V:	6.54	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118. Resistencia característica a compresión axial de la unidad

	Descripción	und
Resist. a compresión promedio (fb):	77.77	Kg/cm ²
Desviacion Estandar (σ) :	5.09	
Resist. Caract. a Compresión(f' b):	72.68	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos de concreto elaborados con un 20% de poliestireno expandido tienen una resistencia característica a la compresión de 72.68 kg/cm² a los 28 días, en base a RNE E 070 para fines estructurales, los ladrillos llegan a clasificar como un tipo II ya que la resistencia a compresión esta entre los 70 y 95 kg/cm², por lo tanto, se podrá utilizar en la construcción de muros portantes de albañilería.

Para los ladrillos de concreto elaborados con la dosificación R 0.8 – EPS 40, se calculó la resistencia a compresión de resultados axial de la unidad y la resistencia característica a compresión axial, las cuales se muestran en las tablas 119 y 120.

Tabla 119. Resistencia a compresión para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	Largo (mm)			Ancho (mm)			Area	Carga		Comp. Simple (f'b)	
	L1	L2	LP	A1	A2	AP	cm2	KN	Kg	Kg/cm2	Mpa
1	230.50	230.40	230.45	131.00	131.20	131.10	302.12	86.51	8821.42	29.20	2.86
2	230.80	230.90	230.85	131.20	131.10	131.15	302.76	84.48	8614.43	28.45	2.79
3	230.50	230.00	230.25	131.50	131.60	131.55	302.89	113.69	11592.97	38.27	3.75
4	230.10	230.00	230.05	132.00	131.60	131.80	303.21	86.18	8787.77	28.98	2.84
5	229.50	230.50	230.00	132.10	132.00	132.05	303.72	93.25	9508.70	31.31	3.07
									fb pro:	31.24	3.06
									σ:	4.08	0.40
									Coef. V:	13.05	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 120. Resistencia característica a compresión axial de la unidad

	Descripción	und
Resist. a compresión promedio (fb):	31.24	Kg/cm2
Desviacion Estandar (σ) :	4.08	
Resist. Caract. a Compresión(f'b):	27.17	kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos de concreto elaborados con un 40 % de poliestireno expandido tienen una resistencia característica a la compresión de 27.17 kg/cm² a los 28 días, por tanto, con la resistencia obtenida de estos ladrillos no pueden ser clasificados como unidades estructurales, lo que indica que su uso debe ser para albañilería no estructural, tabiquerías, parapetos, closets, etc.

4.2.2 ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS

Los ensayos no clasificatorios que se hicieron a las unidades de concreto fueron succión, absorción y porcentaje de vacíos de la unidad, también se adicionó el ensayo de pilas con los ladrillos de concreto, los resultados se muestran a continuación.

4.2.2.1 SUCCIÓN

Se determinó el contenido de succión de cinco ladrillos por cada dosificación, el procedimiento se realizó en el capítulo III, los resultados se muestran en las tablas 121 y 122.

Tabla 121. Succión de las unidades de concreto para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	Largo	Ancho	Area	Peso (gr)		Succion
	mm	mm	cm2	Seco	Succ.	gr/(200 cm2-min)
1	230.10	130.80	300.97	4150	4165	9.97
2	229.90	130.95	301.05	4292	4307	9.96
3	229.95	130.80	300.77	4233	4249	10.64
4	230.25	130.98	301.57	4215	4232	11.27
5	230.10	131.23	301.95	4216	4230	9.27
				Succion prom :		10.22

Fuente: Elaboración propia

La succión promedio para la dosificación R 0.6 - EPS 20 es de 10.22 gr/ (200 cm²-min), por recomendaciones del ing. Ángel San Bartolomé para que un ladrillo tenga una adecuada succión debe estar comprendida entre 10 y 20 gr/ (200 cm²-min), por lo que las unidades de concreto fabricadas con poliestireno expandido cumplen correctamente con estos parámetros.

Tabla 122. Succión de las unidades de concreto para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	Largo	Ancho	Area	Peso (gr)		Succion
	mm	mm	cm ²	Seco	Succ.	gr/(200 cm ² -min)
1	230.0	131.8	303.20	3371	3387	10.55
2	230.3	131.9	303.58	3369	3386	11.20
3	229.9	132.0	303.41	3485	3501	10.55
4	230.2	131.0	301.47	3501	3515	9.29
5	230.0	130.8	300.73	3551	3564	8.65
				Succion prom :		10.05

Fuente: Elaboración propia

La succión promedio para la dosificación R 0.8 - EPS 40 es de 10.05 gr/ (200 cm²-min), por recomendaciones del ing. Ángel San Bartolomé para que un ladrillo tenga una adecuada succión debe estar comprendida entre 10 y 20 gr/ (200 cm²-min), por lo que las unidades de concreto fabricadas con poliestireno expandido cumplen correctamente con estos parámetros.

Para ambas dosificaciones los ladrillos cumplen con tener un contenido de succión adecuada, con este resultado indica que la unidad no succionará agua del mortero y su asentado será en seco, a diferencia de los ladrillos de arcilla que se deben ser regados para que no succione agua del mortero.

4.2.2.2 ABSORCIÓN

Se halló el porcentaje de absorción promedio de cinco ladrillos por cada dosificación, el procedimiento y cálculo se realizó en el capítulo III, los resultados muestran en las siguientes tablas 123 y 124:

El porcentaje de absorción promedio para la dosificación R 0.6 - EPS 20 es de 6.88%, en base a la RNE E 070 un ladrillo de concreto no debe tener una absorción superior al 12%, por lo tanto, las unidades de concreto fabricadas con 20% de poliestireno expandido cumplen correctamente con lo indicado.

Tabla 123. Porcentaje de absorción de las unidades para la dosificación R 0.6–EPS20 (A)

Muestra	Peso		Absorción
	Seco	Saturado	%
1	4150	4467	7.64
2	4292	4580	6.71
3	4233	4542	7.30
4	4215	4486	6.43
5	4216	4482	6.31
		Abs pro:	6.88

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de absorción promedio para la dosificación R 0.8 - EPS 40 es de 10.26%, en base a la RNE E 070 un ladrillo de concreto no debe tener una absorción superior al 12%, por lo que las unidades de concreto fabricadas con un 40% de poliestireno expandido cumplen correctamente con lo indicado.

Tabla 124. Porcentaje de absorción de las unidades para la dosificación R 0.8–EPS40 (B)

Muestra	Peso		Absorción
	Seco	Saturado	%
1	3371	3716	10.23
2	3369	3718	10.36
3	3485	3804	9.15
4	3501	3891	11.14
5	3551	3921	10.42
		Abs pro:	10.26

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos de ambas dosificaciones cumplen con tener el porcentaje de absorción inferior al 12% propuesto en la norma E 070, pues se debe evitar que el ladrillo absorba mayor cantidad agua en sus poros de lo contrario generaría cambios volumétricos bruscos dañando la albañilería.

4.2.2.3 PORCENTAJE DE VACÍOS

Se midió el porcentaje de área de ranuras respecto al área bruta de cinco ladrillos por cada dosificación, el procedimiento y cálculo se realizó en el capítulo III, los resultados muestran en las tablas 125 y 126.

Tabla 125. Porcentaje de área de huecos de las unidades para la dosificación R 0.6–EPS 20 (A)

Muestra	Area (cm ²)		% de Huecos
	Area Bruta	Ranuras	%
1	300.97	79.4219253	26.39
2	301.05	80.3248449	26.68
3	300.77	81.4726698	27.09
4	301.57	80.1819394	26.59
5	301.95	79.3745446	26.29
		% Ranuras:	26.61

Fuente: Elaboración propia

Tabla 126. Porcentaje de área de huecos de las unidades para la dosificación R 0.8–EPS 40 (B)

Muestra	Area (cm ²)		% de Huecos
	Asentado	Ranuras	%
1	303.20	78.0536242	25.74
2	303.58	77.9127544	25.66
3	303.41	78.3828152	25.83
4	301.47	78.8542898	26.16
5	300.73	77.4441074	25.75
		% Ranuras:	25.83

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos de las dosificaciones R 0.6–EPS 20 y R 0.8–EPS 40 tienen un porcentaje de área de huecos de 26.61% y 25.83% respectivamente, ambas dosificaciones tienen el porcentaje de área de ranuras inferior al 30%, la norma define a estos tipos de ladrillo como macizo y pueden ser usados en la construcción de muros portantes.

4.2.3 RESUMEN DE RESULTADOS

En las tablas 127 y 128 se muestran el resumen de resultados de los ensayos realizados a los ladrillos de concreto para ambas dosificaciones.

Los ladrillos fabricados con la dosificación R 0.6 – EPS 20 dieron los siguientes resultados; la variación en sus dimensiones es menor al 1 % y el alabeo es menor 1 mm, siendo óptimo estas propiedades. Se obtuvo una resistencia característica a la compresión axial de 72.68 kg/cm² en base a este resultado la unidad de concreto clasificó a tipo II.

Tabla 127. Resumen de resultados para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

ENSAYO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UND
Variación en las Dimesiones	Largo	0.04	%
	Ancho	-0.78	%
	Altura	0.36	%
Alabeo	Concavo	0.15	mm
	Convexo	0.65	mm
Resistencia a Compresion axial		77.77	Kg /cm2
Resistencia caracteristica a Compresion axial		72.68	Kg /cm2
Succión	10.22	gr/(200 cm2-min)	
Absorción	6.88	%	
Area de Huecos	26.61	%	
Densidad	1909.09	kg/m3	

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos fabricados con la dosificación R 0.8 – EPS 40 no llegaron a clasificar como unidades estructurales, la resistencia característica a la compresión axial llego a 27.17 kg/cm² menor a 50 kg/cm² (Tipo I), por otra parte, mantuvieron óptimas sus propiedades físicas como la variación en sus dimensiones menor a 1% y alabeo menor 1 mm. Esto indica que el ladrillo para esta dosificación será en muros no portantes.

Tabla 128. Resumen de resultados para la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

ENSAYO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UND
Variación en las Dimesiones	Largo	-0.10	%
	Ancho	-1.14	%
	Altura	-0.71	%
Alabeo	Concavo	0.15	mm
	Convexo	0.975	mm
Resistencia a Compresion axial		31.24	Kg /cm2
Resistencia caracteristica a Compresion		27.17	Kg /cm2
Succión	10.05	gr/(200 cm2-min)	
Absorción	10.26	%	
Area de Huecos	25.83	%	
Densidad	1590.91	kg/m3	

Fuente: Elaboración propia

En ambas dosificaciones los ensayos no clasificatorios fueron óptimos; el ensayo de succión estuvo dentro de 10 y 20 gr/ (200 cm² – min), el porcentaje de absorción dio menor al 12% y el porcentaje de área de ranuras son menores al 30% clasificando como unidades macizas.

4.2.4 CERTIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, obteniendo los resultados especificados en la tabla 129.

Tabla 129. Resultados de resistencia a la compresión de las unidades de concreto

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm)	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M 1 – 1: R0.6EPS20(A)	23.6	13.3	9.2	313.9	22337	71.2
M 1 – 2: R0.6EPS20(A)	23.8	13.2	9.1	314.2	23636	75.2
M 1 – 3: R0.6EPS20(A)	23.5	13.3	9.2	312.6	25981	83.1
M 2 – 1: R0.8EPS40(B)	23.8	13.3	9.2	316.5	8677	27.4
M 2 – 2: R0.8EPS40(B)	23.7	13.5	9.2	320.0	7307	22.8
M 2 – 3: R0.8EPS40(B)	23.7	13.5	9.2	320.0	9053	28.3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 98 se muestra la presentación de las unidades de concreto con poliestireno expandido al laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.



Figura 98. Laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería
Fuente: elaboración propia

4.2.5 PILAS DE ALBAÑILERÍA

4.2.5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE ALBAÑILERÍA

Para determinar la resistencia a compresión axial final se aplicó un factor de corrección por esbeltez, con los valores dado en la tabla 100.

El desarrollo y los cálculos para hallar la resistencia característica a la compresión axial se vieron en la sección 3.8.3, en las tablas 130 y 131 muestra los resultados obtenidos del ensayo ejecutado:

Tabla 130. Resistencia característica a compresión de la albañilería para R 0.6 – EPS 20 (A)

Muestra	PROMEDIO (cm)			AREA cm ²	Esbeltes H/t	Fac. Corrección FCE	Carga (pu)		f'm Kg/cm ²
	H	L	t				KN	Kg	
P1	31.08	22.97	13.12	301.186	2.3694	0.782	169.90	17324.703	44.98
P2	31.97	22.97	13.09	300.612	2.4419	0.792	151.47	15445.396	40.69
P3	31.45	22.99	13.10	301.104	2.4008	0.786	159.39	16252.998	42.43
								f'm pro:	42.70
								σ:	2.16
								Coef. Var (%):	5.05
								f'm caract:	40.54

Fuente: Elaboración propia

La dosificación R 0.6 – EPS 20, dio una resistencia característica a la compresión axial de las pilas de 40.54 kg/cm², dato que servirá para diseño estructural de la albañilería.

Tabla 131. Resistencia característica a compresión de la albañilería para R 0.8 – EPS 40 (B)

Muestra	PROMEDIO (cm)			AREA cm2	Esbeltes H/t	Fac. Correccion FCE	Carga (pu)		f'm Kg/cm2
	H	L	t				KN	Kg	
P4	31.60	23.07	13.15	303.305	2.4030	0.786	113.97	11621.521	30.13
P5	31.83	23.09	13.17	304.095	2.4169	0.795	106.71	10881.219	28.45
P6	31.98	22.98	13.16	302.351	2.4297	0.793	102.31	10432.551	27.35
								f'm pro:	28.64
								σ:	1.40
								Coef. Var (%):	4.90
								f'm caract:	27.24

Fuente: Elaboración propia

La dosificación R 0.8 – EPS 40, dio una resistencia característica a la compresión axial de las pilas de 27.24 kg/cm², siendo este valor superior a la resistencia a compresión de ladrillos artesanales de arcilla y ladrillos pandereta que tiene un promedio de 19.86 y 14.77 kg/cm² respectivamente.

4.2.5.2 MODO DE FALLA

Como se puede ver en las siguientes imágenes la falla más común que se presentó, es el agrietamiento vertical, la rotura en las esquinas y trituración de la unidad fueron mínimas.

Los tipos de falla que se presentaron las pilas de ambas dosificaciones al momento de ensayar las pilas se presenta a continuación:

Para Pila 1: falla frágil, con agrietamiento vertical y diagonales, ver figura 99.



Figura 99. Falla de Pila P1, tiene agrietamiento vertical y diagonal
Fuente: Imagen propia

Para Pila 2: falla frágil, con agrietamiento vertical en el interior de la pila sin desprendimiento de las unidades, ver figura 100.



Figura 100. Falla de Pila P2, por agrietamiento en el interior de las pilas
Fuente: Imagen propia

Para Pila 3: falla frágil, con agrietamiento vertical y trituración de los ladrillos, ver figura 101.



Figura 101. Falla de Pila P3, por agrietamiento vertical con trituración de las unidades
Fuente: Imagen propia

Para Pila 4: falla frágil, con agrietamiento vertical en el interior de la pila sin desprendimiento de las unidades, ver figura 102.



Figura 102. Falla de Pila P4, por agrietamiento en el interior de las pilas
Fuente: Imagen propia

Para Pila 5: falla por aplastamiento de unidades y agrietamiento vertical, ver figura 103.



Figura 103. Falla de Pila P5, por aplastamiento de unidades
Fuente: Imagen propia

Para Pila 6: Falla por agrietamiento vertical y trituración de las unidades, se puede apreciar que el mortero se introdujo en las ranuras de las unidades, ver figura 104.



*Figura 104. Falla de Pila P6, por agrietamiento vertical y aplastamiento de unidades
Fuente: Imagen propia*

4.3 ANÁLISIS DE COSTOS DE UNIDADES DE CONCRETO POR MILLAR

El análisis de costos por millar de las unidades de concreto se calculó en base al rendimiento de mezcla y la cantidad de unidades producidas por tanda.

4.3.1 COSTO DE UNIDADES PARA DOSIFICACIÓN R 0.6 – EPS 20 (A)

Para cada millar de ladrillo se calculó la cantidad de ladrillos producidos en mezcla de concreto y el costo de mano de obra, materiales y equipos utilizados.

En base a las dimensiones ya calculadas de los ladrillos de concreto se puede calcular el volumen unitario de la unidad, teniendo un volumen de 0.002195 m^3 por cada unidad.

El rendimiento de mezcla para la dosificación R 0.6 – EPS 20 se calculó con una regla de 3 simple de la siguiente manera:

Volumen 0.099 m^3	-----	46 unidades
Volumen "x" m^3	-----	1000 unidades

Para un millar de unidades de concreto se tiene un volumen igual 2.15 m³, por lo tanto, la cantidad de materiales por cada millar de ladrillo es la que refleja en la tabla 132.

Tabla 132. Cantidad de materiales por millar de unidades de concreto (R0.6 EPS-20)

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 20 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%	V= 2.15	V= 2.21		
C	283.33	283.33	kg/m3	608.44	626.70	Kg
H2O	185.07	185.07	lt/m3	397.43	409.35	lt
Ag. fino	1833.68	1466.94	kg/m3	3937.73	3244.69	Kg
EPS		20.00	%		0.5171	m3
		1.982	kg/m3		4.38474	kg-eps

Fuente: Elaboración propia

Con la cantidad de materiales por millar de unidades de concreto, mano de obra y los equipos utilizados en su producción, el costo por millar para la dosificación relación a/c = 0.6 EPS - 20 resultó 582.96 nuevos soles (ver tabla 133); siendo este el costo sin aplicar flete o transporte a puesta en obra.

Tabla 133. Costo por millar de unidades de concreto para dosificación R 0.6 – EPS 20 (A)

COSTO POR MILLAR DE LADRILLO DE CONCRETO							
CONCRETO SIMPLE f'c = 77.77 KG/CM2 PARA LADRILLOS DE CONCRETO							
millar/DIA	4.0000				Costo unitario directo por : millar	582.96	
Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
OPERARIO		hh		2.00	4.00	8.75	35.00
PEON		hh		2.00	4.00	6.25	25.00
							60.00
Materiales							
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol			14.75	22.20	327.36
AGUA PUESTA EN OBRA		m3			0.31	1.00	0.31
ARENA		m3			2.07	50.00	103.41
EPS		kg			4.38	8.00	35.08
							466.16
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.00		1.80
MEZCLADORA DE 9 -11 P3		hm		1.00	2.00	15.00	30.00
MAQUINA DE MOLDEADO SEMI-INDUSTRIAL		hm		1.00	2.00	12.50	25.00
							56.80

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 COSTO DE UNIDADES PARA DOSIFICACIÓN R 0.8 – EPS 40 (B)

El rendimiento de mezcla para la dosificación R 0.8 – EPS 40 se calculó con una regla de 3 simple de la siguiente manera:

Volumen 0.099 m3 ----- 48 unidades

Volumen “x” m3 ----- 1000 unidades

Para un millar de unidades de concreto se tiene un volumen igual 2.06 m³, por lo tanto, la cantidad de materiales por cada millar de ladrillo es la que se refleja en la Tabla 134.

Tabla 134. Cantidad de materiales por millar de unidades de concreto (R0.8 EPS-40)

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 40 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%	V= 2.06	V= 2.18		
C	212.50	212.50	kg/m3	437.32	463.95	Kg
H2O	194.92	194.92	kg/m3	401.14	425.57	lt
Ag. fino	1883.01	1129.81	kg/m3	3875.19	2466.71	Kg
EPS		0.40	%		1.0535	m3
		4.092	kg/m3		8.93332	kg-EPS

Fuente: Elaboración propia

Con la cantidad de materiales por millar de unidades de concreto, mano de obra y los equipos utilizados en su producción, el costo por millar para la dosificación relación a/c = 0.8 EPS - 40 resultó 491.81 nuevos soles (ver tabla 135); siendo este el costo sin aplicar flete o transporte a puesta en obra.

Tabla 135. Costo por millar de unidades de concreto para dosificación R 0.8 – EPS 40 (B)

COSTO POR MILLAR DE LADRILLO DE CONCRETO							
CONCRETO SIMPLE f' b = 31.24 KG/CM2 PARA LADRILLOS DE CONCRETO							
millar/DIA	4.0000				Costo unitario directo por : millar	491.81	
Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
OPERARIO		hh		1.00	2.00	8.75	17.50
PEON		hh		2.00	4.00	6.25	25.00
							42.50
Materiales							
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol			10.92	22.20	242.35
AGUA PUESTA EN OBRA		m3			0.21	1.00	0.21
ARENA		m3			1.58	50.00	79.01
EPS		kg			8.93	8.00	71.47
							393.04
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.00		1.28
MEZCLADORA DE 9 -11 P3		hm		1.00	2.00	15.00	30.00
MAQUINA DE MOLDEADO SEMI-INDUSTRIAL		hm		1.00	2.00	12.50	25.00
							56.28

Fuente: Elaboración propia

4.4 COMPARACIÓN CON UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EXISTENTES

En este acápite se realizaron las especificaciones técnicas de las unidades de concreto con poliestireno expandido, se describe y compara los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación con características de unidades de albañilería existentes en el mercado.

Las especificaciones técnicas para unidades de albañilería realizados con materia prima de arcilla y concreto usados en la construcción de muros portantes se listan a continuación; los datos fueron recopilados de investigaciones anteriormente realizadas y fichas técnicas elaboradas por los fabricantes.

- a. Especificaciones técnicas de las unidades de concreto con 20 % de poliestireno expandido (ver tabla 136).

Tabla 136. Especificaciones técnicas de unidades de concreto R 0.6 – EPS 20 (A)

CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Denominación :	R 0.6 - EPS 20			
Uso :	Construcción de Muros Portantes			
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura	
	23	13	9.5	
Peso :	4.2	kg		
Unidades (m ²) :	37	und		
Costo :	0.60	Nuevos Soles		
PROPIEDADES FÍSICAS				
Descripción		Unidad de concreto Ensayada		Según NTP 399.613 y 399.604
Variación en las dimensiones	Largo	%	0.04	± 1
	Ancho	%	-0.78	± 2
	Altura	%	0.36	± 3
Alabeo	Cóncavo	mm	0.15	< 2
	Convexo	mm	0.65	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		10.22	10 min y 20 max
Absorción	%		6.88	< 12
Área de Huecos	%		26.61	< 30
Densidad	Kg/m ³		1909.09	-
Eflorescencia	.....		No presenta	
Clase	.....		Tipo II	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Descripción		Unidad de concreto Ensayada		Según NTP 399.613 y 399.604
Resistencia a compresión axial	Kg /cm2	77.77	> 70 Kg/cm2	
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm2	42.70	....

Fuente: Elaboración propia

- b. Especificaciones técnicas de las unidades de concreto fabricado por la empresa "Unicon" ladrillos Konkreto (ver tabla 137).

Tabla 137. Especificaciones técnicas de ladrillos de Konkreto - Unicon

CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Denominación :	Ladrillo Konkreto			
Uso :	Construcción de Muros Portantes			
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura	
	22	13	9	
Peso :	4.5	kg		
Unidades (m ²) :	45	und		
Costo :	0.89	Nuevos Soles		
PROPIEDADES FÍSICAS				
Descripción		Unidad de concreto Ensayada		Según NTP 399.613 y 399.604
Variación en las dimensiones	Largo	%	-0.01	± 1
	Ancho	%	-0.10	± 2
	Altura	%	-1.18	± 3
Alabeo	Cóncavo	mm	0	< 2
	Convexo	mm	1	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		55.40	10 min y 20 max
Absorción	%		6.00	< 12
Área de Huecos	%		25.00	< 30
Densidad	Kg/m ³		2270.00	-
Eflorescencia	.....		No presenta	
Clase	.....		Tipo III	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Descripción		Unidad de concreto Ensayada		Según NTP 399.613 y 399.604
Resistencia a compresión axial	Kg /cm2	138.99	> 95 Kg/cm2	
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm2	115.00	....
Nota:				
Los datos fueron obtenidos de las tesis "Estudio de un nuevo ladrillo de concreto y de la influencia de la cal en el mortero en el comportamiento sísmico de muros confinados"				

Fuente: Elaboración propia

- c. Especificaciones técnicas de las unidades de arcilla artesanales de la zona del Barrio de Palián – Huancayo. (Ver tabla 138).

Tabla 138. Especificaciones técnicas de ladrillos de arcilla artesanales – Barrio Palián

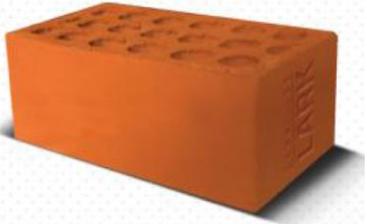
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Denominación :	Artesanal Palian			
Uso :	Construcción de Muros Portantes			
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura	
	23.46	12.57	8.37	
Peso :	3.27	kg		
Unidades (m ²) :	41	und		
Costo :	0.50	Nuevos Soles		
PROPIEDADES FÍSICAS				
Descripción		Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604	
Variación en las dimensiones	Largo	%	0.45	± 1
	Ancho	%	1.19	± 2
	Altura	%	1.88	± 3
Alabeo	Cóncavo	mm	0	< 2
	Convexo	mm	0.83	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		10 min y 20 max
Absorción	%		22.18	< 20
Área de Huecos	%		0	< 30
Eflorescencia		No presenta	
Clase		No Clasifica	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Descripción		Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604	
Resistencia a compresión axial	Kg /cm2	40.67	> 50 Kg/cm2	
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm2	21.18	....
Nota:				
Los datos fueron obtenidos de las tesis "Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la ciudad de Huancayo"				

Fuente: Elaboración propia

- d. Especificaciones técnicas de las unidades de arcilla fabricado por “ladrillos Lark” denominado King Kong 30 %. (Ver tabla 139).

Tabla 139. Especificaciones técnicas de ladrillos de arcilla King Kong 30 % - Marca Lark

CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Denominación :	King Kong 30 %		
Uso :	Construcción de Muros Portantes		
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura
	24	13	9
Peso :	3.8	kg	
Unidades (m ²) :	36	und	
Costo :	0.97	Nuevos Soles	



PROPIEDADES FÍSICAS			
Descripción		Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Variación en las dimensiones	Largo	%	± 1
	Ancho	%	± 2
	Altura	%	± 3
Alabeo	Cóncavo	mm	< 2
	Convexo	mm	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		10 min y 20 max
Absorción	%		< 20
Área de Huecos	%		< 30
Densidad	Kg/m ³		1800.00
Eflorescencia	.....		No presenta
Clase	.....		Tipo V

PROPIEDADES MECÁNICAS			
Descripción		Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Resistencia a compresión axial	Kg /cm2	311.20	> 180 Kg/cm2
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm2	....	....

Nota:
Los datos fueron obtenidos de la ficha técnica de ladrillos Lark, King Kong 30% vacio. Actualizado a febrero del 2019

Fuente: Elaboración propia

- e. Especificaciones técnicas de las unidades de arcilla fabricado por “ladrillos Pirámide” denominado King Kong 18 huecos. (Ver tabla 140).

Tabla 140. Especificaciones técnicas de unidades de arcilla King Kong 18 huecos – Marca Pirámide

CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Denominación :	King Kong 18 Huecos			
Uso :	Construcción de Muros Portantes			
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura	
	23.0	12.5	9.0	
Peso :	2.7	kg		
Unidades (m ²) :	39	und		
Costo :	0.65	Nuevos Soles		
PROPIEDADES FÍSICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Variación en las dimensiones	Largo	%	2.0	± 2
	Ancho	%	3.0	± 3
	Altura	%	3.0	± 4
Alabeo	Cóncavo	mm	< 4	< 2
	Convexo	mm	< 4	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		---	10 min y 20 max
Absorción	%		22.00	< 20
Área de Huecos	%		47.00	< 30
Eflorescencia	.....		No presenta	
Clase	.....		Tipo IV	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Resistencia a compresión axial	Kg /cm ²		130.00	> 130 Kg/cm²
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm ²		....	....
<p>Nota:</p> <p>Los datos fueron obtenidos de la ficha técnica de ladrillos Piramide, King Kong 18 huecos al 01 de marzo del 2017</p>				

Fuente: Elaboración propia

Las especificaciones técnicas para unidades de albañilería realizados con materia prima de arcilla y concreto usados en construcción de muros no portantes se listan a continuación:

- a. Especificaciones técnicas de las unidades de concreto con 40 % de poliestireno expandido. (Ver tabla 141).

Tabla 141. Especificaciones técnicas de unidades de concreto R 0.8 – EPS 40

CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Denominación :	R 0.8 - EPS 40			
Uso :	Construcción de Tabiquería			
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura	
	23.0	13.0	9.5	
Peso :	3.5	kg		
Unidades (m ²) :	37	und		
Costo :	0.50	Nuevos Soles		
PROPIEDADES FÍSICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Variación en las dimensiones	Largo	%	-0.10	± 2
	Ancho	%	-1.14	± 3
	Altura	%	-0.71	± 4
Alabeo	Cóncavo	mm	0.15	< 2
	Convexo	mm	0.98	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		10.05	10 min y 20 max
Absorción	%		10.26	< 12
Área de Huecos	%		25.83	< 30
Densidad	Kg/m ³		1590.91	-
Eflorescencia	.....		No presenta	
Clase	.....		No clasifica a Muro Portante	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Resistencia a compresión axial	Kg /cm2		31.24	> 50 Kg/cm2
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm2		28.64	....

Fuente: Elaboración propia

- b. Especificaciones técnicas de las unidades de arcilla fabricado por “ladrillos Lark” denominado Tubular para tabiquería. (Ver tabla 142).

Tabla 142. Especificaciones técnicas de unidades de arcilla Tubular – Marca Lark

CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Denominación :	Ladrillo Tubular			
Uso :	Construcción de Tabiquería			
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura	
	24.0	15.0	12.0	
Peso :	2.7	kg		
Unidades (m ²) :	32	und		
Costo :	0.65	Nuevos Soles		
PROPIEDADES FÍSICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Variación en las dimensiones	Largo	%	2.0	± 2
	Ancho	%	2.0	± 3
	Altura	%	2.0	± 4
Alabeo	Cóncavo	mm	1	< 2
	Convexo	mm	1	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		....	10 min y 20 max
Absorción	%		12.10	< 20
Área de Huecos	%		....	< 30
Eflorescencia	.....		No presenta	
Clase	.....		No clasifica a Muro Portante	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Resistencia a compresión axial	Kg /cm2		43.70	> 50 Kg/cm2
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm2		....	....
Nota:				
Los datos fueron obtenidos de la ficha técnica de ladrillos Lark, Pandereta Tubular . Actualizado a febrero del 2019.				

Fuente: Elaboración propia

- c. Especificaciones técnicas de las unidades de arcilla fabricado por “ladrillos Lark” denominado Pandereta Acanalada. (Ver tabla 143).

Tabla 143. Especificaciones técnicas de unidades de arcilla Pandereta acanalada – Marca Lark

CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Denominación :	Pandereta Acanalada			
Uso :	Construcción de Tabiquería			
Dimensiones (cm) :	Largo	Ancho	Altura	
	23.0	10.5	9.0	
Peso :	1.9	kg		
Unidades (m ²) :	43	und		
Costo :	0.55	Nuevos Soles		
PROPIEDADES FÍSICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Variación en las dimensiones	Largo	%	2.0	± 2
	Ancho	%	2.0	± 3
	Altura	%	2.0	± 4
Alabeo	Cóncavo	mm	1	< 2
	Convexo	mm	1	< 2
Succión	gr/(200 cm ² -min)		....	10 min y 20 max
Absorción	%		13.00	< 20
Área de Huecos	%		....	< 30
Eflorescencia	.....		No presenta	
Clase	.....		No clasifica a Muro Portante	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Descripción			Unidad de concreto Ensayada	Según NTP 399.613 y 399.604
Resistencia a compresión axial	Kg /cm2		39.80	> 50 Kg/cm2
Resistencia Compresión axial de Pila	Kg /cm2		....	....
Nota:				
Los datos fueron obtenidos de la ficha técnica de ladrillos Lark, Pandereta Acanalada.				
Actualizado a febrero del 2019.				

Fuente: Elaboración propia

Existe una gran variedad de unidades de albañilería expuestos en el mercado, fabricados en su mayoría con materia de prima de arcilla y concreto, las que se mencionan en esta investigación son solo algunas de las empresas más reconocidas

en el país. En las tablas 144 y 145 muestras cuadros comparativos de las unidades destinadas al uso de muros portantes producidas en Lima y Huancayo.

Tabla N° 144: Características estructurales de unidades de albañilería usados en muros portantes.

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	VARIACIÓN DIMENS. (%)	ALABEO (mm)	RESIST. A COMP. AXIAL (Kg/cm ²)	CLASIFICACIÓN
RO.6-EPS20	0.78	0.65	77.77	TIPO II
UNICON	1.18	1.00	138.99	TIPO III
ARTESANAL PALIAN	1.88	0.83	40.67	NO CLASIF.
KING KONG 30% - LARK	1.00	1.00	311.20	TIPO V
K K 18 HUECOS - PIRAMIDE	3.00	2.00	130.00	TIPO IV

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 145: Otras características de unidades de albañilería usados en muros portantes.

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	SUCCIÓN (gr/200 cm ² -min)	ABSORCIÓN (%)	AREA DE VACIOS (%)	ASENTADO EN SOGA (UND/M2)	COSTOS	PESO (Kg)
RO.6-EPS20	10.21	6.88	26.61	SÓLIDA	S/. 0.60	4.20
UNICON	55.40	6.00	25.00	SÓLIDA	S/. 0.89	4.50
ARTESANAL PALIAN	.....	22.18	0.00	SÓLIDA	S/. 0.50	3.27
KING KONG 30% - LARK	.....	13.20	30.00	SÓLIDA	S/. 0.97	3.80
K K 18 HUECOS - PIRAMIDE	.....	22.00	47.00	HUECA	S/. 0.65	2.70

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el cuadro de resumen de unidades destinadas al uso de muros portantes, las unidades de concreto con poliestireno expandido contienen propiedades físicas igual de competitivas que el resto de las unidades existentes en el mercado local. Partiendo con tener variaciones en las dimensiones y alabeo menores que el mínimo indicado en la Norma E 070, resultó tener una resistencia de 77.77 kg/cm² superior a los ladrillos artesanales la cual contiene una resistencia de 40.67 kg/cm², contiene un peso de 4.20 kg, inferior al peso de las unidades de concreto de Unicon. Utilizando la recomendación dada en la norma E 070, los ladrillos podrán ser usados en la construcción de viviendas de hasta 2 pisos.

En las tablas 146 y 147 muestras cuadros comparativos de las unidades destinadas al uso de muros no portantes producidas en Lima y Huancayo.

Tabla N° 146: Características estructurales de unidades de albañilería usados en muros no portantes.

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	VARIACIÓN DIMENS. (%)	ALABEO (mm)	RESIST. A COMP. AXIAL (Kg/cm ²)	CLASIFICACIÓN
RO.8-EPS40	1.14	0.98	31.24	NO CLASIF.
TUBULAR - LARK	2.00	1.00	43.70	NO CLASIF.
PANDERETA ACANALADA	2.00	1.00	39.80	NO CLASIF.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 147: Otras características de unidades de albañilería usados en muros no portantes.

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	SUCCIÓN (gr/200 cm ² -min)	ABSORCIÓN (%)	AREA DE VACIOS (%)		ASENTADO EN SOGA (UND/M2)	COSTOS	PESO (Kg)
RO.8-EPS40	10.05	10.26	26.61	SÓLIDA	37.00	S/. 0.50	3.50
TUBULAR - LARK	.....	12.10	....	TUBULAR	32.00	S/. 0.65	2.70
PANDERETA ACANALADA	.....	13.00	....	TUBULAR	43.00	S/. 0.55	1.90

Fuente: Elaboración propia

Las unidades destinadas al uso de tabiquería o construcción de muros no portantes, contienen resistencias inferiores a 50 kg/cm² siendo lógico ya que no necesita mucha resistencia solo el de soportar su propio peso, el ing. Héctor Gallegos estableció que la resistencia a compresión mínima en las unidades de concreto es 25.48 kg/cm² (17), la resistencia de las unidades con concreto con EPS es 31.24 kg/cm², superando al mínimo establecido, por otro lado la variación en las dimensiones, alabeo, succión, etc. son menores a las mínimas dadas en la norma E 070.

Las unidades de concreto destinadas al uso de muros de tabiquería resultaron ser sólidas, si se considera aprovechar estructuralmente su rigidez, se debe evitar el volcamiento del muro con técnicas constructivas adecuadas.

El poliestireno expandido redujo la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería, sin embargo, el beneficio que se obtendrá con el uso de estas unidades de concreto con poliestireno expandido serán las propiedades térmicas y acústicas, ya que el poliestireno expandido en conjunto con mezcla de concreto llegan a poseer una conductividad térmica de 0.40 W/m°K (24) y los muros de arcilla poseen hasta 0.77 W/m°K (25) siendo óptimos para zonas o regiones donde los climas sean extremos, proporcionando ambientes cómodos.

4.5 APLICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONCRETO CON EPS

La construcción de muros de albañilería con las unidades de concreto con poliestireno expandido se realiza en forma convencional con el empleo de herramientas y métodos conocidos (ver figura 105), con respecto a la mano de obra se requiere que tenga conocimiento técnico en construcción de albañilería confinada.



Figura 105. Construcción de muro de albañilería con unidades de concreto con EPS
Fuente: Imagen propia

a) Tratamiento de las unidades antes de su asentado

Las unidades de albañilería de concreto con poliestireno expandido deben estar libres de materiales extraños como residuos de tierra y polvo, no requiere de algún tratamiento adicional, deben ser asentadas en seco ya que posee una succión de 10.22 gr/(200cm²—min), su resultado está comprendido entre 10 y 20 gr/(200cm²—min) valor que sugiere la norma E 070. A diferencia de los ladrillos de arcilla que debe ser regado antes de asentarlos con la finalidad de reducir la succión del agua del mortero, pues se debe lograr una adherencia completa entre mortero – unidad (ver figura 106).



Figura 106. Asentado en seco de las unidades de concreto con EPS
Fuente: Imagen propia

b) Adherencia mortero – unidad de concreto

El mortero sirve como adhesivo para la unión entre unidades de albañilería, está elaborado con cemento, arena y agua, con o sin cal; a pesar de tener los mismos materiales del concreto tienen diferentes funciones, el concreto actúa como material estructural y busca obtener la mejor resistencia. A diferencia del mortero la cual debe cumplir con ser un adhesivo duradero en el tiempo.

Una propiedad esencial del mortero en estado plástico es su temple, debe tener una consistencia y retentividad, esta última muchas veces se logra con una proporción adecuada de cal. Para la construcción con unidades de concreto con poliestireno expandido es recomendable usar cal en proporciones dadas en la norma técnica, teniendo en cuenta que un uso excesivo tiende a reducir su valor de adhesión ver figura 107.



Figura 107. Preparación del mortero con cal
Fuente: Imagen propia

c) Asentado de unidades

Se debe garantizar un correcto proceso constructivo en obras de albañilería, muchas fallas estructurales se dieron por errores durante la construcción ver figura 108.

Las unidades de concreto con poliestireno expandido no resultan ser un obstáculo durante la construcción de muros ya que tienen propiedades similares al resto de unidades de albañilería existentes en el mercado local, que a pesar de tener un mayor peso y usar cal en el mortero no causó molestia en la mano de obra.

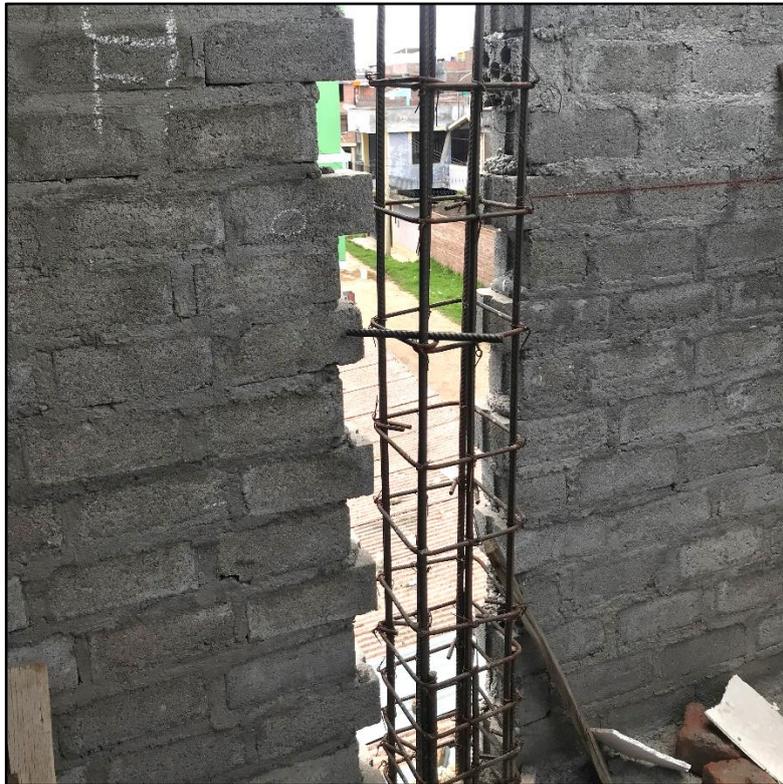


Figura 108. Dentadura entre albañilería y columna
Fuente: Imagen propia

d) Defectos

Las unidades de concreto con poliestireno expandido están siendo utilizadas en construcción de muros de tabiquería para separación de ambientes y parapetos generando impacto positivo. La respuesta en durabilidad y resistencia frente a efectos climatológicos ocurridos en la ciudad de Huancayo es estable ya que no se observó desgaste en los muros de albañilería en un periodo de 6 meses, sin embargo, en los muros observados in situ (Figura 109) presentaron errores de construcción, teniendo un espesor en las juntas del mortero superior a los 1.5 cm, lo correcto en la construcción de muros de albañilería se visualiza en la figura 110.

Realizando ensayos de durabilidad frente a climas cálidos ocurridos en la región de la Selva y climas de fríos extremos a gran altura de la región de la Sierra, con estas unidades se implantaría una alternativa de ambientes temperados.



Figura 109. Juntas de mortero de 2 a 2.5 cm
Fuente: Imagen propia



Figura 110. Correcto asentado de unidades de concreto, con juntas menores a 1.5 cm
Fuente: Imagen propia

CONCLUSIONES

En base al desarrollo de la investigación y haber interpretado los ensayos realizados se concluye lo siguiente:

- ❖ El uso de perlas de poliestireno expandido en una mezcla de concreto reacciona de manera estable y afecta favorablemente a las propiedades físicas como variación de las dimensiones de la unidad de concreto, alabeo, succión, absorción y densidad, sin embargo, sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión fueron limitadas y reducidas.
- ❖ La consistencia del concreto con poliestireno expandido pasó de tener mezcla de consistencia seca a mezcla plástica y fluida. Inicialmente resultó tener un asentamiento de 1" y se incrementó desde 2 1/2" hasta 7 1/2". Por lo tanto, se debe reducir la cantidad de agua del concreto de 20 a 25 %, como indica en el ítem 3.5.
- ❖ La adición del poliestireno expandido ocasiona una disminución en el peso unitario del concreto, ya que las pruebas patrón de concreto convencional se encuentran en un rango de 2265.44 kg/m³ a 2279.57 kg/m³, y según se adicionó poliestireno expandido el peso unitario del concreto redujo desde un 16.61 % hasta un 52.07 %, llegando a obtener concreto ligero con un peso unitario de 1087.34 kg/m³. En la producción de las unidades de concreto este efecto es favorable ya que disminuiría el peso de las unidades y de manera directa también disminuirá el peso de la albañilería, favoreciendo a la construcción y diseño de estructuras de edificación.
- ❖ La adición de Poliestireno expandido en el concreto, provocó una reducción de la resistencia a la compresión para todas las dosificaciones planteadas, con la adición de un 20 %, 40% y 60 % de Poliestireno expandido, la resistencia a la compresión disminuyó en un 23.21, 39.38 y 54.21% respectivamente.
- ❖ Se determinó dos dosificaciones adecuadas para la fabricación de ladrillos de concreto las cuales son; 1) Dosificación R 0.6 - EPS 20 (tipo A), debido a que se obtuvo una mayor resistencia a la compresión de 104.10 Kg/cm² y un peso unitario del concreto de 1900.99 kg/m³ por ser menor al peso del concreto convencional, 2) como segunda alternativa la dosificación R 0.8 – EPS 40 (tipo B), debido a que su peso unitario del concreto es de 1434.48 kg/m³ que lo clasifica como concreto de peso ligero y por ser un diseño de mezcla económico ya que usara mínimo contenido de cemento.

- ❖ Tanto para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A) y R 0.8 – EPS 40 (B), la variación en sus dimensiones no supera a 1.14 % y el alabeo resultó ser menor a 0.98 mm, clasificando hasta este punto como ladrillos tipo V.
- ❖ Los ladrillos de concreto con 20 % de poliestireno expandido (tipo A) llegaron a tener una resistencia característica a la compresión de 72.68 kg/cm², con este resultado las unidades de concreto estructuralmente clasificaron como ladrillos tipo II. Destinando su uso en la construcción de muros portantes.
- ❖ Los ladrillos de concreto con 40 % de poliestireno expandido (tipo B) llegaron a tener una resistencia característica a la compresión de 27.17 kg/cm², puesto a que no clasificaron como unidades estructurales, su uso se direcciona a la construcción de muros no portantes como en tabiquería y parapetos.
- ❖ La succión de los ladrillos para la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A) y R 0.8 – EPS 40 (B), es 10.22 y 10.05 gr/(200cm²-min) respectivamente, la cual está comprendida entre 10 y 20 gr/(200cm²-min). Siendo valores ideales para asentar en seco a las unidades de concreto con poliestireno expandido.
- ❖ El porcentaje de absorción para las dosificaciones R 0.6 – EPS 20 (A) y R 0.8 – EPS 40 (B) es 6.88 y 10.26 % respectivamente, ambas dosificaciones tienen un porcentaje de absorción menor al 12 %, cumpliendo con lo indicado por la norma E 070 para unidades de concreto.
- ❖ El porcentaje de área de ranuras para las dosificaciones R 0.6 – EPS 20 (A) y R 0.8 – EPS 40 (B) es 26.61 y 25.83 % respectivamente, en ambas dosificaciones el porcentaje de vacíos respecto al área bruta es menor al 30 %, clasificando a estos ladrillos de concreto como unidades de albañilería sólidas o macizas.
- ❖ En la dosificación R 0.6 – EPS 20 (A) la resistencia de albañilería a compresión axial de las pilas (f'm) es 40.53 kg/cm². El resultado obtenido se usará en diseños estructurales de albañilería confinada.
- ❖ En la dosificación R 0.8 – EPS 40 (B) la resistencia de albañilería a compresión axial de las pilas (f'm) es 27.24 kg/cm². El resultado obtenido sigue siendo superior a resistencia de pilas de ladrillos artesanales y ladrillos pandereta.
- ❖ Después de haber comparado las unidades de albañilería existentes con las unidades de concreto con poliestireno expandido, estas tienen propiedades físicas y mecánicas competitivas y el costo es apropiado para la construcción de muros portantes y no portantes, las cuales se podrán usar con normalidad en la construcción de viviendas o edificaciones.

RECOMENDACIONES

- ❖ Debido a que la consistencia aumenta con el uso de poliestireno expandido y para fabricación de unidades de concreto se requiere mezclas de consistencia seca, se recomienda reducir la cantidad de agua en la mezcla de concreto desde un 20 a 25 por ciento para llegar al slump de 1”.
- ❖ Se recomienda que el slump mínimo sea de 1” ya que obtener una mezcla más seca hará que quede cemento sin hidratar, reduciendo su durabilidad y resistencia de las unidades de concreto.
- ❖ Al triturar por acción mecánica al Poliestireno expandido, se debe verificar que las perlas tengan un diámetro menor a 3 mm, una incorrecta trituración crea grumos de más de 5 mm de tamaño, lo que ocasionará grandes vacíos dentro de la mezcla, reduciendo su resistencia.
- ❖ El reemplazo del agregado fino por perlas de poliestireno expandido en el concreto, generó una reducción en el rendimiento de mezcla de 4 a 12 % con respecto a la capacidad de la prueba patrón. Por lo tanto, al proporcionar una mezcla de concreto con poliestireno expandido se deberá compensar el volumen reducido.
- ❖ Se recomienda el asentado en seco de las unidades de concreto con poliestireno expandido, ya que los valores obtenidos en los ensayos de succión y absorción están comprendidos en los límites establecidos por la norma E 070.
- ❖ Para el asentado de los nuevos ladrillos de concreto se recomienda el uso de cal hidratada tal como indica la norma técnica E 070.
- ❖ Para muros no portantes, se recomienda fabricar ladrillos utilizando la dosificación con Relación a/c = 0.8 con 60 por ciento de poliestireno expandido, con la finalidad de seguir reduciendo densidad y costos de producción, siempre verificando que las resistencias a compresión axial obtenidas sean mayores a los 25 kg/cm².
- ❖ Se recomienda el uso de estas unidades con poliestireno expandido en climas con temperatura de ambientes fríos y cálidos, en climas fríos no permite que el calor escape del interior de un ambiente y en zonas con climas cálidos, impedirá que el calor ingrese al interior de la habitación. Antes de utilizar estas unidades con poliestireno expandido a climas de extremo frío y humedad constante, se recomienda realizar ensayos de abrasión y durabilidad.
- ❖ Se recomienda el uso de los ladrillos de concreto con poliestireno expandido en zonas del Perú que carecen del material de arcilla, como regiones de la Selva.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

- ✚ Se puede realizar otras investigaciones en concreto utilizando EPS y aditivos plastificantes que permitan dar mayores resistencias a la compresión para poder aplicarlos en elementos estructurales de concreto ligero.
- ✚ Se puede conseguir resultados distintos si se realiza investigación con diferentes tipos de agregado y tratamientos adicionales para conseguir diferentes distribuciones granulométricas.
- ✚ Construir un muro de albañilería a escala con las unidades de concreto con EPS para luego realizar ensayo carga lateral cíclica y complementar con estudios de conductividad térmica y acústica.
- ✚ Se puede realizar investigaciones con el uso poliestireno extruido, plástico (Ladrillos PET), en la fabricación de ladrillos de concreto ya que sus propiedades son similares a las propiedades del poliestireno expandido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **AGUIRRE GASPAR, Dionisia Rosa.** *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la Región Central Junín.* Lima : s.n., 2003.
2. **INEI.** Instituto Nacional de Estadística e Informática. [En línea] 2015. <http://www.inei.gob.pe>.
3. **PERALTA MARTICORENA, Ayar Joaquín.** *Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la provincia de Huancayo.* Huancayo : s.n., 2016.
4. **NTP-334.009.** *Cementos. Cementos Portland. Requisitos.* Lima : Indecopi, 2013.
5. **NEVILLE, Adam.** *Tecnología del Concreto.* México : M. en A. Soledad Moliné Venanzi, 2013.
6. **PASQUEL CARBAJAL, Enrique.** *Tópicos de Tecnología del Concreto.* Lima : s.n., 1998.
7. **RIVVA LÓPEZ, Enrique.** *Naturaleza y Materiales del Concreto.* Lima : ACI Perú, 2000.
8. **NTP-339.088.** *Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.* Lima : Indecopi, 2014.
9. **NTP-400.011.** *Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (Concreto).* Lima : Indecopi, 2008.
10. **EZEQUIEL FREIRE, Rua.** Asociación Brasileña de Poliestireno Expandido. [En línea] <http://www.abrapex.com.br>.
11. **DOS SANTOS DIAS, Reginaldo.** *Estudio térmico y de materiales de un compuesto a base de yeso y EPS para construcción de casas populares.* Río Grande del Norte : Universidad Federal de Río Grande del Norte, 2008.
12. **ANAPE, Eco EPS, Formas Recicladas, CICLO PLAST.** *Reciclado de Envases y Embalajes de Poliestireno Expandido Usado.* Madrid, España : s.n.
13. **ANAPE, ECO y EPS.** *Propiedades Importantes del EPS.* 3.1, Madrid : s.n.
14. **COMITÉ, ACI 116.** *Terminología del cemento y el hormigón.*
15. **ARRIETA FREYRE, Enrique y PEÑAHERRERA DEZA, Javier.** *Fabricación de bloques de concreto con una meza vibradora.* Lima : Cismid, 2001.

16. **SAN BARTOLOME, Angel, QUIUN, Daniel y SILVA, Wilson.** *Diseño y construcción de estructuras sismoresistentes de albañilería.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.
17. **GALLEGOS, Hector y CASABONNE, Carlos.** *Albañilería estructural.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
18. **SAN BARTOLOMÉ, Ángel.** *Comentarios de la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
19. **SAN BARTOLOME, Angel.** *Construcciones de albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural-.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994.
20. **SALHUANA, Cesar.** Conozca la nueva planta de fabricación de ladrillos de Unicon. *Diario Gestión.* 2014.
21. **VÁSQUES BUSTAMENTE, Oscar.** *RNE E 070.* 2006.
22. **CCANTO MALLMA, Germán.** *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil. Ingeniería de transporte.* Perú : s.n., 2010.
23. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar.** *Metodología de la investigación.* México : McGraw-Hill / Interamericana, 2010.
24. **ARAPA CRUZ, Jigoro Eugenio.** *Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante.* Juliaca : Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez, 2016.
25. **RODRIGUEZ PEÑA, G., QUINTERO PEÑA, J. y GÓMEZ TOVAR, M.A.** *Determinación Experimental de la Conductividad Térmica Efectiva en Bloques Extinguidos de Arcilla Roja.* Cúcuta : Sci ELO, 2013.

ANEXOS

ANEXO A. ENSAYO DE MATERIALES

- Anexo A.1. Análisis granulométrico del agregado (muestra 1)
- Anexo A.2. Análisis granulométrico del agregado (muestra 2)
- Anexo A.3. Análisis granulométrico del agregado (muestra 3)
- Anexo A.4. Análisis granulométrico del agregado promedio
- Anexo A.5. Peso específico y absorción del agregado fino
- Anexo A.6. Peso unitario del agregado fino
- Anexo A.7. Contenido de humedad del agregado
- Anexo A.8. Peso unitario del poliestireno expandido

ANEXO B. DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO

Selección del volumen unitario de agua

- Anexo B.1. Diseño de mezcla para un $V = 185 \text{ lts/m}^3$
- Anexo B.2. Diseño de mezcla para un $V = 170 \text{ lts/m}^3$
- Anexo B.3. Diseño de mezcla para un $V = 160 \text{ lts/m}^3$

Diseños de mezcla para vaciado de probetas

- Anexo B.4. Diseño de mezcla para una $R \text{ a/c} = 0.6$
- Anexo B.5. Diseño de mezcla para una $R \text{ a/c} = 0.7$
- Anexo B.6. Diseño de mezcla para una $R \text{ a/c} = 0.8$

ANEXO C. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE PROBETAS

- Anexo C.1. Ensayo de consistencia
- Anexo C.2. Ensayo de peso unitario del concreto
- Anexo C.3. Resistencia a la compresión axial de las probetas
- Anexo C.4. Certificado de calibración de equipo

ANEXO D. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS

- Anexo D.1. Variación dimensional del ladrillo de concreto con EPS
- Anexo D.2. Alabeo de los ladrillos de concreto con EPS
- Anexo D.3. Resistencia a la compresión axial de la unidad
- Anexo D.4. Ensayo de succión y absorción de los ladrillos de concreto con EPS
- Anexo D.5. Ensayo de porcentaje de vacíos de los ladrillos de concreto con EPS

Anexo D.6. Resistencia característica a la compresión en pilas

ANEXO E. CERTIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Anexo E.1. Resistencia a la compresión de unidades

ANEXO F. PANEL FOTOGRÁFICO

Anexo F.1. Panel Fotográfico

ANEXO A

Ensayo de materiales

Anexo A.1

ENSAYO DE MATERIALES - AGREGADOS							
DATOS PERSONALES							
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO DE 11 HUECOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2017"						
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS						
DATOS DE LOS AGREGADOS							
ENSAYO :	Análisis Granométrico de Agregado Fino						
CANTERA :	Río Cunas						
LUGAR :	Pilcomayo - Junín						
MUESTRA :	Agregado Fino						
FECHA :	17/04/2018						
DATOS DE LA MUESTRA							
	TIPO DE AGREGADO :	Agregado Fino			TMN :		
	PESO DE MUESTRA SECA + TARA :	1064 gr			PERFIL :	Redondeado	
	PESO DE MUESTRA SECA :	1000 gr			USO :	Fabricación de ladrillo	
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límites (Norma)	
3/8	9.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	67	6.71	6.71	93.29	95	100
Nº8	2.360	54	5.41	12.11	87.89	80	100
Nº16	1.180	57	5.71	17.82	82.18	50	85
Nº30	0.600	111	11.11	28.93	71.07	25	60
Nº50	0.300	464	46.45	75.38	24.62	5	30
Nº 100	0.149	223	22.32	97.70	2.30	0	10
Nº <100	0.149	23	2.30	100.00			
TOTAL :		999 gr					
MODULO DE FINEZA :		2.39					
<p>Curva Granulométrica - M 01</p> <p style="text-align: center;"> ● Arena ● L1 ● L2 </p>							
Observaciones :							

Anexo A.2

ENSAYO DE MATERIALES - AGREGADOS							
DATOS PERSONALES							
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO DE 11 HUECOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2017"						
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS						
DATOS DE LOS AGREGADOS							
ENSAYO :	Análisis Granométrico de Agregado Fino						
CANtera :	Río Cunas						
LUGAR :	Pilcomayo - Junín						
MUESTRA :	Agregado Fino						
FECHA :	17/04/2018						
DATOS DE LA MUESTRA							
	TIPO DE AGREGADO :	Agregado Fino	TMN :				
	PESO DE MUESTRA SECA + TARA :	1064 gr	PERFIL :	Redondeado			
	PESO DE MUESTRA SECA :	1000 gr	USO :	Fabricación de ladrillo			
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límites (Norma)	
3/8	9.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	90	9.00	9.00	91.00	95	100
Nº8	2.360	44	4.40	13.40	86.60	80	100
Nº16	1.180	58	5.80	19.20	80.80	50	85
Nº30	0.600	122	12.20	31.40	68.60	25	60
Nº50	0.300	489	48.90	80.30	19.70	5	30
Nº 100	0.149	176	17.60	97.90	2.10	0	10
Nº <100	0.149	21	2.10	100.00			
TOTAL :		1000 gr					
MODULO DE FINEZA :		2.51					
<p>Curva Granulométrica - M 02</p>							
<p>Observaciones :</p>							

Anexo A.3

ENSAYO DE MATERIALES - AGREGADOS							
DATOS PERSONALES							
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO DE 11 HUECOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2017"						
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS						
DATOS DE LOS AGREGADOS							
ENSAYO :	Análisis Granulométrico de Agregado Fino						
CANtera :	Río Cunas						
LUGAR :	Pilcomayo - Junín						
MUESTRA :	Agregado Fino						
FECHA :	17/04/2018						
DATOS DE LA MUESTRA							
TIPO DE AGREGADO :		Agregado Fino			TMN :		
PESO DE MUESTRA SECA + TARA :		1064 gr			PERFIL :	Redondeado	
PESO DE MUESTRA SECA :		1000 gr			USO :	Fabricación de ladrillo	
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límites (Norma)	
3/8	9.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	93	9.30	9.30	90.70	95	100
Nº8	2.360	54	5.40	14.70	85.30	80	100
Nº16	1.180	58	5.80	20.50	79.50	50	85
Nº30	0.600	120	12.00	32.50	67.50	25	60
Nº50	0.300	478	47.80	80.30	19.70	5	30
Nº 100	0.149	176	17.60	97.90	2.10	0	10
Nº <100	0.149	21	2.10	100.00			
TOTAL :		1000 gr					
MODULO DE FINEZA :		2.55					
Curva Granulométrica - M 03							
Observaciones :							

Anexo A.4

ENSAYO DE MATERIALES - AGREGADOS							
DATOS PERSONALES							
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO DE 11 HUECOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2017"						
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS						
DATOS DE LOS AGREGADOS							
ENSAYO :	Análisis Granulométrico de Agregado Fino						
CANTERA :	Río Cunas						
LUGAR :	Pilcomayo - Junín						
MUESTRA :	Agregado Fino						
FECHA :	17/04/2018						
DATOS DE LA MUESTRA							
	TIPO DE AGREGADO :	Agregado Fino			TMN :		
	PESO DE MUESTRA SECA + TARA :	1064 gr			PERFIL :	Redondeado	
	PESO DE MUESTRA SECA :	1000 gr			USO :	Fabricación de ladrillo	
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido (gr)	% Peso Ret. Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límites (Norma)	
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.750	83.33	8.34	8.34	91.66	95	100
Nº8	2.360	50.67	5.07	13.40	86.60	80	100
Nº16	1.180	57.67	5.77	19.17	80.83	50	85
Nº30	0.600	117.67	11.77	30.94	69.06	25	60
Nº50	0.300	477.00	47.72	78.66	21.34	5	30
Nº 100	0.149	191.67	19.17	97.83	2.17	0	10
Nº <100	0.149	21.67	2.17	100.00			
TOTAL :		1000	gr				
MODULO DE FINEZA :		2.48					
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Curva Granulométrica - Promedio</p> <p style="text-align: center; margin: 5px 0 0 0;"> ● Arena ● L1 ● L2 </p> </div>							
Observaciones :							

Anexo A.5

ENSAYO DE MATERIALES - AGREGADOS																			
DATOS PERSONALES																			
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO DE 11 HUECOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2017"																		
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS																		
DATOS DE LOS AGREGADOS																			
ENSAYO :	Peso Especifico y Absorción																		
CANTERA :	Río Cunas																		
LUGAR :	Pilcomayo - Junín																		
MUESTRA :	Agregado Fino																		
FECHA :	17/04/2018																		
DATOS DE LA MUESTRA																			
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	UND															
Peso de muestra saturado superficialmente seca + Tara :	585	587	587	gr															
Peso de muestra secada al horno + Tara :	576	578	578	gr															
Peso de Tara :	85	87	87	gr															
Peso de muestra saturado superficialmente seca :	500	500	500	gr															
Peso de muestra secada al horno :	491	491.2	490.9	gr															
Volumen Desplazado :	190	192	193	cm3															
RESULTADOS																			
DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3	UND															
Peso especifico de la muestra (Pem):	2.58	2.56	2.54	gr/cm3															
Peso especifico de muestra saturada con superficie seca (PeSSS):	2.63	2.60	2.59	gr/cm3															
Peso especifico aparente (Pea):	2.71	2.68	2.67	gr/cm3															
Porcentaje de absorcion (Ab):	1.83	1.79	1.85	gr/cm3															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">DESCRIPCION</th> <th style="text-align: center;">Promedio</th> <th style="text-align: center;">und</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso especifico de la masa (Pem):</td> <td style="text-align: center;">2.56</td> <td style="text-align: center;">gr/cc</td> </tr> <tr> <td>Peso especifico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS):</td> <td style="text-align: center;">2.61</td> <td style="text-align: center;">gr/cc</td> </tr> <tr> <td>Peso especifico aparente (Pea):</td> <td style="text-align: center;">2.69</td> <td style="text-align: center;">gr/cc</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de absorcion (Ab):</td> <td style="text-align: center;">1.83</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table>					DESCRIPCION	Promedio	und	Peso especifico de la masa (Pem):	2.56	gr/cc	Peso especifico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS):	2.61	gr/cc	Peso especifico aparente (Pea):	2.69	gr/cc	Porcentaje de absorcion (Ab):	1.83	%
DESCRIPCION	Promedio	und																	
Peso especifico de la masa (Pem):	2.56	gr/cc																	
Peso especifico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS):	2.61	gr/cc																	
Peso especifico aparente (Pea):	2.69	gr/cc																	
Porcentaje de absorcion (Ab):	1.83	%																	

Anexo A.6

ENSAYO DE MATERIALES - AGREGADOS				
DATOS PERSONALES				
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO DE 11 HUECOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2017"			
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS			
DATOS DE LOS AGREGADOS				
ENSAYO :	Peso Unitario de Concreto			
CANTERA :	Río Cunas			
LUGAR :	Pilcomayo - Junín			
MUESTRA :	Agregado Fino			
FECHA :	17/04/2018			
DATOS DE LA MUESTRA - PESO UNITARIO SUELTO				
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	M-4
Peso de la muestra suelta + Recipiente (kg)	6.537	6.512	6.521	6.523
Peso de Recipiente (kg)	2.125	2.125	2.125	2.125
Peso de la muestra suelta (kg)	4.412	4.387	4.396	4.398
Volumen (m3)	0.00283168	0.00283168	0.00283168	0.00283168
Peso unitario suelto (kg/m3)	1558.09	1549.25698	1552.4353	1553.1416
PROMEDIO :	1553.23 Kg/m3			
DATOS DE LA MUESTRA - PESO UNITARIO COMPACTADO				
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	M-4
Peso de la muestra Compac. + Recipiente (kg)	6.93	6.95	6.91	6.93
Peso de Recipiente (kg)	2.125	2.13	2.13	2.13
Peso de la muestra Compactada (kg)	4.81	4.83	4.79	4.81
Volumen (m3)	0.00283168	0.00283168	0.00283168	0.00283168
Peso unitario Compactado (kg/m3)	1697.23	1704.99491	1691.22217	1697.79071
PROMEDIO :	1697.81 Kg/m3			
Peso unitario suelto (PUS) :	1553.23	Kg/m3		
Peso unitario Compactado (PUC) :	1697.81	Kg/m3		

Anexo A.7

ENSAYO DE MATERIALES - AGREGADOS			
DATOS PERSONALES			
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE		
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS		
DATOS DE LOS AGREGADOS			
ENSAYO :	Contenido de Humedad		
CANTERA :	Río Cunas		
LUGAR :	Pilcomayo - Junín		
MUESTRA :	Agregado Fino		
FECHA :	17/04/2018		
DATOS DE LA MUESTRA			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) :	1087	1085	1087
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA (gr) :	1073	1069	1072
PESO DE TARA (gr) :	87	85	87
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr) :	1000	1000	1000
PESO DE MUESTRA SECA (gr) :	986	984	985
PESO DE AGUA (gr) :	14	16	15
CONTENIDO DE HUMEDAD % :	1.40%	1.60%	1.50%
PROMEDIO (%) :	1.50%		

Anexo A.8

ENSAYO DE MATERIALES - EPS			
DATOS PERSONALES			
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO DE 11 HUECOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2017"		
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS		
DATOS DE LOS AGREGADOS			
ENSAYO :	Peso Unitario de Poliestireno Expandido		
CANtera :	Río Cunas		
LUGAR :	Pilcomayo - Junín		
MUESTRA :	Agregado Fino		
FECHA :	17/04/2018		
DATOS DE LA MUESTRA - PESO UNITARIO SUELTO			
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra suelta + Recipiente (kg)	2.148	2.15	2.149
Peso de Recipiente (kg)	2.125	2.125	2.125
Peso de la muestra suelta (kg)	0.023	0.025	0.024
Volumen (m3)	0.00283168	0.00283168	0.00283168
Peso unitario suelto (kg/m3)	8.12	8.83	8.48
PROMEDIO :		8.48 Kg/m3	
DATOS DE LA MUESTRA - PESO UNITARIO COMPACTADO			
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra Compac. + Recipiente (kg)	2.153	2.157	2.155
Peso de Recipiente (kg)	2.125	2.125	2.125
Peso de la muestra Compactada (kg)	0.028	0.032	0.03
Volumen (m3)	0.00283168	0.00283168	0.00283168
Peso unitario Compactado (kg/m3)	9.89	11.30	10.59
PROMEDIO :		10.59 Kg/m3	
Peso unitario suelto (PUS) :	8.48	Kg/m3	
Peso unitario Compactado (PUC) :	10.59	Kg/m3	

ANEXO B
Diseño de mezcla

Anexo B.1

CANTIDAD DE AGUA OPTIMA - 185 lt/m ³						
DATOS PERSONALES						
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"					
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS					
DOSIFICACIÓN PARA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS						
<u>1. DATOS DE MATERIALES</u>						
	Descripción	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades
	Tamaño máximo nominal	N° 4				
	Modulo de Fineza	2.48				
	Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm ³
	Porcentaje de Absorción	1.83			1.0*	%
	Contenido de Humedad	1.5				%
	Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m ³
	Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m ³
<u>2. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO</u>						
Para la Fabricación de Unidades de Albañilería de Concreto se requiere						
Slump = 0" a 1"						
<u>3. SELECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA</u>						
Agua = 185 lt/m ³ Dato recopilado de tabla 10.2.2 del Ing. Enrique Rivva Lopez						
<u>4. CONTENIDO DE AIRE</u>						
Aire = 3.00%						
<u>5. RELACION A/C</u>						
	f'c	R a/c				
	200	0.7				
	245	a/c	a/c= 0.6			
	250	0.6				
<u>6. FACTOR CEMENTO</u>						
Factor Cemento = 308.33 kg/m ³ 7.25 bls						
<u>7. CALCULO DE VOLUMEN ABSOLUTO</u>						
	Descripcion	Cantidad	V=1.00m³			
	C	308.33	0.099	m ³		
	H2O	185.00	0.185	m ³		
	Aire	3.00%	0.030	m ³		
		Vol. Pasta	0.314	m³		
<u>8. VOLUMEN DEL AGREGADO</u>						
Vol. Abs. Agregado= 0.686 m³						

9. PESO SECO DEL Ag. fino

Peso seco del Ag. fino = **1756.61 kg/m³**

10. VOLUMEN PARA DISEÑO EN SECO

Descripción	V=1.00m ³	Und	V=1.00m ³	
C	308.33	kg/m ³	0.099	m ³
H ₂ O	185.00	kg/m ³	0.185	m ³
Ag. fino	1756.61	kg/m ³	0.686	m ³
Aire	3.00%	kg/m ³	0.030	m ³
		Vol. Absoluto :	1.000	m ³

11. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

		W%		
Ag. fino =	1757	1.5	1782.96	kg/m ³

12. HUMEDAD SUPERFICIAL

	W%	S%		
Ag. fino =	1.5	1.83	-0.33	%

13. APORTE DE HUMEDAD

Ag. fino =	1757	-0.33%	-5.80	lt
	Aporte de agua =		-5.80	lt

AGUA EFECTIVA = 185 5.80 191 lt

14. VOLUMEN PARA DISEÑO DINAMICO

Descripcion	V=1.00m ³	Und	V=1.00m ³	
C	308.33	kg/m ³	0.099	m ³
H ₂ O	190.80	kg/m ³	0.191	m ³
Ag. fino	1782.96	kg/m ³	0.696	m ³
Aire	3.00%	kg/m ³	0.030	m ³

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINAMICO	PROPORCION EN PESO	V= 0.012	UND
C	308.33	308.33	1	3.70	kg
H ₂ O	185.00	190.80	0.62	2.29	lt
Ag. fino	1756.61	1782.96	5.78	21.40	kg
Aire	3.0%	3.0%			

RESULTADO : **SLUMP 2 3/4"**

Anexo B.2

CANTIDAD DE AGUA OPTIMA - 170 lt/m ³						
DATOS PERSONALES						
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"					
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS					
DOSIFICACIÓN PARA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS						
<u>1. DATOS DE MATERIALES</u>						
	Descripción	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades
	Tamaño maximo nominal	<i>N° 4</i>				
	Modulo de Fineza	<i>2.48</i>				
	Peso Especifico	<i>2.56</i>	<i>1</i>	<i>3.12</i>	<i>0.013</i>	<i>gr/cm³</i>
	Porcentaje de Absorción	<i>1.83</i>			<i>1.0*</i>	<i>%</i>
	Contenido de Humedad	<i>1.5</i>				<i>%</i>
	Peso Unitario Seco Compactado	<i>1697.81</i>			<i>10.59</i>	<i>kg/m³</i>
	Peso Unitario Seco Suelto	<i>1553.26</i>			<i>8.48</i>	<i>kg/m³</i>
<u>2. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO</u>						
Para la Fabricacion de Unidades de Albañileria de Concreto						
Slump = 0" a 1"						
<u>3. SELECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA</u>						
Agua = 170 lt/m ³ Dato recopilado de tabla 10.2.2 del Ing. Enrique Riwa Lopez						
<u>4. CONTENIDO DE AIRE</u>						
Aire = 3.00%						
<u>5. RELACION A/C</u>						
	f'c	sin				
	200	0.7				
	245	a/c	a/c= 0.6			
	250	0.6				
<u>6. FACTOR CEMENTO</u>						
Factor Cemento = 283.33 kg/m ³ 6.67 bls						
<u>7. CALCULO DE VOLUMEN ABSOLUTO</u>						
	Descripcion	Cantidad	V=1.00m³			
	C	283.33	0.091	<i>m³</i>		
	H ₂ O	170.00	0.170	<i>m³</i>		
	Aire	3.00%	0.030	<i>m³</i>		
		Vol. Pasta	0.291	<i>m³</i>		
<u>8. VOLUMEN DEL AGREGADO</u>						
Vol. Abs. Agregado= 0.709 m ³						

9. PESO SECO DEL AG. FINO

Peso seco del Ag. fino = **1815.521 kg/m³**

10. VOLUMEN PARA DISEÑO EN SECO

Descripción	V=1.00m ³		V=1.00m ³	
C	283	kg/m ³	0.091	m ³
H ₂ O	170	kg/m ³	0.170	m ³
Ag. fino	1816	kg/m ³	0.709	m ³
Aire	3.0%	kg/m ³	0.030	m ³
		Vol. Absoluto :	1.000	m³

11. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

		W%		
Ag. fino =	1816	1.5	1842.75	Kg/m ³

12. HUMEDAD SUPERFICIAL

	W%	S%		
Ag. fino =	1.5	1.83	-0.33	%

13. APORTE DE HUMEDAD

Ag. fino =	1816	-0.33%	-5.99	lt
		Aporte de agua =	-5.99	lt

AGUA EFECTIVA = 170 5.99 176 lt

14. VOLUMEN PARA DISEÑO DINAMICO

Descripcion	V=1.00m ³	Und	V=1.00m ³	
C	283.33	kg/m ³	0.091	m ³
H ₂ O	175.99	kg/m ³	0.176	m ³
Ag. fino	1842.75	kg/m ³	0.720	m ³
Aire	3.0%	kg/m ³	0.030	m ³

	DISEÑO ESTATICO	DISEÑO DINAMICO	PROPORCION EN PESO	V= 0.012	UND
C	283.33	283.33	1	3.40	kg
H ₂ O	170.00	175.99	0.62	2.11	lt
Ag. fino	1815.52	1842.75	6.50	22.11	kg
Aire	3.00%	3.00%			

RESULTADO : **SLUMP 1"**

Anexo B.3

CANTIDAD DE AGUA OPTIMA - 160 lt/m³																																																						
DATOS PERSONALES																																																						
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"																																																					
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS																																																					
DOSIFICACIÓN PARA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS																																																						
<u>1. DATOS DE MATERIALES</u>																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Ag. fino</th> <th style="width: 10%;">Agua</th> <th style="width: 10%;">Cemento</th> <th style="width: 10%;">EPS</th> <th style="width: 10%;">Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño maximo nominal</td> <td>N° 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modulo de Fineza</td> <td>2.48</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td>2.56</td> <td>1</td> <td>3.12</td> <td>0.013</td> <td>gr/cm³</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Absorcion</td> <td>1.83</td> <td></td> <td></td> <td>1.0*</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td>1.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Compactado</td> <td>1697.81</td> <td></td> <td></td> <td>10.59</td> <td>kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Suelto</td> <td>1553.26</td> <td></td> <td></td> <td>8.48</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>							Descripción	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades	Tamaño maximo nominal	N° 4					Modulo de Fineza	2.48					Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm ³	Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%	Contenido de Humedad	1.5				%	Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m ³	Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m ³
Descripción	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades																																																	
Tamaño maximo nominal	N° 4																																																					
Modulo de Fineza	2.48																																																					
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm ³																																																	
Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%																																																	
Contenido de Humedad	1.5				%																																																	
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m ³																																																	
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m ³																																																	
<u>2. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO</u>																																																						
<p style="text-align: center;">Para la Fabricacion de Unidades de Albañileria de Concreto</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Slump = 0" a 1"</div>																																																						
<u>3. SELECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA</u>																																																						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Agua= 160 lt/m³</div>																																																						
<u>4. CONTENIDO DE AIRE</u>																																																						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Aire = 3.00%</div>																																																						
<u>5. RELACION A/C</u>																																																						
<table border="1" style="width: 50%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">f'c</th> <th style="width: 30%;">sin</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>245</td> <td>a/c</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-left: 100px; color: red; font-weight: bold;">a/c= 0.6</div>							f'c	sin	200	0.7	245	a/c	250	0.6																																								
f'c	sin																																																					
200	0.7																																																					
245	a/c																																																					
250	0.6																																																					
<u>6. FACTOR CEMENTO</u>																																																						
<p style="text-align: center;">Factor Cemento = 266.67 kg/m³ 6.27 BLS</p>																																																						
<u>7. CALCULO DE VOLUMEN ABSOLUTO</u>																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Descripcion</th> <th style="width: 20%;">Cantidad</th> <th style="width: 20%;">V=1.00m³</th> <th style="width: 40%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>266.67</td> <td>0.085</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>H2O</td> <td>160.00</td> <td>0.160</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>3.00%</td> <td>0.030</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Vol. Pasta</td> <td>0.275</td> <td>m³</td> </tr> </tbody> </table>							Descripcion	Cantidad	V=1.00m ³		C	266.67	0.085	m ³	H2O	160.00	0.160	m ³	Aire	3.00%	0.030	m ³		Vol. Pasta	0.275	m ³																												
Descripcion	Cantidad	V=1.00m ³																																																				
C	266.67	0.085	m ³																																																			
H2O	160.00	0.160	m ³																																																			
Aire	3.00%	0.030	m ³																																																			
	Vol. Pasta	0.275	m ³																																																			
<u>8. VOLUMEN DEL AGREGADO</u>																																																						
<p style="text-align: center;">Vol. Abs. Agregado= 0.725 m³</p>																																																						

9. PESO SECO DEL Ag. fino

Peso seco del Ag. fino = **1854.797 kg/m3**

10. VOLUMEN PARA DISEÑO EN SECO

Descripción	V=1.00m3		V=1.00m3	
C	266.67	kg/m3	0.085	m3
H2O	160.00	kg/m3	0.160	m3
Ag. fino	1854.80	kg/m3	0.725	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3
		Vol. Absoluto :	1.000	m3

11. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Ag. fino =	1855	W%	1.5	1882.62	Kg/m3
------------	------	----	-----	----------------	--------------

12. HUMEDAD SUPERFICIAL

Ag. fino =	1.5	W%	1.83	-0.33	%
------------	-----	----	------	--------------	----------

13. APORTE DE HUMEDAD

Ag. fino =	1855	-0.33%	-6.12	lt
		Aporte de agua =	-6.12	lt

AGUA EFECTIVA = 160 6.12 166 lt

14. VOLUMEN PARA DISEÑO DINAMICO

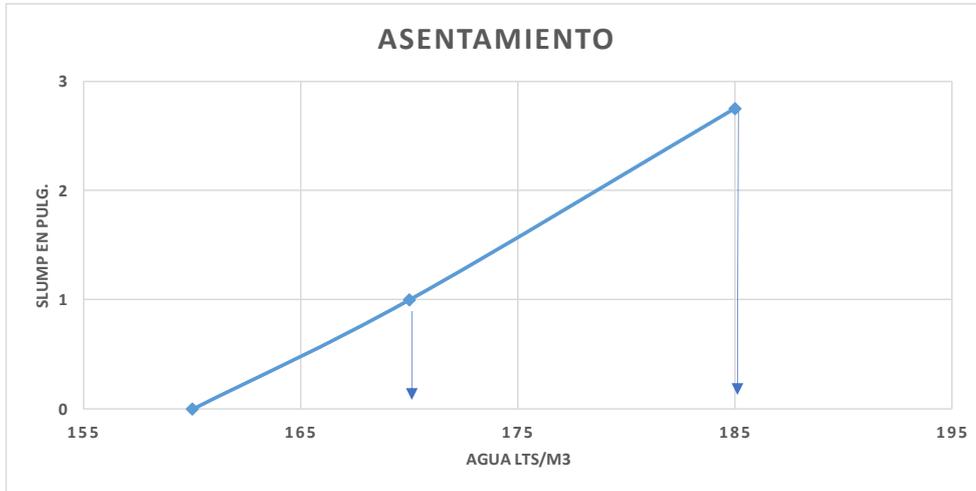
Descripcion	V=1.00m^3		V=1.00m3	
C	267	kg/m3	0.085	m3
H2O	166	kg/m3	0.166	m3
Ag. fino	1883	kg/m3	0.735	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3

	DISEÑO ESTATICO	DISEÑO DINAMICO	PROPORCION EN PESO	V= 0.012	UND
C	266.67	266.67	1	3.20	kg
H2O	160.00	166.12	0.62	1.99	lt
Ag. fino	1854.80	1882.62	7.06	22.59	kg
Aire	3.0%	3.0%			

RESULTADO : **SLUMP 0"**

GRAFICA DE ASENTAMIENTOS PARA LAS 3 PRUEBAS

ENSAYO	AGUA (LTS/M3)	SLUMP
N° 01	185	2.75
N° 02	170	1
N° 03	160	0



Anexo B.4

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.60 - (PROBETAS)																																																	
DATOS PERSONALES																																																	
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"																																																
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS																																																
DISEÑO DE UNIDADES DE CONCRETO CONVENSIONAL																																																	
1. DATOS DE MATERIALES																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Descripcion</th> <th style="text-align: center;">Ag. Fino</th> <th style="text-align: center;">Agua</th> <th style="text-align: center;">Cemento</th> <th style="text-align: center;">EPS</th> <th style="text-align: center;">Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño maximo nominal</td> <td style="text-align: center;">N° 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modulo de Fineza</td> <td style="text-align: center;">2.48</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td style="text-align: center;">2.56</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">3.12</td> <td style="text-align: center;">0.013</td> <td style="text-align: center;">gr/cm3</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Absorcion</td> <td style="text-align: center;">1.83</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.0*</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td style="text-align: center;">1.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Compactado</td> <td style="text-align: center;">1697.81</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">10.59</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Suelto</td> <td style="text-align: center;">1553.26</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">8.48</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">* Resultado despues de sumergirlo en agua durante 7 dias</p>	Descripcion	Ag. Fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades	Tamaño maximo nominal	N° 4					Modulo de Fineza	2.48					Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm3	Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%	Contenido de Humedad	1.5				%	Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m3	Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m3
Descripcion	Ag. Fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades																																												
Tamaño maximo nominal	N° 4																																																
Modulo de Fineza	2.48																																																
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm3																																												
Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%																																												
Contenido de Humedad	1.5				%																																												
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m3																																												
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m3																																												
2. SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO:																																																	
Para la Fabricacion de Unidades de Albañileria de Concreto																																																	
Slump = 0" a 1"																																																	
3. SELECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA																																																	
Agua= 170 lt/m3 (Comprobado experimentalmente)																																																	
4. CONTENIDO DE AIRE																																																	
Aire = 3.00%																																																	
5. RELACION A/C																																																	
Se considero una Relacion a/c de 0.60																																																	
R a/c = 0.6																																																	
6. FACTOR CEMENTO																																																	
Factor Cemento = 283.33 kg/m3 6.67 bolsas																																																	
7. CALCULO DE VOLUMEN ABSOLUTO																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">V=1.00m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">283.33</td> <td style="text-align: center;">0.091</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H2O</td> <td style="text-align: center;">170.00</td> <td style="text-align: center;">0.170</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Aire</td> <td style="text-align: center;">3.00%</td> <td style="text-align: center;">0.030</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Vol. Pasta</td> <td style="text-align: center;">0.291</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN		V=1.00m3		C	283.33	0.091	m3	H2O	170.00	0.170	m3	Aire	3.00%	0.030	m3		Vol. Pasta	0.291	m3																												
DESCRIPCIÓN		V=1.00m3																																															
C	283.33	0.091	m3																																														
H2O	170.00	0.170	m3																																														
Aire	3.00%	0.030	m3																																														
	Vol. Pasta	0.291	m3																																														
8. VOLUMEN DEL AGREGADO																																																	
Vol. Abs. Agregado= 0.709 m3																																																	
9. PESO SECO DE LA AG. FINO																																																	
Peso seco del Ag. fino = 1815.52 kg/m3																																																	

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.60 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TE SIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TE SISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

10. VOLUMEN PARA DISEÑO EN SECO

Descripción	V=1.00m3		V=1.00m3	
C	283.33	kg/m3	0.091	m3
H2O	170.00	kg/m3	0.170	m3
Ag. Fino	1815.52	kg/m3	0.709	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3
	Vol. Absoluto :		1.000	m3

11. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

		W%		
Ag. fino =	1816	1.5	1842.75	Kg/m3

12. HUMEDAD SUPERFICIAL

	W%	S%		
Ag. fino =	1.5	1.83	-0.33	%

13. APORTE DE HUMEDAD

Ag. fino =	1816	-0.33%	-5.99	lt
	Aporte de agua =		-5.99	lt

AGUA EFECTIVA = 170.00 5.99 **175.99** lt

14. VOLUMEN PARA DISEÑO DINAMICO

Descripcion	V=1.00m3	und	V=1.00m3	und
C	283.33	kg/m3	0.091	m3
H2O	175.99	kg/m3	0.176	m3
Ag. Fino	1842.75	kg/m3	0.720	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3

15. AJUSTE DE LAS PROPORCIONES

Descripcion	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades
Tamaño máximo nominal	3/8"				
Modulo de Fineza	2.48				
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm3
Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%
Contenido de Humedad	1				%
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m3
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m3

* Resultado despues de sumergirlo en agua durante 7 dias

Vol. Referencia : **0.01730** m3

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINAMICO	PROPORCION EN PESO	V= 0.017	
C	283.33	283.33	1	4.90	kg
H2O	170.00	175.99	0.62	3.04	lt
Ag. Fino	1815.52	1842.75	6.50	31.88	kg
Aire	3.0%	3.0%			

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.60 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

16. CORRECCION POR CAMBIO DE HUMEDAD

	Ag. fino
Contenido de Humedad (%)	1

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.017	UND
C	283.33	283.33	1	4.90	kg
H2O	170.00	185.07	0.65	3.20	lt
Ag. Fino	1815.52	1833.68	6.47	31.72	kg
Aire	3.0%	3.0%			

17. PROPORCIÓN EN PESO

Sin corregir por humedad

C	Ar	lt / m3
283.33	1815.52	170.00
283.33	283.33	6.67
1	6.41	** 25.50

** Cantidad dada en lts por bls

Corregido por humedad

C	Ar	lt / m3
283.33	1833.68	185.07
283.33	283.33	6.67
1	6.47	** 27.76

** Cantidad dada en lts por bls

17.1. PROPORCIÓN PARA 1 BLS EN PESO

C	1	42.5	42.50	kg/pie3
Ag. Fino	6.47	42.5	275.05	kg/pie3
H2O			27.76	lt/pie3

18. PESOS UNITARIOS HUMEDOS DEL AGREGADO

	PUS	w%		
Ag. Fino	1553.26	1	1568.79	kg/m3
EPS	8.48	0	8.48	kg/m3

De kg/m3 a kg/pie3 :	1568.79	0.02832	44.42	kg/pie3
----------------------	---------	---------	--------------	---------

18.1. DOSIFICACION EN VOLUMEN

C	Ar	lt / m3
42.50	275.05	185.069
42.50	44.423	6.667
1	6.19	** 27.76

** Cantidad dada en lts por bls

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.60 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TESIS : "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TESISTA : JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

DISEÑO DE MEZCLA CON ADICION DE EPS

PRIMERA DOSIFICACION CON 20 %EPS

EPS = 1.982 kg Peso Unitario = 8.48 Kg/m3
 Volumen de EPS = 0.2 m3 %VOL. = 20.00%
 Vol. de matriz de Agregado= 0.8

DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 20 % DE EPS						
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%		V= 0.0173	V= 0.0180	
C	283.33	283.33	kg/m3	4.90	5.10	Kg
H2O	185.07	185.07	lt/m3	3.20	3.33	lt
Ag. Fino	1833.68	1466.94	kg/m3	31.72	26.39	Kg
EPS		20.00	%		0.0042	m3
	2302.08	1.982	kg/m3		0.0357	kg-EPS
		1937.33	kg/m3			
Interpolacion:	1833.68 Kg/m3			1.169 m3 (Vsuelto)		
	366.74 Kg/m3			0.234 m3 (Vsuelto)		

SEGUNDA DOSIFICACION CON 40 %EPS

EPS = 3.965 kg Peso Unitario = 8.48 Kg/m3
 Volumen de EPS = 0.4 m3 %VOL. = 40.00%
 Vol. de matriz de Agregado= 0.6

DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 40 % DE EPS						
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%		V= 0.0173	V= 0.0187	
C	283.33	283.33	kg/m3	4.90	5.30	Kg
H2O	185.07	185.07	kg/m3	3.20	3.46	lt
Ag. Fino	1833.68	1100.21	kg/m3	31.72	20.58	Kg
EPS		40.00	%		0.0087	m3
	2302.08	3.965	kg/m3		0.07418	kg-EPS
		1572.57	kg/m3			
Interpolacion:	1833.68 Kg/m3			1.169 m3 (Vsuelto)		
	733.47 Kg/m3			0.468 m3 (Vsuelto)		

TERCERA DOSIFICACION CON 60 %EPS

EPS = 5.947 kg Peso Unitario = 8.48 Kg/m3
 Volumen de EPS = 0.6 m3 %VOL. = 60.00%
 Vol. de matriz de Agregado= 0.4

DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 60 % DE EPS						
	V = 1 m3	V=1m3 con 60%		V= 0.0173	V= 0.0195	
C	283.33	283.33	kg/m3	4.90	5.51	Kg
H2O	185.07	185.07	kg/m3	3.20	3.60	lt
Ag. Fino	1833.68	733.47	kg/m3	31.72	14.27	Kg
EPS		60.00	%		0.0136	m3
	2302.08	5.947	kg/m3		0.11572	kg-EPS
		1207.82	kg/m3			
Interpolacion:	1833.68 Kg/m3			1.169 m3 (Vsuelto)		
	1100.21 Kg/m3			0.701 m3 (Vsuelto)		

DISEÑO DE MEZCLA CON ADICION DE EPS

PRIMERA DOSIFICACION CON 20 %EPS

EPS = 1.982 kg PUS EPS = 8.48 Kg/m3
 Factor de EPS = 0.2 %VOL. = 20.00%
 Factor del Agregado= 0.8

DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.6 CON 20 % DE EPS						
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%		V= 0.0880	V= 0.0906	
C	283.33	283.33	kg/m3	24.93	25.68	Kg
H2O	185.07	185.07	lt/m3	16.29	16.77	lt
Ag. fino	1833.68	1466.94	kg/m3	161.37	132.97	Kg
EPS		20.00	%		0.0212	m3
	2302.08	1.982	kg/m3		0.17968	kg-EPS
		1937.33	kg/m3			
Interpolacion:	1833.68 Kg/m3			1.169 m3 (Vsuelto)		
	366.74 Kg/m3			0.234 m3 (Vsuelto)		

Anexo B.5

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.70 - (PROBETAS)																																																	
DATOS PERSONALES																																																	
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"																																																
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS																																																
DISEÑO DE UNIDADES DE CONCRETO CONVENSIONAL																																																	
1. DATOS DE MATERIALES																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Descripcion</th> <th style="text-align: center;">Ag. fino</th> <th style="text-align: center;">Agua</th> <th style="text-align: center;">Cemento</th> <th style="text-align: center;">EPS</th> <th style="text-align: center;">Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño maximo nominal</td> <td style="text-align: center;">N° 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modulo de Fineza</td> <td style="text-align: center;">2.48</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td style="text-align: center;">2.56</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">3.12</td> <td style="text-align: center;">0.013</td> <td style="text-align: center;">gr/cm3</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Absorcion</td> <td style="text-align: center;">1.83</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.0*</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td style="text-align: center;">1.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Compactado</td> <td style="text-align: center;">1697.81</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">10.59</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Suelto</td> <td style="text-align: center;">1553.26</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">8.48</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">* Resultado despues de sumergirlo en agua durante 7 dias</p>	Descripcion	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades	Tamaño maximo nominal	N° 4					Modulo de Fineza	2.48					Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm3	Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%	Contenido de Humedad	1.5				%	Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m3	Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m3
Descripcion	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades																																												
Tamaño maximo nominal	N° 4																																																
Modulo de Fineza	2.48																																																
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm3																																												
Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%																																												
Contenido de Humedad	1.5				%																																												
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m3																																												
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m3																																												
2. SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO:																																																	
Para la Fabricacion de Unidades de Albañileria de Concreto																																																	
Slump = 0" a 1"																																																	
3. SELECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA																																																	
Agua= 170 lt/m3 (Comprobado experimentalmente)																																																	
4. CONTENIDO DE AIRE																																																	
Aire = 3.00%																																																	
5. RELACION A/C																																																	
Se considero una Relacion a/c de 0.70																																																	
R a/c= 0.7																																																	
6. FACTOR CEMENTO																																																	
Factor Cemento = 242.86 kg/m3 5.71 bolsas																																																	
7. CALCULO DE VOLUMEN ABSOLUTO																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">V=1.00m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">242.86</td> <td style="text-align: center;">0.078</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H2O</td> <td style="text-align: center;">170.00</td> <td style="text-align: center;">0.170</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Aire</td> <td style="text-align: center;">3.00%</td> <td style="text-align: center;">0.030</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Vol. Pasta</td> <td style="text-align: center;">0.278</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN		V=1.00m3		C	242.86	0.078	m3	H2O	170.00	0.170	m3	Aire	3.00%	0.030	m3		Vol. Pasta	0.278	m3																												
DESCRIPCIÓN		V=1.00m3																																															
C	242.86	0.078	m3																																														
H2O	170.00	0.170	m3																																														
Aire	3.00%	0.030	m3																																														
	Vol. Pasta	0.278	m3																																														
8. VOLUMEN DEL AGREGADO																																																	
Vol. Abs. Agregado= 0.722 m3																																																	
9. PESO SECO DEL AG. FINO																																																	
Peso seco del Ag. fino = 1848.73 kg/m3																																																	

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.70 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TE S I S :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TE S I S T A :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

10. VOLUMEN PARA DISEÑO EN SECO

	V=1.00m3		V=1.00m3	
C	242.86	kg/m3	0.078	m3
H2O	170.00	kg/m3	0.170	m3
Ag. fino	1848.73	kg/m3	0.722	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3
Vol. Absoluto :			1.000	m3

11. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

		W%		
Ag. fino =	1849	1.5	1876.46	Kg/m3

12. HUMEDAD SUPERFICIAL

	W%	S%		
Ag. fino =	1.5	1.83	-0.33	%

13. APORTE DE HUMEDAD

Ag. fino =	1849	-0.33%	-6.10	lt
	Aporte de agua =		-6.10	lt

AGUA EFECTIVA = 170 6.10 **176** lt

14. VOLUMEN PARA DISEÑO DINAMICO

Descripcion	Proporcion	und	V=1.00m3	und
C	242.86	kg/m3	0.078	m3
H2O	176.10	kg/m3	0.176	m3
Ag. fino	1876.46	kg/m3	0.733	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3

15. AJUSTE DE LAS PROPORCIONES

Descripcion	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades
Tamaño máximo nominal	3/8"				
Modulo de Fineza	2.504				
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm3
Porcentaje de Absorción	1.83			1.0*	%
Contenido de Humedad	1				%
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m3
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m3

* Resultado despues de sumergirlo en agua durante 7 dias

Vol. Referencia : **0.01730** m3

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINAMICO	PROPORCION EN PESO	V= 0.017	
C	242.86	243	1	4.20	kg
H2O	170.00	176.10	0.73	3.05	lt
Ag. fino	1848.73	1876	7.73	32.46	kg
Aire	3.0%	3.0%			

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.70 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

16. CORRECCION POR CAMBIO DE HUMEDAD

	Ag. fino
Contenido de Humedad (%)	1

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.017	
C	242.86	242.86	1	4.20	kg
H2O	170.00	185.34	0.76	3.21	lt
Ag. fino	1848.73	1867.22	7.69	32.30	kg
Aire	3.0%	3.0%			

17. PROPORCIÓN EN PESO

Sin corregir por humedad

	C	Ar	lt / m3
	242.86	1848.73	170.00
	242.86	242.86	5.71
1	7.61	** 29.75	

** Cantidad dada en lts por bls

Corregido por humedad

	C	Ar	lt / m3
	242.86	1867.22	185.34
	242.86	242.86	5.71
1	7.69	** 32.44	

** Cantidad dada en lts por bls

17.1. PROPORCIÓN PARA 1 BLS EN PESO

	C	Ar	kg/pie3
	1	42.5	42.50
	7.69	42.5	326.76
H2O			32.44

18. PESOS UNITARIOS HUMEDOS DEL AGREGADO

	PUS	w%		
Ag. fino	1553.26	1	1568.79	kg/m3
EPS	8.48	0	8.48	kg/m3

De kg/m3 a kg/pie3 :

1568.79	0.02832	44.42
---------	---------	-------

 kg/pie3

18.1. DOSIFICACION EN VOLUMEN

	C	Ar	lt / m3
	42.50	326.76	185.344
	42.50	44.423	5.714
1	7.36	** 32.44	

** Cantidad dada en lts por bls

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.70 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

DISEÑO DE MEZCLA CON ADICION DE EPS

PRIMERA DOSIFICACION CON 20 %EPS

EPS =	2.019	kg	Peso Unitario =	8.48	Kg/m3
Volumen de EPS =	0.2	m3	%VOL. =	20.00%	
Vol. de matriz de Agregado=	0.8				

DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.7 CON 20 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%	V= 0.0173	V= 0.0180	
C	242.86	242.86	kg/m3	4.20	4.37 Kg
H2O	185.34	185.34	lt/m3	3.21	3.33 lt
Ag. fino	1867.22	1493.78	kg/m3	32.30	26.87 Kg
EPS		20.00	%		0.0043 m3
	2295.42	2.019	kg/m3		0.0363 kg-EPS
		1924.00	kg/m3		
Interpolacion:	1867.22 Kg/m3			1.190 m3 (Vsuelto)	
	373.44 Kg/m3			0.238 m3 (Vsuelto)	

SEGUNDA DOSIFICACION CON 40 %EPS

EPS =	4.037	kg	Peso Unitario =	8.48	Kg/m3
	0.4	m3	%VOL. =	40.00%	
	0.6				

DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.7 CON 40 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%	V= 0.0173	V= 0.0187	
C	242.86	242.86	kg/m3	4.20	4.54 Kg
H2O	185.34	185.34	kg/m3	3.21	3.47 lt
Ag. fino	1867.22	1120.33	kg/m3	32.30	20.96 Kg
EPS		0.40	%		0.0089 m3
	2295.42	4.037	kg/m3		0.07553 kg-EPS
		1552.57	kg/m3		
Interpolacion:	1867.22 Kg/m3			1.190 m3 (Vsuelto)	
	746.89 Kg/m3			0.476 m3 (Vsuelto)	

TERCERA DOSIFICACION CON 60 %EPS

EPS =	6.056	kg	Peso Unitario =	8.48	Kg/m3
	0.6	m3	%VOL. =	60.00%	
	0.4				

DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.7 CON 60 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 60%	V= 0.0173	V= 0.0195	
C	242.86	242.86	kg/m3	4.20	4.37 Kg
H2O	185.34	185.34	kg/m3	3.21	3.33 lt
Ag. fino	1867.22	746.89	kg/m3	32.30	13.44 Kg
EPS		0.60	%		0.0139 m3
	2295.42	6.056	kg/m3		0.11783 kg-EPS
		1181.15	kg/m3		
Interpolacion:	1867.22 Kg/m3			1.190 m3 (Vsuelto)	
	1120.33 Kg/m3			0.714 m3 (Vsuelto)	

Anexo B.6

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.80 - (PROBETAS)																																																	
DATOS PERSONALES																																																	
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"																																																
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS																																																
DISEÑO DE UNIDADES DE CONCRETO CONVENCIONAL																																																	
1. DATOS DE MATERIALES																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Ag. fino</th> <th>Agua</th> <th>Cemento</th> <th>EPS</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño máximo nominal</td> <td>N° 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modulo de Fineza</td> <td>2.48</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td>2.56</td> <td>1</td> <td>3.12</td> <td>0.013</td> <td>gr/cm³</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Absorción</td> <td>1.83</td> <td></td> <td></td> <td>1.0*</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td>1.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Compactado</td> <td>1697.81</td> <td></td> <td></td> <td>10.59</td> <td>kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco Suelto</td> <td>1553.26</td> <td></td> <td></td> <td>8.48</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">* Resultado despues de sumergirlo en agua durante 7 dias</p>	Descripcion	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades	Tamaño máximo nominal	N° 4					Modulo de Fineza	2.48					Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm ³	Porcentaje de Absorción	1.83			1.0*	%	Contenido de Humedad	1.5				%	Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m ³	Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m ³
Descripcion	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades																																												
Tamaño máximo nominal	N° 4																																																
Modulo de Fineza	2.48																																																
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm ³																																												
Porcentaje de Absorción	1.83			1.0*	%																																												
Contenido de Humedad	1.5				%																																												
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m ³																																												
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m ³																																												
2. SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO:																																																	
Para la Fabricacion de Unidades de Albañileria de Concreto																																																	
Slump = 0" a 1"																																																	
3. SELECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA																																																	
Agua= 170 lt/m ³ (Comprobado experimentalmente)																																																	
4. CONTENIDO DE AIRE																																																	
Aire = 3.00%																																																	
5. RELACION A/C																																																	
Se considero una relacion a/c de 0.80																																																	
a/c= 0.8																																																	
6. FACTOR CEMENTO																																																	
Factor Cemento = 212.50 kg/m ³ 5.00 bolsas																																																	
7. CALCULO DE VOLUMEN ABSOLUTO																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="2">V=1.00m³</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>212.50</td> <td>0.068</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>H₂O</td> <td>170.00</td> <td>0.170</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>3.00%</td> <td>0.030</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Vol. Pasta</td> <td>0.268</td> <td>m³</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	V=1.00m ³			C	212.50	0.068	m ³	H ₂ O	170.00	0.170	m ³	Aire	3.00%	0.030	m ³		Vol. Pasta	0.268	m ³																												
DESCRIPCIÓN	V=1.00m ³																																																
C	212.50	0.068	m ³																																														
H ₂ O	170.00	0.170	m ³																																														
Aire	3.00%	0.030	m ³																																														
	Vol. Pasta	0.268	m ³																																														
8. VOLUMEN DEL AGREGADO																																																	
Vol. Abs. Agregado= 0.732 m ³																																																	
9. PESO SECO DEL AG. FINO																																																	
Peso seco del Ag. fino = 1873.64 kg/m ³																																																	

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.80 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

10. VOLUMEN PARA DISEÑO EN SECO

	V=1.00m3		V=1.00m3	
C	212.50	kg/m3	0.068	m3
H2O	170.00	kg/m3	0.170	m3
Ag. fino	1873.64	kg/m3	0.732	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3
			1.000	m3

11. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

		W%		
Ag. fino =	1874	1.5	1901.75	Kg/m3

12. HUMEDAD SUPERFICIAL

	W%	S%		
Ag. fino =	1.5	1.83	-0.33	%

13. APORTE DE HUMEDAD

Ag. fino =	1874	-0.33%	-6.18	lt
			-6.18	lt

AGUA EFECTIVA = 170 6.18 176 lt

14. VOLUMEN PARA DISEÑO DINAMICO

Descripcion	Proporcion	und	V=1.00m3	und
C	212.50	kg/m3	0.068	m3
H2O	176.18	kg/m3	0.176	m3
Ag. fino	1901.75	kg/m3	0.743	m3
Aire	3.0%	kg/m3	0.030	m3

15. AJUSTE DE LAS PROPORCIONES

Descripcion	Ag. fino	Agua	Cemento	EPS	Unidades
Tamaño maximo nominal	3/8"				
Modulo de Fineza	2.504				
Peso Especifico	2.56	1	3.12	0.013	gr/cm3
Porcentaje de Absorcion	1.83			1.0*	%
Contenido de Humedad	1.5				%
Peso Unitario Seco Compactado	1697.81			10.59	kg/m3
Peso Unitario Seco Suelto	1553.26			8.48	kg/m3

* Resultado despues de sumergirlo en agua durante 7 dias

Vol. Referencia : **0.01730** m3

	DISEÑO ESTATICO	DISEÑO DINAMICO	PROPORCION EN PESO	V= 0.017	
C	212.50	212.50	1	3.68	kg
H2O	170.00	176.18	0.83	3.05	lt
Ag. fino	1873.64	1901.75	8.95	32.90	kg
Aire	3.0%	3.0%			

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.80 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

16. CORRECCION POR CAMBIO DE HUMEDAD

	Ag. fino
Contenido de Humedad (%)	0.5

	DISEÑO ESTÁTICO	DISEÑO DINÁMICO	PROPORCIÓN EN PESO	V= 0.017	
C	212.50	212.50	1	3.68	kg
H2O	170.00	194.92	0.92	3.37	lt
Ag. fino	1873.64	1883.01	8.86	32.57	kg
Aire	3.0%	3.0%			

17. PROPORCIÓN EN PESO

Sin corregir por humedad

C	Ar	lt / m3
212.50	1873.64	170.00
212.50	212.50	5.00
1	8.82	** 34.00

** Cantidad dada en lts por bls

Corregido por humedad

C	Ar	lt / m3
212.50	1883.01	194.92
212.50	212.50	5.00
1	8.86	** 38.98

** Cantidad dada en lts por bls

17.1. PROPORCIÓN PARA 1 BLS EN PESO

C	1	42.5	42.50	kg/pie3
Ag. fino	8.86	42.5	376.60	kg/pie3
H2O			38.98	lt/pie3

18. PESOS UNITARIOS HUMEDOS DEL AGREGADO

	PUS	w%		
Ag. fino	1553.26	0.5	1561.03	kg/m3
EPS	8.48	0	8.48	kg/m3

De kg/m3 a kg/pie3 :

1561.03	0.02832	44.20
---------	---------	--------------

 kg/pie3

21.1. DOSIFICACION EN VOLUMEN

C	Ar	lt / m3
42.50	376.60	194.919
42.50	44.203	5.000
1	8.52	** 38.98

** Cantidad dada en lts por bls

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.80 - (PROBETAS)

DATOS PERSONALES

TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS

DISEÑO DE MEZCLA CON ADICION DE EPS

PRIMERA DOSIFICACION CON 20 %EPS

EPS =	2.046	kg	Peso Unitario =	8.48	Kg/m3
Volumen de EPS =	0.2	m3	%VOL. =	20.00%	
Vol. de matriz de Agregado=	0.8				

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 20 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 20%		V= 0.0173	V= 0.0180	
C	212.50	212.50	kg/m3	3.68	3.82	Kg
H2O	194.92	194.92	lt/m3	3.37	3.51	lt
Ag. fino	1883.01	1506.41	kg/m3	32.57	27.10	Kg
EPS		20.00	%		0.0043	m3
		2.046	kg/m3		0.0368	kg-EPS
	2290.43	1915.87 kg/m3				
Interpolacion:	1883.01 Kg/m3			1.206 Vsuelto/m3		
	376.60 Kg/m3			0.241 Vsuelto/m3		

SEGUNDA DOSIFICACION CON 40 % EPS

EPS =	4.092	kg	Peso Unitario =	8.48	Kg/m3
Volumen de EPS =	0.4	m3	%VOL. =	40.00%	
Vol. de matriz de Agregado=	0.6				

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 40 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%		V= 0.0173	V= 0.0187	
C	212.50	212.50	kg/m3	3.68	3.98	Kg
H2O	194.92	194.92	kg/m3	3.37	3.65	lt
Ag. fino	1883.01	1129.81	kg/m3	32.57	21.14	Kg
EPS		0.40	%		0.0090	m3
		4.092	kg/m3		0.07655	kg-EPS
	2290.43	1541.32 kg/m3				
Interpolacion:	1883.01 Kg/m3			1.206 Vsuelto/m3		
	753.20 Kg/m3			0.483 Vsuelto/m3		

TERCERA DOSIFICACION CON 60 %EPS

EPS =	6.137	kg	Peso Unitario =	8.48	Kg/m3
	0.6	m3	%VOL. =	60.00%	
	0.4				

	DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 60 % DE EPS					
	V = 1 m3	V=1m3 con 60%		V= 0.0173	V= 0.0195	
C	212.50	212.50	kg/m3	3.68	4.13	Kg
H2O	194.92	194.92	kg/m3	3.37	3.79	lt
Ag. fino	1883.01	753.20	kg/m3	32.57	14.66	Kg
EPS		0.60	%		0.0141	m3
		6.137	kg/m3		0.11942	kg-EPS
	2290.43	1166.76 kg/m3				
Interpolacion:	1883.01 Kg/m3			1.206 Vsuelto/m3		
	1129.81 Kg/m3			0.724 Vsuelto/m3		

DISEÑO DE MEZCLA A/C = 0.80 - (UNIDADES DE LADRILLO)						
DATOS PERSONALES						
TE S I S :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"					
TE S I S T A :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS					
DISEÑO DE MEZCLA CON ADICION DE EPS						
SEGUNDA DOSIFICACION CON 40 %EPS						
EPS =	4.092	kg	PUS EPS =	8.48	Kg/m3	
Volumen de EPS =	0.4	m3	%VOL. =	40.00%		
Vol. de matriz de Agregado=	0.6					
DISEÑO DE MEZCLA: R A/C = 0.8 CON 40 % DE EPS						
	V = 1 m3	V=1m3 con 40%		V= 0.0880	V= 0.0934	
C	212.50	212.50	kg/m3	18.70	19.84	Kg
H2O	194.92	194.92	kg/m3	17.15	18.20	lt
Ag. fino	1883.01	1129.81	kg/m3	165.71	105.48	Kg
EPS		0.40	%		0.0450	m3
	2290.43	4.092	kg/m3		0.38200	kg-EPS
		1541.32	kg/m3			
Interpolacion:	1883.01 Kg/m3			1.206 m3 (Vsuelto)		
	753.20 Kg/m3			0.483 m3 (Vsuelto)		

ANEXO C

Propiedades físicas y mecánicas de las probetas

Anexo C.1

ENSAYO DE CONSISTENCIA DE CONCRETO																					
DATOS PERSONALES																					
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"																				
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS																				
1. DATOS DE MATERIALES																					
<p>Cemento : Portland Tipo I - Uso General.</p> <p>Agregado : Proveniente de la Cantera del Rio Cunas, Distrito: Pilcomayo.</p> <p>Agua : Proveniente de la red publica, suministrada por SEDAM HUANCAYO.</p> <p>EPS : Poliestireno Expandido Reciclado.</p>																					
1. NOMENCLATURA																					
N°	DESCRIPCION	NOMENCLATURA																			
1	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 SIN EPS	R 0.6-EPS 0																			
2	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 20 % DE EPS	R 0.6-EPS 20																			
3	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 40 % DE EPS	R 0.6-EPS 40																			
4	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 60 % DE EPS	R 0.6-EPS 60																			
5	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 SIN EPS	R 0.7-EPS 0																			
6	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 20 % DE EPS	R 0.7-EPS 20																			
7	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 40 % DE EPS	R 0.7-EPS 40																			
8	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 60 % DE EPS	R 0.7-EPS 60																			
9	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 SIN EPS	R 0.8-EPS 0																			
10	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 20 % DE EPS	R 0.8-EPS 20																			
11	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 40 % DE EPS	R 0.8-EPS 40																			
12	DISEÑO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 60 % DE EPS	R 0.8-EPS 60																			
2. RESULTADO DE ENSAYO DE CONSISTENCIA																					
N°	NOMENCLATURA	Agua Efectiva Its	Slump Pulg	Variación %	Descripción																
1	R 0.6-EPS 0	185.07	1"	-	Mezcla Seca																
2	R 0.6-EPS 20	185.07	2 1/2"	150%	Mezcla Plastica																
3	R 0.6-EPS 40	185.07	6 1/2"	550%	Mezcla Fluida																
4	R 0.6-EPS 60	185.07	7 1/2"	650%	Mezcla Fluida																
1	R 0.7-EPS 0	185.34	3/4"	-25%	Mezcla Seca																
2	R 0.7-EPS 20	185.34	3"	200%	Mezcla Plastica																
3	R 0.7-EPS 40	185.34	6 1/2"	550%	Mezcla Fluida																
4	R 0.7-EPS 60	185.34	7"	600%	Mezcla Fluida																
1	R 0.8-EPS 0	194.92	3/4"	-25%	Mezcla Seca																
2	R 0.8-EPS 20	194.92	2 1/2"	150%	Mezcla Plastica																
3	R 0.8-EPS 40	194.92	6"	500%	Mezcla Fluida																
4	R 0.8-EPS 60	194.92	7"	600%	Mezcla Fluida																
3. VARIACIÓN DEL ASENTAMIENTO																					
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>VARIACIÓN DEL ASENTAMIENTO</caption> <thead> <tr> <th>Relacion: Agua/cemento</th> <th>Sin EPS</th> <th>Con 20% de EPS</th> <th>Con 40% de EPS</th> <th>Con 60% de EPS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.6</td> <td>1</td> <td>2 1/2</td> <td>6 1/2</td> <td>7 1/2</td> </tr> <tr> <td>0.7</td> <td>3/4</td> <td>3</td> <td>6 1/2</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>3/4</td> <td>2 1/2</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>		Relacion: Agua/cemento	Sin EPS	Con 20% de EPS	Con 40% de EPS	Con 60% de EPS	0.6	1	2 1/2	6 1/2	7 1/2	0.7	3/4	3	6 1/2	7	0.8	3/4	2 1/2	6	7
Relacion: Agua/cemento	Sin EPS	Con 20% de EPS	Con 40% de EPS	Con 60% de EPS																	
0.6	1	2 1/2	6 1/2	7 1/2																	
0.7	3/4	3	6 1/2	7																	
0.8	3/4	2 1/2	6	7																	

Anexo C.2

ENSAYO DE CONSISTENCIA DE CONCRETO							
DATOS PERSONALES							
TESIS :	"EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"						
TESISTA :	JORDY SLEYTER LAPA RAMOS						
1. DATOS DE MATERIALES							
Cemento : Portland Tipo I - Uso General. Agregado : Proveniente de la Cantera del Rio Cunas, Distrito: Pilcomayo. Agua : Proveniente de la red publica, suministrada por SEDAM HUANCAYO. EPS : Poliestireno Expandido Reciclado.							
1. NOMENCLATURA							
N°	DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA					
1	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 SIN EPS	R 0.6-EPS 0					
2	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 20 % DE EPS	R 0.6-EPS 20					
3	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 40 % DE EPS	R 0.6-EPS 40					
4	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.6 CON 60 % DE EPS	R 0.6-EPS 60					
5	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 SIN EPS	R 0.7-EPS 0					
6	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 20 % DE EPS	R 0.7-EPS 20					
7	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 40 % DE EPS	R 0.7-EPS 40					
8	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.7 CON 60 % DE EPS	R 0.7-EPS 60					
9	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 SIN EPS	R 0.8-EPS 0					
10	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 20 % DE EPS	R 0.8-EPS 20					
11	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 40 % DE EPS	R 0.8-EPS 40					
12	DISENO DE MEZCLA PARA R a/c = 0.8 CON 60 % DE EPS	R 0.8-EPS 60					
2. RESULTADO DE ENSAYO DEL PESO UNITARIO							
NOMENCLATURA	Peso de Rec. mas mezcla	Peso de Mezcla (Kg)	Vol. Rec. (m3)	P. U. Real (Kg/m3)	P. U. Diseño	Rend. Relativo	Reducción %
R 0.6-EPS 0	8.579	6.455	0.00283168	2279.57	2255.43	1.01	-
R 0.6-EPS 20	7.507	5.383	0.00283168	1900.99	1919.98	0.99	16.61%
R 0.6-EPS 40	6.154	4.030	0.00283168	1423.18	1584.52	0.90	37.57%
R 0.6-EPS 60	5.317	3.193	0.00283168	1127.60	1249.06	0.90	50.53%
R 0.7-EPS 0	8.548	6.424	0.00283168	2268.62	2247.41	1.01	-
R 0.7-EPS 20	7.439	5.315	0.00283168	1876.98	1903.94	0.99	17.26%
R 0.7-EPS 40	6.113	3.989	0.00283168	1408.70	1560.48	0.90	37.90%
R 0.7-EPS 60	5.203	3.079	0.00283168	1087.34	1217.01	0.89	52.07%
R 0.8-EPS 0	8.539	6.415	0.00283168	2265.44	2241.38	1.01	-
R 0.8-EPS 20	7.432	5.308	0.00283168	1874.51	1891.92	0.99	17.26%
R 0.8-EPS 40	6.186	4.062	0.00283168	1434.48	1542.45	0.93	36.68%
R 0.8-EPS 60	5.247	3.123	0.00283168	1102.88	1192.98	0.92	51.32%
3. VARIACIÓN DEL PESO UNITARIO							

Ensayo de Peso Unitario

Relacion: Agua/cemento	Sin EPS	Con 20% de EPS	Con 40% de EPS	Con 60% de EPS
0.6	2279.57	1900.99	1423.18	1127.60
0.7	2268.62	1876.98	1408.70	1087.34
0.8	2265.44	1874.51	1434.48	1102.88

Anexo C.3



EMPRESA QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

EXPEDIENTE : 03-RJ01
FECHA DE EMISION : 09 DE ABRIL DEL 2018
ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.60	0%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.60	10/03/2018	17/03/2018	90.12	3.399	4"
	A/C = 0.60	10/03/2018	17/03/2018	92.63	3.398	4"
	A/C = 0.60	10/03/2018	17/03/2018	95.30	3.381	4"
14	A/C = 0.60	10/03/2018	24/03/2018	98.65	3.347	4"
	A/C = 0.60	10/03/2018	24/03/2018	91.80	3.373	4"
	A/C = 0.60	10/03/2018	24/03/2018	105.09	3.407	4"
28	A/C = 0.60	10/03/2018	07/04/2018	144.01	3.369	4"
	A/C = 0.60	10/03/2018	07/04/2018	119.71	3.306	4"
	A/C = 0.60	10/03/2018	07/04/2018	128.33	3.405	4"

CONCRETE & MATERIALS



ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".
 EXPEDIENTE : 03-RJ04
 FECHA DE EMISION : 09 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.60	20%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIÁMETRO
7	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	17/03/2018	76.89	3.079	4"
	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	17/03/2018	72.45	3.088	4"
	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	17/03/2018	74.74	3.103	4"
14	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	24/03/2018	104.41	3.135	4"
	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	24/03/2018	99.10	3.119	4"
	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	24/03/2018	107.90	3.146	4"
28	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	07/04/2018	110.18	3.098	4"
	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	07/04/2018	104.67	3.073	4"
	A/C = 0.60 + 20% EPS	10/03/2018	07/04/2018	97.45	3.080	4"



ING. Reymundo Gámirra Richard Hugo
CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".
EXPEDIENTE : 03-RJ07
FECHA DE EMISION : 09 DE ABRIL DEL 2018
ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.60	40%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	17/03/2018	38.39	2.631	4"
	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	17/03/2018	34.56	2.599	4"
	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	17/03/2018	44.83	2.628	4"
14	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	24/03/2018	72.50	2.660	4"
	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	24/03/2018	63.20	2.661	4"
	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	24/03/2018	79.58	2.655	4"
28	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	07/04/2018	86.23	2.693	4"
	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	07/04/2018	93.73	2.669	4"
	A/C = 0.60 + 40% EPS	10/03/2018	07/04/2018	75.01	2.684	4"




 MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".

EXPEDIENTE : 03-RJ10
 FECHA DE EMISION : 09 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.60	60%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	17/03/2018	24.16	2.215	4"
	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	17/03/2018	23.21	2.199	4"
	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	17/03/2018	27.37	2.190	4"
14	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	24/03/2018	53.63	2.165	4"
	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	24/03/2018	53.19	2.132	4"
	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	24/03/2018	57.49	2.201	4"
28	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	07/04/2018	58.69	2.228	4"
	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	07/04/2018	56.51	2.209	4"
	A/C = 0.60 + 60% EPS	10/03/2018	07/04/2018	57.55	2.184	4"



MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

EXPEDIENTE : 03-RJ02
 FECHA DE EMISION : 16 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.70	0%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.70	17/03/2018	24/03/2018	49.83	3.337	4"
	A/C = 0.70	17/03/2018	24/03/2018	53.32	3.333	4"
	A/C = 0.70	17/03/2018	24/03/2018	55.71	3.350	4"
14	A/C = 0.70	17/03/2018	31/03/2018	66.09	3.233	4"
	A/C = 0.70	17/03/2018	31/03/2018	79.46	3.294	4"
	A/C = 0.70	17/03/2018	31/03/2018	76.62	3.203	4"
28	A/C = 0.70	17/03/2018	14/04/2018	70.77	3.231	4"
	A/C = 0.70	17/03/2018	14/04/2018	74.67	3.262	4"
	A/C = 0.70	17/03/2018	14/04/2018	86.21	3.288	4"



MS ING. Reynaldo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".

EXPEDIENTE : 03-RJ05
 FECHA DE EMISION : 16 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.70	20%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	24/03/2018	53.88	3.137	4"
	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	24/03/2018	57.88	3.098	4"
	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	24/03/2018	65.84	3.137	4"
14	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	31/03/2018	62.38	2.997	4"
	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	31/03/2018	69.28	2.996	4"
	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	31/03/2018	70.02	3.041	4"
28	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	14/04/2018	88.99	3.124	4"
	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	14/04/2018	79.91	3.064	4"
	A/C = 0.70 + 20% EPS	17/03/2018	14/04/2018	84.47	3.101	4"



MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".

EXPEDIENTE : 03-RJ08
 FECHA DE EMISION : 16 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TITULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.70	40%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	24/03/2018	48.44	2.587	4"
	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	24/03/2018	49.00	2.570	4"
	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	24/03/2018	51.97	2.515	4"
14	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	31/03/2018	51.72	2.493	4"
	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	31/03/2018	52.60	2.508	4"
	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	31/03/2018	51.04	2.475	4"
28	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	14/04/2018	75.50	2.607	4"
	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	14/04/2018	69.55	2.573	4"
	A/C = 0.70 + 40% EPS	17/03/2018	14/04/2018	61.04	2.641	4"



ING. Reymundo Gamarra Richardo hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".
EXPEDIENTE : 03-RJ11
FECHA DE EMISION : 16 DE ABRIL DEL 2018
ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.70	60%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	24/03/2018	24.68	2.139	4"
	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	24/03/2018	28.16	2.180	4"
	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	24/03/2018	30.55	2.259	4"
14	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	31/03/2018	32.06	2.194	4"
	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	31/03/2018	36.19	2.067	4"
	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	31/03/2018	29.52	2.138	4"
28	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	14/04/2018	46.06	2.342	4"
	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	14/04/2018	45.29	2.258	4"
	A/C = 0.70 + 60% EPS	17/03/2018	14/04/2018	41.37	2.225	4"




 MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".

EXPEDIENTE : 03-RJ03
 FECHA DE EMISION : 23 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.80	0%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.80	24/03/2018	31/03/2018	39.05	3.279	4"
	A/C = 0.80	24/03/2018	31/03/2018	31.04	3.353	4"
	A/C = 0.80	24/03/2018	31/03/2018	40.40	3.370	4"
14	A/C = 0.80	24/03/2018	07/04/2018	49.84	3.257	4"
	A/C = 0.80	24/03/2018	07/04/2018	55.10	3.345	4"
	A/C = 0.80	24/03/2018	07/04/2018	50.44	3.419	4"
28	A/C = 0.80	24/03/2018	21/04/2018	63.68	3.280	4"
	A/C = 0.80	24/03/2018	21/04/2018	73.55	3.216	4"
	A/C = 0.80	24/03/2018	21/04/2018	70.94	3.249	4"



ING. Raymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pllcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".

EXPEDIENTE : 03-RJ06
 FECHA DE EMISION : 23 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.80	20%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	31/03/2018	28.07	3.035	4"
	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	31/03/2018	25.97	3.007	4"
	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	31/03/2018	25.42	3.008	4"
14	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	07/04/2018	26.69	2.969	4"
	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	07/04/2018	26.50	2.993	4"
	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	07/04/2018	25.27	2.994	4"
28	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	21/04/2018	49.13	3.003	4"
	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	21/04/2018	53.47	3.011	4"
	A/C = 0.80 + 20% EPS	24/03/2018	21/04/2018	61.59	2.964	4"



MS ING. Reynaldo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".

EXPEDIENTE : 03-RJ09
 FECHA DE EMISION : 23 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.80	40%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	31/03/2018	32.40	2.699	4"
	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	31/03/2018	31.90	2.682	4"
	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	31/03/2018	30.24	2.717	4"
14	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	07/04/2018	36.88	2.723	4"
	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	07/04/2018	40.80	2.782	4"
	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	07/04/2018	33.62	2.641	4"
28	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	21/04/2018	42.91	2.598	4"
	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	21/04/2018	46.20	2.687	4"
	A/C = 0.80 + 40% EPS	24/03/2018	21/04/2018	53.09	2.699	4"



MS ING. Reymundo Gamarrá Richard Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS

(NTP 339.034)

CLIENTE : BACH. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO".

EXPEDIENTE : 03-RJ12
 FECHA DE EMISION : 23 DE ABRIL DEL 2018
 ENSAYO : ROTURA DE PROBETAS DE 4"x8"

CÓDIGO: NTP 339.034 – 2013

TÍTULO: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

DESCRIPCIÓN	
RELACIÓN A/C	ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
0.80	60%

EDAD (días)	DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PESO (Kg)	DIAMETRO
7	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	31/03/2018	15.75	2.149	4"
	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	31/03/2018	15.95	2.211	4"
	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	31/03/2018	19.09	2.136	4"
14	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	07/04/2018	21.96	2.176	4"
	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	07/04/2018	27.09	2.128	4"
	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	07/04/2018	26.21	2.056	4"
28	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	21/04/2018	31.12	2.098	4"
	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	21/04/2018	37.57	2.163	4"
	A/C = 0.80 + 60% EPS	24/03/2018	21/04/2018	33.78	2.068	4"

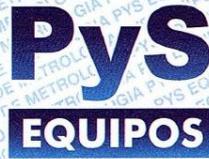


MS ING. Reymundo Gamarra Kichara Hugo
 CIP. 50201

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

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

Anexo C.4



LABORATORIO DE METROLOGIA

Página : 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1282 / 18

Certificate of calibration

Number:

INSTRUMENTO : PRENSA CONCRETO

Instrument

MARCA : PYS EQUIPOS

Manufacturer

MODELO : STYE 2000

Model

N DE SERIE INDICADOR : 160653

Serial Number

RANGO DE MEDICION : 0 – 100.000 kgf

Measurement range

SOLICITANTE : QA/QC CONSTRUCCION S.A.C

Customer

CLASE DE PRECISION : 1

Accuracy

FECHA DE CALIBRACION : 26 – 03 – 2018

Date of calibration

NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: (CUATRO)

Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.

This certificate is an accurate record of the results of measurements performed. This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing organization.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The result of this certificate refers to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages ensuing misuse of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriated intervals.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1282 / 18

Certificate of calibration

Number:

OBJETO DE PRUEBA : PRENSA DE CONCRETO
 TRABAJO REALIZADO : CALIBRACIÓN
 METODO UTILIZADO : COMPARACIÓN DIRECTA
 SITIO DE CALIBRACIÓN: LABORATORIO DEL CLIENTE

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:

La MAQUINA descrita **CUMPLE** con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma ASTM E74-13a y se procedió a aplicar valores de carga indicadas en la página 4. El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga de celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

Error de Exactitud	-2.06	%	Error de cero	0	%
Error de Repetibilidad	0.20	%	Error por accesorios	—	%
Error de Reversibilidad	—	%	Resolución	0,101	%

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional ISO 7500-1 la máquina de ensayos se encuentra clasificada

Escala 100.000 kgf Compresión Clase 1 Desde el 10% hasta el 100%

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1282 / 18

Certificate of calibration

Number:

TRAZABILIDAD:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA

Marca	PYS
Serie N°	91
Capacidad	200000 kg (nominal)

INDICADOR DIGITAL HIWEIGH

Modelo	315-X5
Serie N°	0332565

La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada por el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Expediente: INF-LE 001-18

UNIDADES EMPLEADAS

Sistema internacional de unidades

RECOMENDACIONES:

- 1- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized signatures.

Revisado por:
Jonathan Luicho E.
Dpto Metrologia

Calibrado por:
Amed Castillo E.
Dpto Metrologia

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.





LABORATORIO DE METROLOGIA

Página : 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1328 / 19

Certificate of calibration

Number:

INSTRUMENTO : **PRENSA CONCRETO**
Instrument

MARCA : **PYS EQUIPOS**
Manufacturer

MODELO : **STYE 2000**
Model

N DE SERIE INDICADOR : **160653**
Serial Number

RANGO DE MEDICION : **0 – 100.000 kgf**
Measurement range

SOLICITANTE : **QA/QC CONSTRUCCION S.A.C**
Customer

CLASE DE PRECISION : **1**
Accuracy

FECHA DE CALIBRACION : **26 – 04 – 2019**
Date of calibration

NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: (CUATRO)

Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas.No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.
This certificate it is an .accurated record of the results of measurements performed. This certificate may not be partially reproduced, except whitt the prior written permission of the issuing organization.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
The result of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages ensuing misuse of the calibrated instruments

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados
The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriated intervals

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
☎ Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1328 / 19

Certificate of calibration

Number:

OBJETO DE PRUEBA : PRENSA DE CONCRETO
 TRABAJO REALIZADO : CALIBRACIÓN
 METODO UTILIZADO : COMPARACIÓN DIRECTA
 SITIO DE CALIBRACIÓN: LABORATORIO DEL CLIENTE - HUANCAYO

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:

La MAQUINA descrita CUMPLE con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma ASTM E74-13a y se procedió a aplicar valores de carga indicadas en la página 4. El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga de celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.



CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

Error de Exactitud	-2,03	%	Error de cero	0	%
Error de Repetibilidad	0,29	%	Error por accesorios	---	%
Error de Reversibilidad	--	%	Resolución	0,100	%

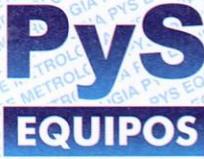
De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional ISO 7500-1 la máquina de ensayos se encuentra clasificada

Escala 100.000 kgf Compresión Clase 1 Desde el 10% hasta el 100%

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE METROLOGIA

Página : 3 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número: 1328 / 19

Certificate of calibration

Number:

TRAZABILIDAD:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA

Marca	PYS
Serie N°	91
Capacidad	200000 kg (nominal)

INDICADOR DIGITAL	HIWEIGH
Modelo	315-X5
Serie N°	0332565

La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada por el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Expediente: INF-LE 041-19

UNIDADES EMPLEADAS

Sistema internacional de unidades

RECOMENDACIONES:

- 1- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized signatures.

Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto Metrologia

Calibrado por:
Amed Castillo E.
Dpto Metrologia



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

ANEXO D

Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de concreto con EPS

Anexo D.1



EMPRESA QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

Pág. 1 de 5

ENSAYO : ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
 CLIENTE : Bach. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 EXPEDIENTE : 03 - VDJ - 012019
 FECHA DE EMISIÓN: 07/03/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo de Concreto de dosis R0.6 – EPS20; R0.8 – EPS40

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 399.613:2017.

3.0. RESULTADOS DE DOSIS R0.6 – EPS20: Fecha de ensayo el 05 de marzo del 2019.

MUESTRA	DIMENSIONES (mm)		
	LARGO	ANCHO	ALTO
	Lprom.	Aprom.	Hprom.
M - 1	230.1	130.8	94.0
M - 2	229.6	131.3	93.4
M - 3	229.7	130.9	92.5
M - 4	229.8	131.2	92.2
M - 5	229.7	131.2	95.2
M - 6	230.1	130.8	94.2
M - 7	229.9	131.0	95.7
M - 8	230.0	130.8	97.2
M - 9	230.3	131.0	95.8
M - 10	230.1	131.2	96.5
PROMEDIO	229.9	131.0	94.7

4.0. RESULTADOS DE LA DOSIS R0.8 – EPS40: Fecha de ensayo el 05 de marzo del 2019.

MUESTRA	DIMENSIONES (mm)		
	LARGO	ANCHO	ALTURA
	Lprom.	Aprom.	Hprom.
M - 1	230.40	131.65	97.03
M - 2	230.50	131.10	96.35
M - 3	230.70	131.28	95.88
M - 4	230.30	131.68	95.78
M - 5	230.15	131.75	93.93
M - 6	230.00	131.83	96.00
M - 7	230.25	131.85	94.55
M - 8	229.90	131.98	97.33
M - 9	230.18	130.98	94.15
M - 10	230.00	130.75	95.80
PROMEDIO	230.00	130.00	95.00



MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el documento de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaaqcexpress@gmail.com

Anexo D.2



EMPRESA QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

Pág. 2 de 5

ENSAYO : ENSAYO DE ALABEO EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
 CLIENTE : Bach. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 EXPEDIENTE : 03 - AJ - 012019
 FECHA DE EMISIÓN: 07/03/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo de Concreto, R0.6 – EPS20; R0.8 – EPS40

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 399.613:2017.

3.0. RESULTADOS DE DOSIS R0.6 – EPS20: Fecha de ensayo el 05 de marzo del 2019.

MUESTRA	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
M - 1	0	2	0	0
M - 2	0	0	0	0
M - 3	0	1	0	0
M - 4	0	3	0	0
M - 5	0	3	0	0
M - 6	1	0	0	0
M - 7	0	2	0	0
M - 8	0	1	0	0
M - 9	2	0	0	0
M - 10	0	1	0	0
PROMEDIO (ALABEO)	Cóncavo		0.15	mm
	Convexo		0.65	mm

4.0. RESULTADOS DE DOSIS R0.8 – EPS40: Fecha de ensayo el 05 de marzo del 2019.

MUESTRA	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
M - 1	0	4	0	0
M - 2	1	0	0	0
M - 3	2	0	0	0
M - 4	0	4	0	0
M - 5	0	2	0	0
M - 6	0	3	0	0
M - 7	0	2	0	0
M - 8	0	3	0	0
M - 9	0	0	0	0
M - 10	0	1.5	0	0
PROMEDIO (ALABEO)	Cóncavo		0.150	mm
	Convexo		0.975	mm



MST ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el documento de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

Anexo D.3



EMPRESA QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

Pág. 1 de 1

ENSAYO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
 CLIENTE : Bach. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 EXPEDIENTE : 03 – RCJ - 012019
 FECHA DE EMISIÓN: 23/02/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo de Concreto, R0.6 – EPS20; R0.8 – EPS40

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 399.613:2017.

3.0. RESULTADOS DE COMPRESIÓN SIMPLE R0.6 – EPS20: Fecha de ensayo el 21 de febrero del 2019.

Muestra	Largo Prom. (mm)	Ancho Prom. (mm)	Área (cm ²)	Carga (KN)	f'b (Kg/cm ²)
M - 1	229.75	130.70	299.00	230.55	78.63
M - 2	229.80	131.15	301.38	248.45	84.06
M - 3	229.75	130.75	300.40	217.72	73.90
M - 4	229.60	131.10	301.01	238.43	80.77
M - 5	229.55	131.00	300.71	210.85	71.50
f'b Promedio					77.77
σ					5.09
Coef. Variación (%)					6.54

4.0. RESULTADOS DE COMPRESIÓN SIMPLE R0.8 – EPS40: Fecha de ensayo el 21 de febrero del 2019.

Muestra	Largo prom. (mm)	Ancho prom. (mm)	Área (cm ²)	Carga (KN)	f'b (Kg/cm ²)
M - 1	230.45	131.10	302.12	86.51	29.20
M - 2	230.85	131.15	302.76	84.48	28.45
M - 3	230.25	131.55	302.89	113.69	38.27
M - 4	230.05	131.80	303.21	86.18	28.98
M - 5	230.00	132.05	303.72	93.25	31.31
f'b promedio					31.24
σ					4.08
Coef. Variación (%)					13.05



MS ING. *Richard Hugo*
 CIP. 50201

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el documento de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

Anexo D.4



EMPRESA QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

Pág. 3 de 5

ENSAYO : ENSAYO DE ABSORCIÓN DE 24 HORAS Y SUCCIÓN EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
 CLIENTE : Bach. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 EXPEDIENTE : 03 – ASJ - 012019
 FECHA DE EMISIÓN: 07/03/2019

- 1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo de Concreto, R0.6 – EPS20
 2.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 399.613:2017.
 3.0. RESULTADOS DE ABSORCIÓN: Fecha de ensayo el 06 de marzo del 2019.

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN
	SECO	SATURADO	%
M - 1	4150	4467	7.64
M - 2	4292	4580	6.71
M - 3	4233	4542	7.30
M - 4	4215	4486	6.43
M - 5	4216	4482	6.31
	PROMEDIO		6.88

- 4.0. RESULTADOS DE SUCCIÓN: Fecha de ensayo el 06 de marzo del 2019.

MUESTRA	LARGO	ANCHO	ÁREA	PESO (g)		SUCCIÓN
	mm	mm	cm ²	Seco	Succ.	g/(200 cm ² -min)
M - 1	230.1	130.8	300.97	4150	4165	9.97
M - 2	229.9	131.0	301.05	4292	4307	9.96
M - 3	230.0	130.8	300.77	4233	4249	10.64
M - 4	230.3	131.0	301.57	4215	4232	11.27
M - 5	230.1	131.2	301.95	4216	4230	9.27
	PROMEDIO					10.22



MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el documento de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqcexpress@gmail.com

ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

ENSAYO : ENSAYO DE ABSORCIÓN DE 24 HORAS Y SUCCIÓN EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
 CLIENTE : Bach. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 EXPEDIENTE : 03 – ASJ - 022019
 FECHA DE EMISIÓN: 07/03/2019

- 1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo de Concreto –R0.8 – EPS40
 2.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 399.613:2017.
 3.0. RESULTADOS DE ABSORCIÓN: Fecha de ensayo el 06 de marzo del 2019.

MUESTRA	PESO(g)		ABSORCIÓN
	SECO	SATURADO	%
M - 1	3371	3716	10.23
M - 2	3369	3718	10.36
M - 3	3485	3804	9.15
M - 4	3501	3891	11.14
M - 5	3551	3921	10.42
	PROMEDIO		10.26

- 4.0. RESULTADOS DE SUCCIÓN: Fecha de ensayo el 06 de marzo del 2019.

MUESTRA	LARGO	ANCHO	ÁREA	PESO (g)		SUCCIÓN
	mm	mm	cm2	Seco	Succ.	g/(200 cm2-min)
M - 1	230.0	131.8	303.20	3371	3387	10.55
M - 2	230.3	131.9	303.58	3369	3386	11.20
M - 3	229.9	132.0	303.41	3485	3501	10.55
M - 4	230.2	131.0	301.47	3501	3515	9.29
M - 5	230.0	130.8	300.73	3551	3564	8.65
	PROMEDIO					10.05



MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el documento de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

Anexo D.5



EMPRESA QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

Pág. 5 de 5

ENSAYO : ENSAYO DE % DE VACÍOS EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
 CLIENTE : Bach. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 EXPEDIENTE : 03 – PVJ - 012019
 FECHA DE EMISIÓN: 07/03/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo de Concreto, R0.6 – EPS20; R0.8 – EPS40

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 399.613:2017.

3.0. RESULTADOS DE PORCENTAJE DE VACÍOS, R0.6 – EPS20: Fecha de ensayo el 05 de marzo del 2019.

MUESTRA	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	ÁREA NETA (cm ²)	ÁREA DE VACÍOS (cm ²)	% DE VACÍOS
M - 1	230.1	130.8	300.97	221.55	79.42	26.39
M - 2	229.9	131.0	301.05	220.73	80.32	26.68
M - 3	230.0	130.8	300.77	219.30	81.47	27.09
M - 4	230.3	131.0	301.57	221.39	80.18	26.59
M - 5	230.1	131.2	301.95	222.57	79.37	26.29
Promedio						26.61

4.0. RESULTADOS DE PORCENTAJE DE VACÍOS, R0.8 – EPS40: Fecha de ensayo el 05 de marzo del 2019.

MUESTRA	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	ÁREA NETA (cm ²)	ÁREA DE VACÍOS (cm ²)	% DE VACÍOS
M - 1	230.0	131.8	303.20	225.14	78.05	25.74
M - 2	230.3	131.9	303.58	225.67	77.91	25.66
M - 3	229.9	132.0	303.41	225.03	78.38	25.83
M - 4	230.2	131.0	301.47	222.62	78.85	26.16
M - 5	230.0	130.8	300.73	223.28	77.44	25.75
PROMEDIO						25.83



MS ING. Reymundo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el documento de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

Anexo D.6



EMPRESA QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

Pág. 1 de 1

ENSAYO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA
 CLIENTE : Bach. LAPA RAMOS, JORDY SLEYTER
 PROYECTO : TESIS DE GRADO "EFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 EXPEDIENTE : 03 – RCJ - 022019
 FECHA DE EMISIÓN: 24/03/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo de Concreto, R0.6 – EPS20; R0.8 – EPS40

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 399.613:2017.

3.0. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS R0.6 – EPS20: Fecha de ensayo el 23 de marzo del 2019.

MUESTRA	PROMEDIO (cm)			ÁREA (cm ²)	ESBELTEZ (H/t)	FAC. CORRECCIÓN (FCE)	CARGA (KN)	f'm (kg/cm ²)
	H	L	t					
P - 1	31.08	22.97	13.12	301.19	2.37	0.782	169.9	44.98
P - 2	31.97	22.97	13.09	300.61	2.44	0.792	151.47	40.69
P - 3	31.45	22.99	13.10	301.10	2.40	0.786	159.39	42.43
f'm Promedio								42.70
σ								2.16
Coef. Variación (%)								5.05
f'm característica								40.54

4.0. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS R0.8 – EPS40: Fecha de ensayo el 23 de marzo del 2019.

MUESTRA	PROMEDIO (cm)			ÁREA (cm ²)	ESBELTEZ (H/t)	FAC. CORRECCIÓN (FCE)	CARGA (KN)	f'm (kg/cm ²)
	H	L	t					
P - 1	31.60	23.065	13.15	303.30475	2.4030	0.786	113.97	30.13
P - 2	31.83	23.09	13.17	304.0953	2.4169	0.795	106.71	28.45
P - 3	31.98	22.975	13.16	302.351	2.4297	0.793	102.31	27.35
f'm Promedio								28.64
σ								1.40
Coef. Variación (%)								4.90
f'm característica								27.24



MS ING. Reynaldo Gamarra Richard Hugo
 CIP. 50201

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el documento de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ANEXO E

Certificación de la resistencia a compresión de las unidades de concreto con EPS

Anexo E.1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

ABET
 Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del Laboratorio : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
Obra : JORDY SLEYTER LAPA RAMOS
Ubicación : LIMA
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 19-4785
Recibo N° : 68754
Fecha de emisión : 30/11/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados y proporcionados por el solicitante, con las siguientes características; EPS-R0.6EPS20(A) y EPS-R0.8EPS40(B).
2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, PROETI
 Certificado de calibración: CMC-067-2019
3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.
4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura = 21.3 °C H.R. = 69.5 %
5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo; 29 de Noviembre del 2019

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M 1 - 1: EPS-R0.6EPS20 (A)	23.6	13.3	9.2	313.9	22337	71.2
M 1 - 2: EPS-R0.6EPS20 (A)	23.8	13.2	9.1	314.2	23636	75.2
M 1 - 3: EPS-R0.6EPS20 (A)	23.5	13.3	9.2	312.6	25981	83.1
M 2 - 1: EPS-R0.8EPS40 (B)	23.8	13.3	9.2	316.5	8677	27.4
M 2 - 2: EPS-R0.8EPS40 (B)	23.7	13.5	9.3	320.0	7307	22.8
M 2 - 3: EPS-R0.8EPS40 (B)	23.7	13.5	9.2	320.0	9053	28.3

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
 Hecho po : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. R. V. M.


Msc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio



NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.


UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001


 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046


www.lem.uni.edu.pe

lem@uni.edu.pe

 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



ANEXO F
Panel fotográfico

Anexo F.1



Foto 1. Compra de agregado fino del río Cunas – Pilcomayo



Foto 2. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino



Foto 3. Perlas de poliestireno expandido triturado de 3mm de diámetro



Foto 4. Ensayo de peso unitario suelto del poliestireno expandido



Foto 5. Volumen unitario de agua con 170 lt/m³



Foto 6. Volumen unitario de agua con 185 lt/m³



Foto 7. Preparado de mezclas de concreto



Foto 8. Almacenaje de las probetas durante 24 horas, antes de iniciar con el curado



Foto 9. Curado de las probetas de concreto dentro de pozas de agua con cal



Foto 10. Probeta de concreto sometidos a resistencia de compresión axial



Foto 11. Fabricación de las unidades de concreto con EPS



Foto 12. Toma de medidas de las unidades de concreto recién fabricadas



Foto 13. Ensayo de variabilidad dimensional de la unidad de concreto



Foto 14. Ensayo de alabeo de la unidad de concreto



Foto 15. Capping de yeso-cemento sobre las unidades de concreto



Foto 16. Ensayo de resistencia a compresión axial de la unidad



Foto 17. Ensayo de succión



Foto 18. Ensayo de porcentaje de absorción



Foto 19. Pilas con unidades de concreto antes ser roturados



Foto 20. Ensayo de resistencia a compresión axial en pilas con unidades de concreto