



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO
COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES
FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO
PARA MUROS PORTANTES**

PRESENTADO POR

**JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO**

ASESOR

**JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2020



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO
COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS
PORTANTES**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

FELIX MESCUA, JUAN MIGUEL
SANCHEZ ALFARO, YELIXIA YOSSELIN

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios por permitirme gozar de buena salud y concederme a la mejor familia; y a mi familia Sanchez Alfaro, por apoyarme en la elaboración de esta tesis.

Yelixia Yosselin Sanchez Alfaro

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a Dios por otorgarme la vida; y a mis padres, que están en el cielo, por su amor incondicional; también, a mis hermanos y tíos, por su paciencia y apoyo sin límites. Estoy agradecido por ser parte importante de mi vida y partícipes directos del logro de mis objetivos.

Juan Miguel Felix Mescua

ÍNDICE

RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Situación problemática.....	1
1.2. Definición del problema	6
1.3. Formulación del problema.....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.5. Justificación e importancia de la investigación	8
1.6. Alcances y limitaciones.....	8
1.7. Viabilidad de la investigación	9
1.8. Impacto potencial.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes de la investigación.....	11
2.2. Marco legal	20
2.3. Bases teóricas	22
2.4. Marco Conceptual.....	51
2.5. Hipótesis.....	52
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	54
3.1. Diseño metodológico	54
3.2. Variables.....	55
3.3. Población y muestra	56
3.4. Técnicas e instrumento de procesamiento de datos	60
3.5. Técnicas de la investigación	61
3.6. Procedimiento de la investigación.....	61
CAPÍTULO 4: DESARROLLO	62
4.1. Recolección, limpieza y procesamiento del vidrio	62
4.2. Ensayos de los agregados.....	64
4.3. Diseño del ladrillo de concreto	82
4.4. Fabricación y ensayo a compresión a las unidades de ladrillos de concreto	88

4.5. Elaboración y ensayo a compresión de mortero en especímenes de cubos	100
4.6. Elaboración y ensayo a compresión axial de prismas y muretes	107
4.7. Ensayos a las propiedades físicas del ladrillo de concreto.....	128
CAPÍTULO 5: RESULTADOS.....	161
5.1. Absorción.....	161
5.2. Succión.....	163
5.3. Resistencia a la compresión simple (f'_{b}).....	165
5.4. Resistencia a la compresión axial en prisma (f'_{m})	167
5.5. Resistencia a la compresión diagonal en muretes (v'_{m})	169
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN.....	172
6.1. Contrastación de la hipótesis	172
6.2. Contrastación de los antecedentes	174
6.3. Discusiones	175
CONCLUSIONES	179
RECOMENDACIONES.....	181
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	182
ANEXOS	185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de vitrificantes	22
Tabla 2 Tipos de fundentes	23
Tabla 3 Tipos de estabilizantes.....	23
Tabla 4 Coloración de vidrio	24
Tabla 5 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	29
Tabla 6 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales-Flavio Abanto	30
Tabla 7 Requisitos de resistencia y absorción	34
Tabla 8 Factores de corrección esbeltez en prisma de albañilería.....	43
Tabla 9 Factor de incremento de prisma por edad.....	43
Tabla 10 Factor de incremento de murete por edad	44
Tabla 11 Tipos de morteros	46
Tabla 12 Tipos de cemento Portland	49
Tabla 13 Granulometría del confitillo	50
Tabla 14 Granulometría de la arena gruesa	50
Tabla 15 Variable independiente	55
Tabla 16 Variable dependiente	55
Tabla 17 Cantidad mínimo de la muestra de agregado grueso	65
Tabla 18 Análisis granulométrico agregado grueso – confitillo.....	67
Tabla 19 Análisis granulométrico agregado fino – arena gruesa.....	68
Tabla 20 Análisis granulométrico agregado fino – vidrio crudo molido	70
Tabla 21 Capacidad del recipiente de los agregados.....	71
Tabla 22 Determinación del peso unitario suelto	72
Tabla 23 Determinación del peso unitario compactado.....	74
Tabla 24 Cantidad mínima de agregado	75
Tabla 25 Determinación del contenido de humedad	76
Tabla 26 Cantidad mínima de la muestra de ensayo de los agregados	77
Tabla 27 Determinación del peso específico y absorción agregado fino	80
Tabla 28 Determinación del peso específico y absorción agregado grueso	82
Tabla 29 Características físicas de los agregados para el diseño.....	83
Tabla 30 Tres diseños de mezcla $f'c = 180 \text{ kg/cm}^3$	83

Tabla 31 Compresión axial a la unidad de albañilería a los 7 días.....	87
Tabla 32 Fabricación de ladrillos de concreto	88
Tabla 33 Diseño de ladrillos de concreto patrón	89
Tabla 34 Diseño de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido	92
Tabla 35 Diseño de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido	95
Tabla 36 Diseño de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido	98
Tabla 37 Dosificación para la elaboración de prisma y murete	102
Tabla 38 Resistencia a compresión de mortero para la elaboración de prismas y muretes.....	107
Tabla 39 Medición de la concavidad de ladrillo de concreto patrón	142
Tabla 40 Medición de la convexidad de ladrillo de concreto patrón	142
Tabla 41 Medición de la concavidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	143
Tabla 42 Medición de la convexidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	144
Tabla 43 Medición de la concavidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	145
Tabla 44 Medición de la convexidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	145
Tabla 45 Medición de la concavidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	146
Tabla 46 Medición de la convexidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	147
Tabla 47 Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto patrón	149
Tabla 48 Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	150
Tabla 49 Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	152
Tabla 50 Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	153
Tabla 51 Determinación del porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto patrón	155
Tabla 52 Determinación de porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	157

Tabla 53 Determinación de porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido.....	158
Tabla 54 Determinación de porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido.....	159
Tabla 55 Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto patrón	161
Tabla 56 Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	161
Tabla 57 Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido.....	162
Tabla 58 Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido.....	162
Tabla 59 Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto patrón ..	163
Tabla 60 Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	164
Tabla 61 Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido.....	164
Tabla 62 Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido.....	164
Tabla 63 Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto patrón.....	165
Tabla 64 Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	166
Tabla 65 Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	166
Tabla 66 Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	166
Tabla 67 Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto patrón.....	167
Tabla 68 Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	168
Tabla 69 Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	168

Tabla 70 Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	168
Tabla 71 Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto patrón.....	169
Tabla 72 Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	170
Tabla 73 Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto con 25% vidrio crudo molido	170
Tabla 74 Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gestión de desechos sólidos hasta 2050.....	2
Figura 2. Gráfico representativo de reciclaje.....	3
Figura 3. Composición de residuos en América Latina y el Caribe	4
Figura 4. Composición física de los residuos sólidos, en porcentajes.....	5
Figura 5. Consumo de ladrillo cerámico 2005 – 2018 (miles de toneladas) ...	6
Figura 6. Análisis comparativo f´c de la tesis de Juna & Sánchez.....	11
Figura 7. Análisis comparativo f´c de la tesis de Almeida y Trujillo	12
Figura 8. Análisis comparativo f´c de la tesis de Cano & Cruz	13
Figura 9. Análisis comparativo f´c de la tesis de Correa & Sarraff.....	14
Figura 10. Análisis comparativo f´c de la tesis de Peñafiel.....	15
Figura 11. Análisis comparativo f´b de la tesis de Aranda.....	16
Figura 12. Análisis comparativo de la tesis de Camacho	17
Figura 13. Análisis comparativo f´c de la tesis de Enrique & Shimabukuro ..	18
Figura 14. Análisis comparativo de la tesis de Chávez & Millones	19
Figura 15. Análisis comparativo f´c de la tesis de Walhoff	20
Figura 16. Proceso de elaboración de vidrio	27
Figura 17. Proceso de elaboración de botellas de vidrio	28
Figura 18. Albañilería simple	30
Figura 19. Albañilería confinada	31
Figura 20. El orificio está a más 19,1 mm del borde de ladrillo	32
Figura 21. Medición de alabeo al ladrillo elaborado	35
Figura 22. Medición de ladrillo elaborado	36
Figura 23. Ensayo de compresión del ladrillo elaborado.....	36
Figura 24. Llenar los alvéolos de arena	37
Figura 25. Ensayo de compresión del ladrillo.....	41
Figura 26. Medición del prisma	42
Figura 27. Elaboración de prisma	42
Figura 28. Modo de falla en prisma.....	42
Figura 29. Murete culminado	44
Figura 30. Refrentado en unidad de albañilería	46
Figura 31. Especímenes refrentados con yeso - cemento	47
Figura 32. Especímenes refrentados con Azufre – Bentonita	48

Figura 33. Fabricación de 67 ladrillos patrón	56
Figura 34. Elaboración de tres unidades prisma con ladrillo patrón	56
Figura 35. Elaboración de tres unidades de muretes con ladrillo patrón	57
Figura 36. Fabricación de 67 ladrillos con 10 % vidrio	57
Figura 37. Elaboración de tres unidades de prisma y murete con ladrillo 10 % vidrio.....	58
Figura 38. Fabricación de 67 ladrillos con 25 % vidrio	58
Figura 39. Elaboración de tres unidades muretes con ladrillo 25 % vidrio....	58
Figura 40. Elaboración de tres unidades prisma con 25 % vidrio	59
Figura 41. Fabricación de 67 ladrillos con 50 % vidrio	59
Figura 42. Elaboración de tres unidades de murete con ladrillo 50 % vidrio	60
Figura 43. Elaboración de tres unidades de prisma con ladrillos 50 % vidrio	60
Figura 44. Recolección de vidrios	62
Figura 45. Limpieza de vidrio	63
Figura 46. Trituración del vidrio con prensa	63
Figura 47. Proceso de molienda final del vidrio.....	64
Figura 48. Cuarteo de los agregados.....	65
Figura 49. Tamizado del agregado grueso en la zaranda vibratoria.....	66
Figura 50. Curva granulométrica del agregado grueso - confitillo	67
Figura 51. Tamizado de la arena gruesa en el agitador mecánico	68
Figura 52. Curva granulométrica del agregado fino – arena gruesa.....	69
Figura 53. Tamizado del vidrio crudo	69
Figura 54. Curva granulométrica vidrio crudo molido	70
Figura 55. Peso unitario de los agregados.....	72
Figura 56. Peso unitario compactado de los agregados	73
Figura 57. Enfriando muestra	75
Figura 58. Agregado fino S.S.S	78
Figura 59. Colocación del agregado fino en el cono y estado S.S.S de la muestra	78
Figura 60. Eliminación de burbuja del agregado fino y peso en conjunto	79
Figura 61. Reposo del agregado fino en el recipiente	79
Figura 62. Retiro del confitillo y secado de la muestra con franela.....	81
Figura 63. Pesado del agregado grueso y colocado al horno	81

Figura 64. Elaboración de la mezcla	84
Figura 65. Ubicación de molde metálico en mesa vibratoria, vaciado y vibrado del ladrillo de concreto	84
Figura 66. Desmolde de los ladrillos de concreto.....	85
Figura 67. Tres diferentes diseños de mezcla $f'c = 180 \text{ kg/cm}^3$	85
Figura 68. Rotulado y curado de los tres diferentes diseños de mezcla $f'c=180\text{kg/cm}^3$	86
Figura 69. Refrentado del ladrillo de concreto.....	86
Figura 70. Ensayo de compresión a las unidades de albañilería	87
Figura 71. Vibrado, frotachado, fabricación y desmolde de ladrillos de concreto patrón	90
Figura 72. Fabricación de ladrillos de concreto patrón.....	90
Figura 73. Rotulado y curado de ladrillos de concreto patrón	91
Figura 74. Refrentado de ladrillos de concreto patrón.....	91
Figura 75. Ensayo de compresión en ladrillos de concreto patrón	91
Figura 76. Vibrado, fabricación y desmolde de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido.....	92
Figura 77. Fabricación de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido	93
Figura 78. Curado de ladrillos con 10% vidrio crudo molido.....	93
Figura 79. Refrentado de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido.....	94
Figura 80. Ensayo de compresión en ladrillos con 10 % vidrio crudo molido.....	94
Figura 81. Vibrado, fabricación y desmolde de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido.....	95
Figura 82. Fabricación de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido	96
Figura 83. Rotulado y curado de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido.....	96
Figura 84. Refrentado de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido.....	97
Figura 85. Ensayo de compresión en ladrillos con 25 % vidrio crudo molido.....	97
Figura 86. Vibrado, fabricación y desmolde de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido.....	98
Figura 87. Fabricación de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido	99
Figura 88. Rotulado y curado de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido.....	99
Figura 89. Refrentado de ladrillos con 50 % vidrio crudo	100
Figura 90. Ensayo de compresión en ladrillos con 50 % vidrio crudo molido	100

Figura 91. Tamizando el agregado fino de manera manual	102
Figura 92. Peso del cemento y acelerante para mortero.....	103
Figura 93. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto patrón.....	103
Figura 94. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto con 10 % vidrio.....	104
Figura 95. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto con 25 % vidrio.....	104
Figura 96. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto con 50 % vidrio.....	104
Figura 97. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto patrón.....	105
Figura 98. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto con 10 % vidrio.....	105
Figura 99. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto con 25 % vidrio.....	106
Figura 100. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto con 50 % vidrio.....	106
Figura 101. Verificación de nivel del prisma de ladrillo de concreto	109
Figura 102. Cubriendo los prismas de ladrillo de concreto.....	110
Figura 103. Verificación de nivel del refrentado del prisma de ladrillo de concreto.....	110
Figura 104. Ensayo de compresión del prisma	111
Figura 105. Verificación de nivel y elaboración del prisma de ladrillo de concreto patrón.....	111
Figura 106. Cubierta de prisma de ladrillo de concreto patrón	112
Figura 107. Capping de prisma de ladrillo concreto patrón	112
Figura 108. Ensayo de compresión del prisma de ladrillo de concreto patrón	112
Figura 109. Fallas de prismas del ladrillo de concreto patrón	113
Figura 110. Verificación de nivel y elaboración de prisma con ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido	113
Figura 111. Cubierta de prismas de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido	114

Figura 112. Refrentado del prisma de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido	114
Figura 113. Ensayo de compresión del prisma de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido.....	114
Figura 114. Fallas de prismas de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido.....	115
Figura 115. Verificación de nivel y elaboración del prisma de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido	115
Figura 116. Cubierta de prismas de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido	116
Figura 117. Refrentado del prisma de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido	116
Figura 118. Fallas de prismas de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido.....	117
Figura 119. Elaboración del prisma de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo	117
Figura 120. Verificación de nivel y cubierta de prismas de ladrillo de concreto con 50 % de vidrio crudo molido	118
Figura 121. Refrentado del prisma de ladrillo de concreto con 50 % de vidrio crudo molido	118
Figura 122. Fallas de prismas de ladrillo de concreto con 50 % de vidrio crudo molido.....	119
Figura 123. Verificación de nivel y elaboración de murete de ladrillo de concreto.....	119
Figura 124. Los muretes con ladrillo de concretos cubiertos.....	120
Figura 125. Ensayo de murete de ladrillo de concreto	120
Figura 126. Nivelación de muretes con ladrillo de concreto patrón	121
Figura 127. Elaboración y cubierta de muretes con ladrillo de concreto patrón	121
Figura 128. Plomeado del vértice al eje del soporte base del ladrillo de concreto patrón.....	122
Figura 129. Ensayo de murete de ladrillo de concreto patrón	122
Figura 130. Nivelación de muretes con ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	123

Figura 131. Elaboración de muretes culminado con ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	123
Figura 132. Cubierta de muretes con ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	124
Figura 133. Plomeado del vértice al eje del soporte base del ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	124
Figura 134. Ensayo de murete de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	125
Figura 135. Elaboración y nivelación de muretes con ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido.....	125
Figura 136. Elaboración y cubierta de muretes con ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	126
Figura 137. Ensayo de murete de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido.....	126
Figura 138. Nivelación de muretes con ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	127
Figura 139. Elaboración y cubierta de muretes con ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	127
Figura 140. Ensayo de murete de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido.....	128
Figura 141. Ladrillo de concreto patrón sumergido en agua	129
Figura 142. Drenado y registro de peso de ladrillo de concreto patrón	130
Figura 143. Colocación y registro de peso de ladrillo de concreto patrón ..	130
Figura 144. Ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido sumergido en agua	131
Figura 145. Drenado y registro de peso de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	131
Figura 146. Colocación y registro de peso de ladrillo de concreto con 10 % vidrio c rudo	132
Figura 147. Ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido sumergido en agua	132
Figura 148. Drenado, registro de peso y secado de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	132

Figura 149. Registro de peso seco y constante de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	133
Figura 150. Ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido sumergido en agua	133
Figura 151. Drenado, registro de peso y secado de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	133
Figura 152. Registro de peso seco y constante de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	134
Figura 153. Secado al horno y registro de peso de ladrillo de concreto patrón	135
Figura 154. Inmersión en agua, retiro y secado superficial de ladrillo de concreto patrón.....	136
Figura 155. Pesado y muestra de ladrillo de concreto patrón	136
Figura 156. Secado y ensayo de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido.....	136
Figura 157. Sumergido en agua y registro de peso de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	137
Figura 158. Registro de peso y muestra de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	137
Figura 159. Secado al horno y registro de peso de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	137
Figura 160. Verificación de barras de acero y sumergir en agua el ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	138
Figura 161. Sumergido en agua, registro de peso y muestra de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	138
Figura 162. Secado al horno e inmersión en agua el ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido.....	138
Figura 163. Inmersión en agua y registro de peso del ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido.....	139
Figura 164. Registro de peso y muestra de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	139
Figura 165. Concavidad de ladrillo de concreto	140
Figura 166. Medición de convexidad del ladrillo de concreto	141

Figura 167. Muestra y medición de convexidad y concavidad de ladrillo de concreto patrón.....	141
Figura 168. Muestra y medición de concavidad y convexidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	143
Figura 169. Muestra y medición de convexidad y concavidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	144
Figura 170. Muestra y medición de convexidad y concavidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	146
Figura 171. Muestra de ladrillo de concreto	148
Figura 172. Medición de largo, ancho y altura de ladrillo de concreto patrón	149
Figura 173. Muestra y mediciones de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	150
Figura 174. Muestra de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido .	151
Figura 175. Medición de las dimensiones del ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo	151
Figura 176. Muestra y mediciones de ladrillo de concreto con 50 % vidrio concreto molido	152
Figura 177. Peso de la probeta con arena y llenado de los alveolos del ladrillo de concreto patrón.....	155
Figura 178. Enrasado y pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto patrón.....	155
Figura 179. Peso de la probeta con arena, llenado de los alveolos y enrasado del ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido.....	156
Figura 180. Pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido	156
Figura 181. Peso de la probeta con arena, llenado de los alveolos y enrasado del ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido.....	157
Figura 182. Pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido	158
Figura 183. Peso de la probeta con arena, llenado de los alveolos y enrasado del ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido.....	159
Figura 184. Pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido	159

Figura 185. Resumen de porcentaje de absorción de ladrillo de concreto .	163
Figura 186. Resumen de ensayo de succión de ladrillo de concreto.....	165
Figura 187. Resumen de ensayo de resistencia de compresión en unidades de ladrillo de concreto.....	167
Figura 188. Resumen de ensayo de resistencia de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto.....	169
Figura 189. Resumen de ensayo de resistencia de compresión diagonal en muretes de ladrillo de concreto	171
Figura 190. Discusión del porcentaje de absorción de ladrillo de concreto	175
Figura 191. Discusión de ensayo de succión de ladrillo de concreto	176
Figura 192. Discusión de ensayo compresión en unidades de ladrillo de concreto.....	177
Figura 193. Discusión de ensayo compresión en prisma de ladrillo de concreto	177
Figura 194. Discusión de ensayo compresión en muretes de ladrillo de concreto.....	178

RESUMEN

Esta investigación promueve el uso de un residuo sólido: el vidrio, que puede ser utilizado como agregado fino en la fabricación de ladrillos de concreto. Esto brindaría beneficios a la industria de la construcción y a la sociedad, por lo que contribuiría en el cuidado del medio ambiente en nuestro país. El objetivo de este estudio es determinar la influencia del uso de vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes. La metodología de la investigación es aplicada y de enfoque cuantitativo, su nivel es descriptivo y su diseño es experimental, longitudinal y prospectivo. La muestra que se empleó en la fabricación de ladrillos de concreto fue de 67 ladrillos de concreto patrón, además de 204 unidades, a las que se adicionaron 10 %, 25 % y 50% de vidrio crudo molido para reemplazar el agregado fino. Los ensayos destructivos a los ladrillos de concreto se realizaron a los 14 días después de su elaboración en el laboratorio. De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinó que los ladrillos de concreto con adición de vidrio crudo molido del 10 %, 25 % y 50%, disminuyeron en absorción 6,30 %, 11,10 % y 23,52 %, en succión disminuyeron 28,80 %, 38,81 % y 58,71%; mientras que la resistencia a la compresión simple de ladrillo se incrementó en 5,45 % y 19,34%, 91,25 %, la resistencia a la compresión axial en prisma se incrementó en 13,66%, 39,28 % y la compresión diagonal en muretes se incrementó en 5,26 %, 20,80 % y 22,44 %, respectivamente. Por lo tanto, se concluyó que el vidrio crudo molido reciclado tuvo un efecto positivo en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto.

Palabras claves: Vidrio, reciclaje, ladrillo de concreto

ABSTRACT

This research promotes the use of a solid residue: glass, which can be used as a fine aggregate in the manufacture of concrete bricks. This would provide benefits to the construction industry and society, thus contributing to the care of the environment in our country. The objective of this study is to determine the influence of the use of recycled ground raw glass as a fine aggregate on the physical and mechanical properties of concrete brick for load-bearing walls. The research methodology is applied and with a quantitative approach, its level is descriptive and its design is experimental, longitudinal and prospective. The sample used in the manufacture of concrete bricks was 67 standard concrete bricks, in addition to 204 units, to which 10%, 25% and 50% of raw ground glass were added to replace the fine aggregate. Destructive tests on concrete bricks were carried out 14 days after their elaboration in the laboratory. According to the results obtained, it was determined that the concrete bricks with the addition of ground raw glass of 10%, 25 % and 50%, decreased in absorption 6.30%, 11.10 % and 23.52%, in suction decreased 28.80%, 38.81 % and 58.71%; While the simple compressive strength of brick increased by 5.45% and 19.34%, 91.25%, the resistance to axial compression in prism increased by 13.6%, 39.28% and diagonal compression in low walls increased by 5.26%, 20.80% and 22.44%, respectively. Therefore, it was concluded that the recycled ground raw glass had a positive effect on the physical and mechanical properties of the concrete brick.

Keywords: glass, recycling, concrete brick

INTRODUCCIÓN

En pleno siglo XXI, es necesario tomar conciencia del calentamiento global y el cambio climático. Gracias al reciclaje, se evitará la extracción de nuevas materias primas y la erosión del suelo, así como se impedirá el aumento de vertederos.

En el Perú, se genera 19 000 toneladas de residuos sólidos al día, pero solo se recicla 1,9 % de ellos, mientras que en Lima Metropolitana se proyecta que, para el año 2034, se generará 16 000 toneladas diarias de residuos sólidos.

Debido a este contexto, la presente investigación se enfoca en aprovechar el vidrio como residuo sólido con el fin de desarrollar una ingeniería sostenible. La finalidad de esta investigación es usar vidrio crudo molido como sustituto del agregado fino para determinar cuál será su comportamiento en el concreto y cómo impactará en las propiedades físicas y mecánicas en la elaboración de ladrillos.

Para realizar esta investigación se recolectó botellas de vidrio de las calles y centro de reciclajes, así como vidrios planos (ventanas) de diferentes talleres de vidriería. Posteriormente, se retiró las impurezas de los vidrios y se les etiquetó. Finalmente, el material se trituró manualmente hasta obtener una textura similar a la arena gruesa.

El resultado se utilizó para elaborar ladrillos de tipo 17 —según NTP 399.601— que fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión axial —según NTP 399.604—, ensayos de compresión en prismas de albañilería —según NTP 399.605—, ensayos de compresión diagonal en muretes de albañilería —según NTP 399.621— y ensayos de absorción, succión, alabeo y variación dimensional —según el Reglamento Nacional de Edificaciones E.070.

La presente investigación contiene seis capítulos. El capítulo I (*Planteamiento del problema*) trata sobre la situación problemática, la definición y la formulación del problema, los objetivos, la justificación, la

importancia, los alcances y limitaciones de la investigación, así como su viabilidad.

En el capítulo II (*Marco teórico*) se presentan los antecedentes de la investigación, sus bases teóricas e hipótesis.

En el capítulo III (*Metodología*) se incluye el diseño metodológico, la población y la muestra, además de los instrumentos de recolección de datos, y las técnicas utilizadas.

En el capítulo IV (*Desarrollo*) se describe todo el proceso de los diferentes ensayos elaborados en laboratorio.

En el capítulo V (*Resultados*) se recolectan todos los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio.

En el capítulo VI (*Discusión de resultados*) se analiza e interpreta los resultados de laboratorio para luego contrastarlos con la hipótesis.

Finalmente, se contemplan las conclusiones, recomendaciones, fuentes de información y anexos.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

En el siglo XXI, el número de habitantes del planeta ha crecido de forma exponencial, por lo que sus necesidades aumentan directamente y los recursos naturales se agotan gradualmente.

El Banco Mundial estima que los desechos crecerán en 3 400 millones de toneladas (70 %) en los próximos treinta años, esto perjudicará la salud de la población y el medio ambiente. Una gestión no adecuada de los desperdicios ya está afectando a los humanos en su salud y en todo su entorno. Se espera, entonces, que el cambio climático aumente considerablemente, como declara Laura Tuck (2018), Vicepresidente de Desarrollo Sostenible del Banco Mundial. En este sentido, los países de ingreso bajo deben contar con una gestión de desechos para que no solo optimicen, reutilicen y reciclen sus residuos con el fin de convertirlos en recursos sino para que generen una economía sostenible a largo plazo y minimicen el impacto ambiental.

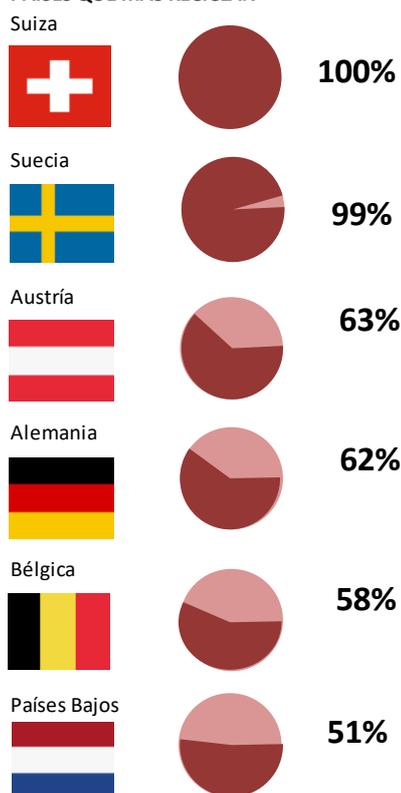


Figura 1. Gestión de desechos sólidos hasta 2050
Fuente: Banco Mundial 2018

Actualmente, el mundo enfrenta un problema muy serio y está contra el tiempo en cuanto a materia ambiental, ya que el año 2030 es el límite del no retorno para frenar los efectos del cambio climático. Sin embargo, los países con mayores progresos en cuanto a políticas de gestión ambiental de excelentes resultados son los del primer mundo, como Suiza, Suecia, Austria, Alemania, Bélgica y Países Bajos. El mejor ejemplo de ellos es Suiza, pues recicla el 100 % de sus desechos.

RECICLAJE EN EL MUNDO

PAÍSES QUE MÁS RECICLAN



GENERACIÓN DE BASURA EN AMÉRICA LATINA

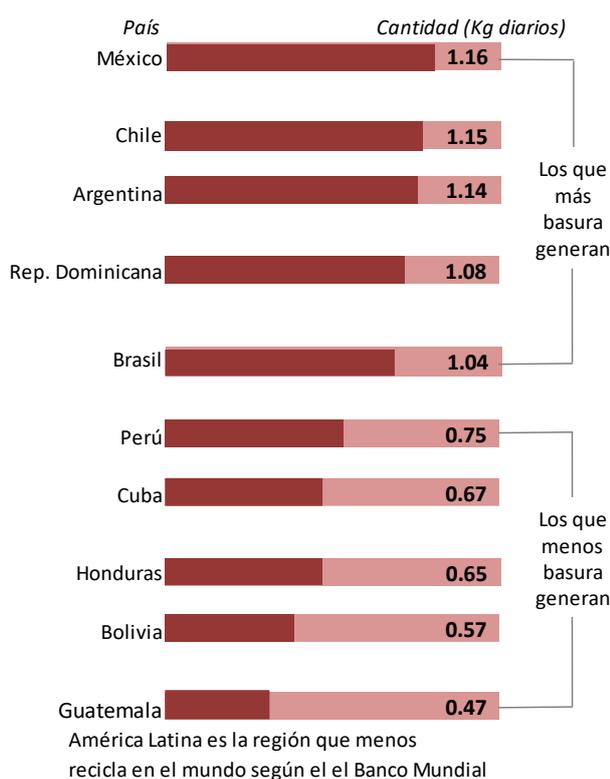


Figura 2. Gráfico representativo de reciclaje
Fuente: Banco Mundial / Sondeo Diario La República, 2017

En América Latina y el Caribe, según estudios del Banco Mundial, se estima que se produce unos 230 millones de toneladas de desechos al año. Aproximadamente una tercera parte de ellos son materiales reciclables, como papel, cartón, vidrio, plástico; sin embargo, solo se recicla el 4,5 % de ellos.

Composición de los residuos en América Latina y el Caribe

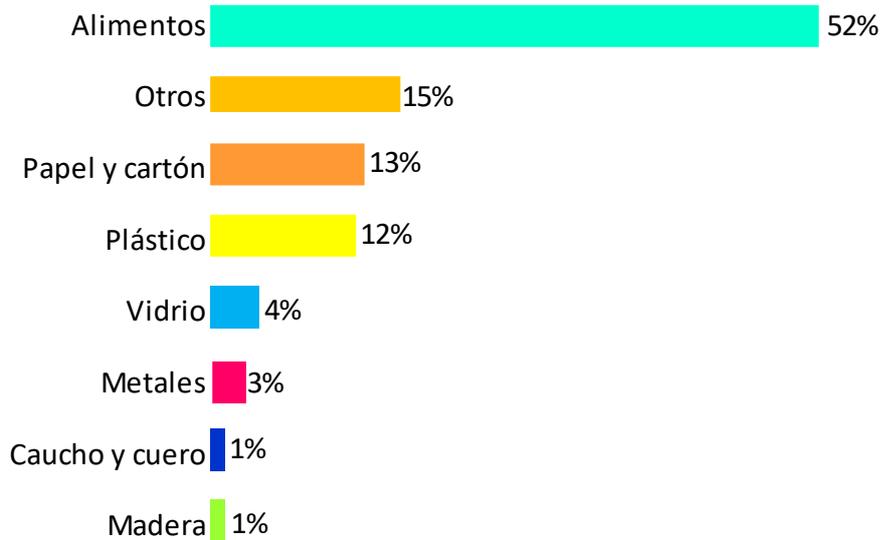


Figura 3. Composición de residuos en América Latina y el Caribe
Fuente: Informe "What a waste 2.0" Banco Mundial, 2019

Según información del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019), en el Perú se genera 19 mil toneladas de residuos sólidos al día, de los cuales solamente el 52 % son dispuestos en rellenos sanitarios, mientras que el resto termina en botaderos y genera contaminación, plagas y enfermedades.

Debido a la falta de política de gestión ambiental y de concientización de la población, en el Perú solo se recicla el 1,9 % de sus desechos (MINAM, 2018); hay, por tanto, mucho que hacer.

En la figura 4 se muestra los porcentajes de composición de los residuos sólidos. El vidrio representa el 3,05 % del total de desechos.

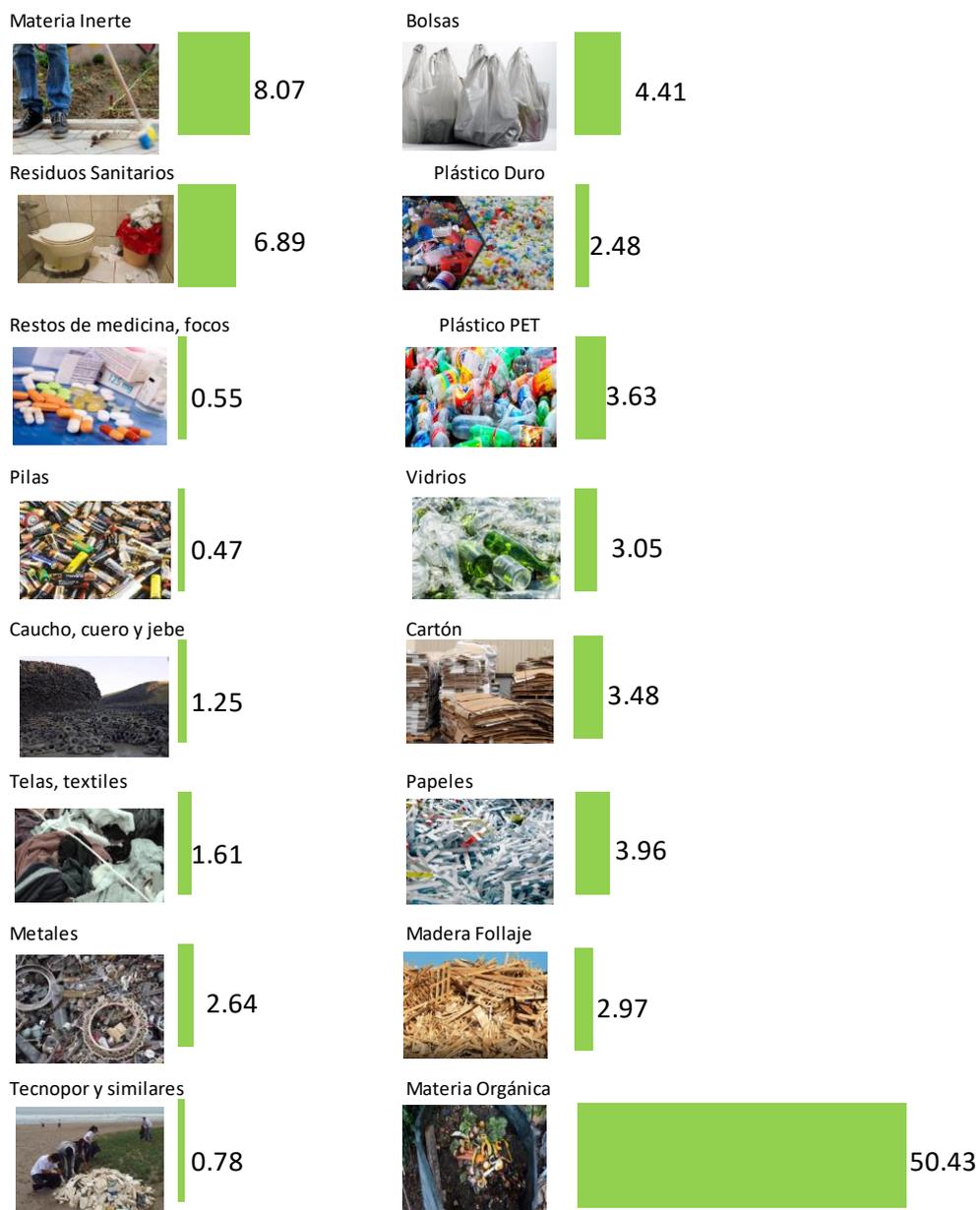


Figura 4. Composición física de los residuos sólidos, en porcentajes
Fuente: MINAM, 2014

En Latinoamérica existe aproximadamente 45 mil productores de ladrillo, la mayoría son informales. Según Nilo Mendoza (2018), presidente de la Asociación Ladrillera de Cerámicos de Perú (ALACEP), de las 2000 empresas ladrilleras que existen en Perú, solo un 35 % es formal. Estas empresas informales generan la mayor parte de la contaminación, especialmente porque sus hornos utilizan combustibles fósiles, leña, estiércol, llantas, etc.

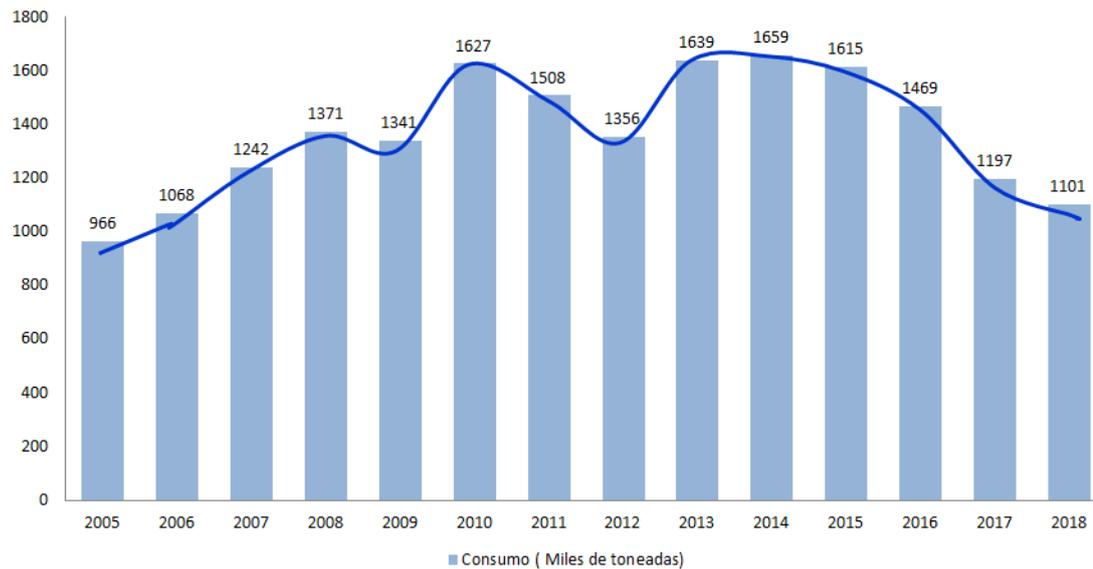


Figura 5. Consumo de ladrillo cerámico 2005 – 2018 (miles de toneladas)
 Fuente: Informe económico de la construcción – CAPECO, 2019

1.2. Definición del problema

El vidrio —material que tiene desintegración lenta— en la actualidad se utiliza en diferentes aplicaciones, una de ellas es como reemplazo del agregado fino en la elaboración adoquines y baldosas.

En el boom de la construcción que vivimos, la industria utiliza desmedidamente los recursos naturales; por lo tanto, se busca una alternativa para la ejecución de sus proyectos civiles a través de la introducción al mercado de un producto diferente y con propiedades similares y quizás a un menor costo: el vidrio. En la presente tesis se evaluará los resultados técnicos y demostrativos que demuestren cómo influye el uso del vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades del concreto.

1.3. Formulación del problema

La presente investigación ha considerado un problema general y cinco problemas específicos.

1.3.1. Problema general

¿Cómo influye el uso de vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes?

1.3.2. Problemas específicos

¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la absorción del ladrillo de concreto para muros portantes?

¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la succión del ladrillo de concreto para muros portantes?

¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto para muros portantes?

¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino como agregado fino en la resistencia a la compresión axial en prisma del ladrillo de concreto para muros portantes?

¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia de compresión diagonal en murete del ladrillo de concreto para muros portantes?

1.4. Objetivos

En consonancia con lo anterior, la presente investigación se ha planteado un objetivo general y cinco objetivos específicos.

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia del uso de vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la absorción del ladrillo de concreto para muros portantes.

Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la succión del ladrillo de concreto para muros portantes.

Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto para muros portantes.

Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia a la compresión axial en prisma del ladrillo de concreto para muros portantes.

Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia de compresión diagonal en murete del ladrillo de concreto para muros portantes.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

La tesis parte de la premisa de que el humano es el eslabón más importante para cambiar nuestro país, de ahí que la investigación se justifica pues aporta ideas para enfrentar el problema generado por la contaminación y la falta de reciclaje de los desechos sólidos. Así, la investigación pretende no solo brindar mayor beneficio social y calidad de vida de la población, sino también contribuir con el medio ambiente a través de la reutilización de los residuos sólidos para evitar la extracción de materia prima y reducir la emisión de CO₂ y el consumo de energía.

1.6. Alcances y limitaciones

Alcances

La investigación se llevó a cabo dentro de un laboratorio externo, en el que se fabricó ladrillos de concreto, se analizó los ensayos de los agregados (vidrio crudo molido, arena gruesa y confitillo), así como sus propiedades físicas (absorción, succión, alabeo, variación dimensional y porcentaje de vacíos) y mecánicas (resistencia a la compresión simple, axial en prisma y diagonal en muretes).

Limitaciones

El acceso al laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil de la USMP fue restringido, debido a las medidas dispuestas por el gobierno contra la pandemia del COVID-19.

1.7. Viabilidad de la investigación

Viabilidad técnica

La investigación se cuenta con la disposición de acceso libre de la biblioteca virtual del repositorio de la Universidad San Martín de Porres, contiene con tesis, libros, revistas, además de normas técnicas peruanas relacionadas con la elaboración de ladrillo de concreto.

Viabilidad económica

En la investigación se trabajó con recursos propios destinados a la fabricación de moldes metálicos de ladrillo, la compra de materiales para la elaboración de ladrillo, los ensayos en laboratorio particular y al cumplimiento de todas las normas correspondientes.

Viabilidad social

El constante reciclaje de residuos genera mayor mano de obra, crecimiento económico y, principalmente, minimiza el impacto negativo en el medio ambiente.

Viabilidad operativa

No se encontró impedimentos para la elaboración de la investigación, dado que se accedió a todos los recursos.

1.8. Impacto potencial

1.8.1. Impacto teórico

El estudio realizado da a conocer un impacto positivo y aporta conocimientos para la elaboración de ladrillo con un material alternativo y accesible. Además, propone sustituir el vidrio en diferentes obras de

ingeniería para motivar nuevas normas o reglamentos que detallen el uso de vidrio como agregado.

1.8.2. Impacto práctico

El estudio realizado da a conocer un impacto práctico positivo, puesto que beneficia a la población al mitigar la contaminación ambiental, darles utilidad a los desechos y transformarlos en recursos para nuevos proyectos de ingeniería.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Se consultó tesis internacionales y nacionales de los autores que se detallan a continuación.

2.1.1. Internacionales

El objetivo de la investigación aplicada, descriptiva y experimental de Juna Quispe, J. y Sánchez Villarreal, D. (2019) consistió en comparar la incidencia de distintos tipos de vidrio como sustitutos parciales del agregado fino en las propiedades físico-mecánicas de adoquines de hormigón frente a los adoquines tradicionales, con el fin de utilizar materiales reciclados para preservar el medioambiente.

Así, se recolectó vidrios (sillico calco sódico) transparentes, azules, verdes y cafés, para que reemplacen en 25 %, 30 % y 35 % al agregado fino común. Se concluyó que con el 35 % de vidrio azul se obtuvo resistencia a la compresión en adoquines de 50,27 MPa frente al diseño de $f'c = 42$ MPa.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión a los 28 días.

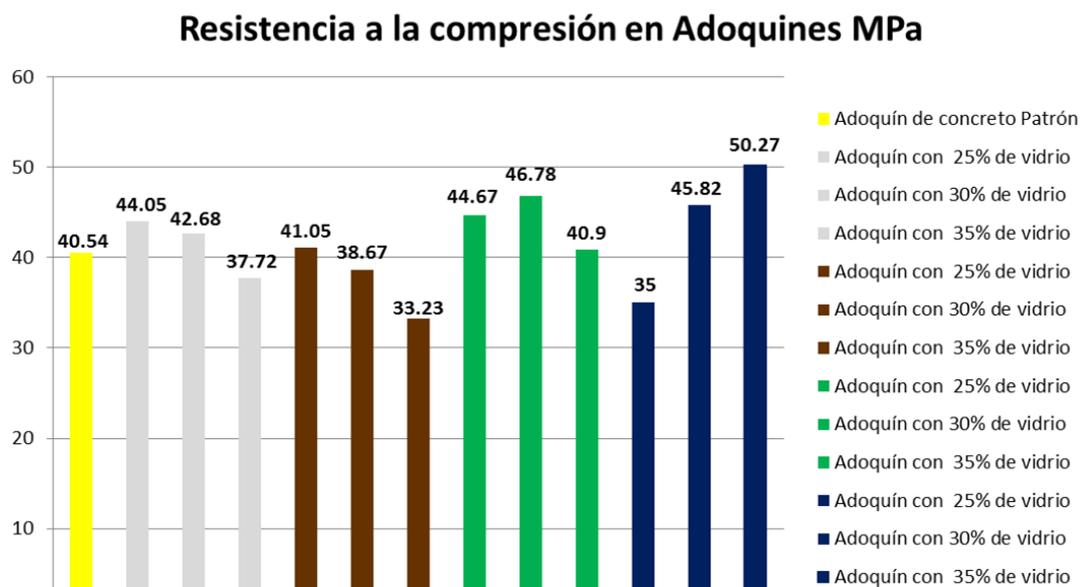


Figura 6. Análisis comparativo $f'c$ de la tesis de Juna & Sánchez
Fuente: Elaboración propia

El objetivo de la investigación aplicada, descriptiva y experimental de Almeida Beltrán, J. y Trujillo Vivas, C. (2017) consistió en analizar el comportamiento del concreto con 30 %, 32 %, 34 %, 36 %, 38 % y 40 % de vidrio reciclado y triturado que reemplazó al agregado fino. Los resultados se compararon con el comportamiento de un concreto patrón con 21,10 MPa.

Con este fin, se recolectó vidrio de las calles y se los limpió de toda impureza que pudiera afectar al hormigón. Los ensayos a la resistencia a la compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días. Con los datos obtenidos durante los ensayos se determinó que las mezclas con 30 %, 32 %, 34 %, 36 %, 38 % y 40 % de reemplazo de agregado fino por vidrio llegaron a superar en 21,10 MPa al concreto patrón. El concreto con mejores resultados (32,22 MPa) fue aquel en el que se reemplazó el 40 % por vidrio triturado. Así, se concluyó que el vidrio triturado es un buen sustituto del agregado fino y puede ser usado en la construcción sostenible.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión a diferentes edades.

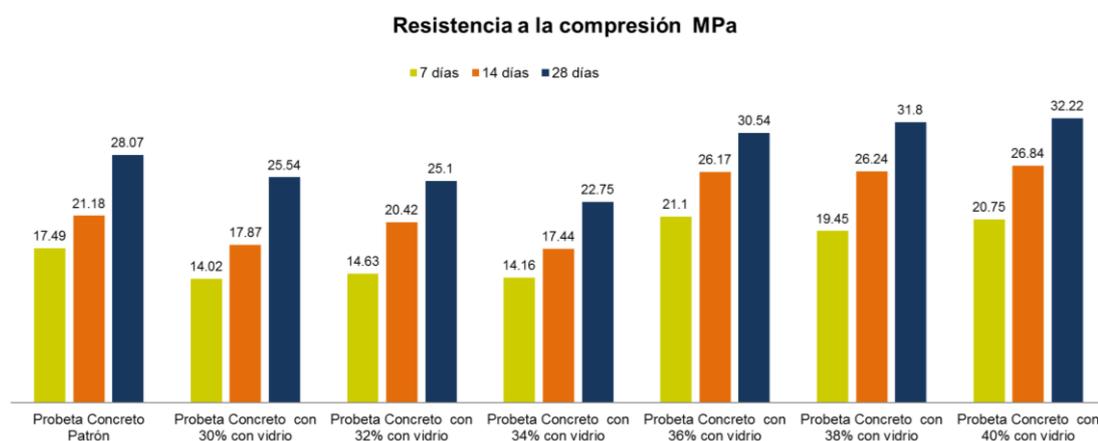


Figura 7. Análisis comparativo f_c de la tesis de Almeida y Trujillo
Fuente: Elaboración propia

En su investigación experimental y descriptiva, Cano Cano, J. y Cruz Pungarín, C. (2017), con la finalidad de reducir el impacto ambiental, reemplazaron el agregado fino por el vidrio molido en 3 %, 5 % y 7 %, y compararon sus propiedades con las del concreto tradicional.

Una vez analizados los resultados, concluyeron que añadir vidrio en el concreto experimental causa un leve incremento en el peso. Así también, concluyeron que las probetas que contenían vidrio alcanzaron mayores resistencias en comparación con las del concreto patrón. El concreto con mejores resultados fue al que se reemplazó el 3 % con vidrio.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión a diferentes edades.

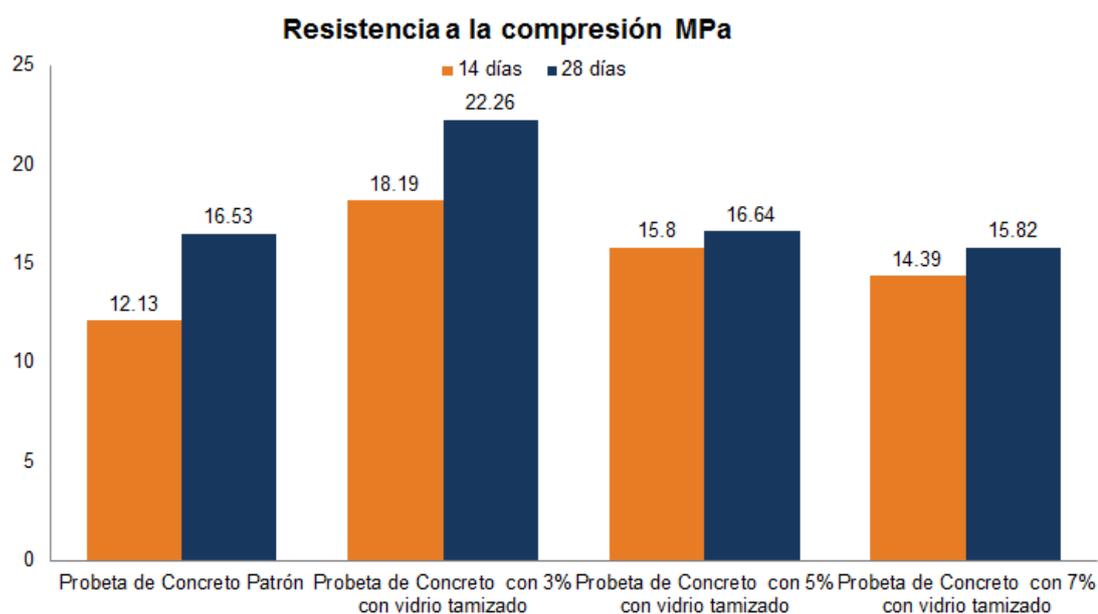


Figura 8. Análisis comparativo $f'c$ de la tesis de Cano & Cruz
Fuente: Elaboración propia

En la investigación experimental de Correa Amador, D y Sarraff Beco (2016), con la intención de plantear una alternativa de solución a los desechos acumulado en los vertederos, se analizó el comportamiento de tres diseños de concreto —modelo American Concrete Institute— con resistencias de 175 kg/cm³, 220 kg/cm³ y 280 kg/cm³, que reemplazaron parcialmente el agregado fino por vidrio reciclado en 0 %,10 %,15 % y 20 %.

A los 28 días se realizó ensayos de compresión y obtuvieron conclusiones. Los concretos con adición de vidrio reciclado del 10 %,15 % y 20 % obtuvieron 228 kg/cm³, 235 kg/cm³ y 256 kg/cm³, respectivamente, lo cual superó los 220 kg/cm³ del diseño. Los concretos con adición de vidrio reciclado del 10 %, 15 % y 20 % obtuvieron 302 kg/cm³, 298 kg/cm³ y 324

kg/cm³, respectivamente, con lo que superaron los 280 kg/cm³ del diseño. Los concretos con adición de vidrio reciclado del 0 % obtuvieron 183 kg/cm³, 249 kg/cm³ y 339 kg/cm³, y superaron los 175 kg/cm³, 220 kg/cm³ y 280 kg/cm³ del diseño. Finalmente se concluyó que al reemplazar el 0 % de vidrio se obtuvo más resistencia con respecto a los que se añadió vidrio.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión a los 28 días.

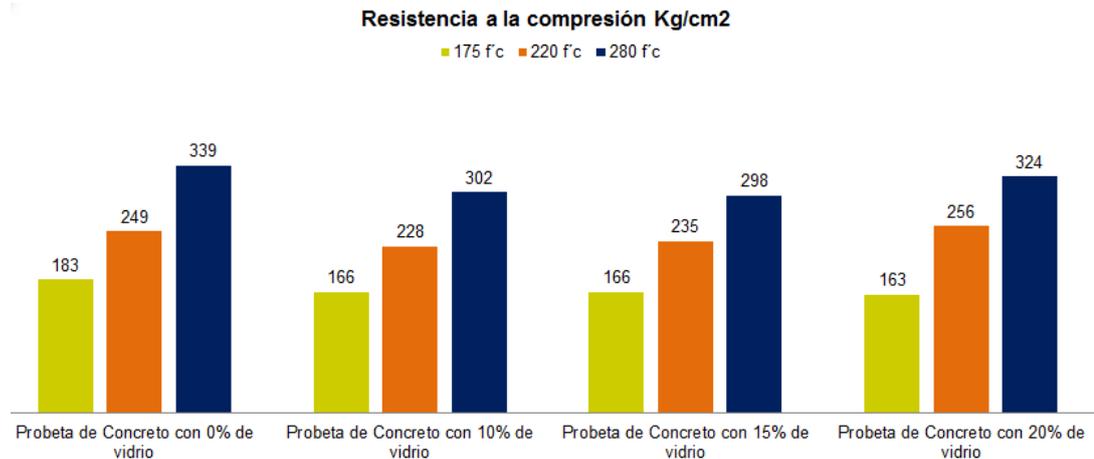


Figura 9. Análisis comparativo f'c de la tesis de Correa & Sarraff
Fuente: Elaboración propia

En la investigación aplicada, descriptiva y experimental de Peñafiel Carrillo, D. (2016), con el fin de disminuir el uso de un recurso no renovable, se analizó la resistencia a compresión de un concreto con f'c = 210 kg/cm³, mediante el reemplazo del 10 %, 20 %, 30 % y 40 % del peso de arena por vidrio reciclado molido, para determinar cuánto mejora con la incorporación de vidrio.

Se utilizó botellas recicladas y lavadas cuidadosamente para eliminar toda impureza antes de triturarlas. Se curaron y ensayaron 45 probetas (9 por cada porcentaje indicado), y una adicional se consideró la probeta patrón. Los ensayos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días (tres probetas por cada porcentaje reemplazado). Reunidos los datos, se concluyó que todos los porcentajes de reemplazo de vidrio superaron la resistencia de diseño, pero el reemplazo de 40 % por vidrio obtuvo el mejor resultado (f'c = 234,76 kg/cm³).

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión a diferentes edades.

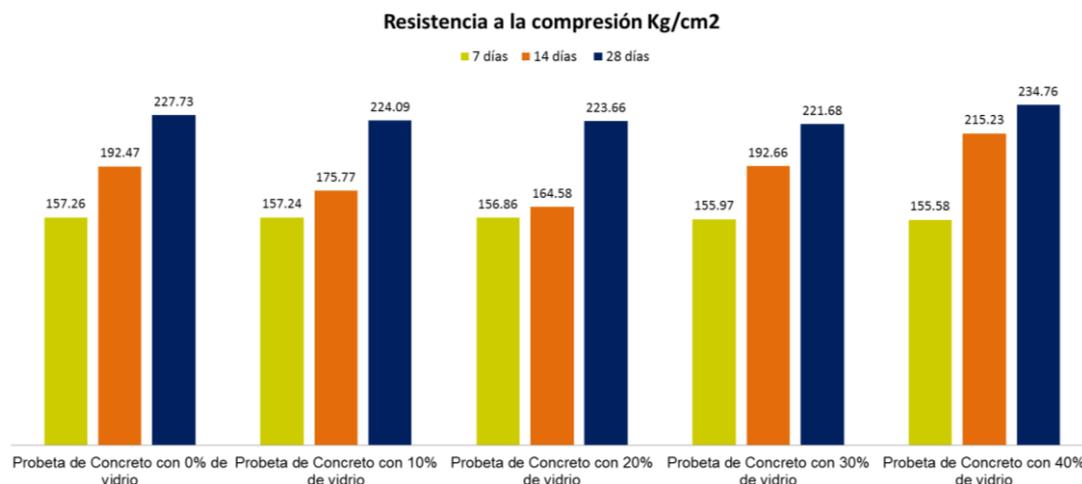


Figura 10. Análisis comparativo $f'c$ de la tesis de Peñafiel
Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Nacionales

En la investigación explicativa, experimental y cuantitativa de Aranda Marrujo, A. (2019) se determinó el efecto de la sustitución del 10 % del cemento por vidrio molido al 10 % en la resistencia de un ladrillo de concreto 175 kg/cm³, cuyo propósito fue colocar en práctica el cemento con 10 % de vidrio para una óptima resistencia.

Para ello, se utilizó 90 ladrillos procedentes del reciclado de botellas y ventanas, con los que se ensayó la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería en los días 7, 14 y 28. La recolección de datos se llevó a cabo con la técnica de observación.

Al analizar los resultados del ensayo, se concluyó que el ladrillo con vidrio molido presentó similar resistencia al ladrillo experimental; sin embargo, los ladrillos elaborados superaron el diseño de concreto.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión a diferentes edades.

Resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería Kg/cm²

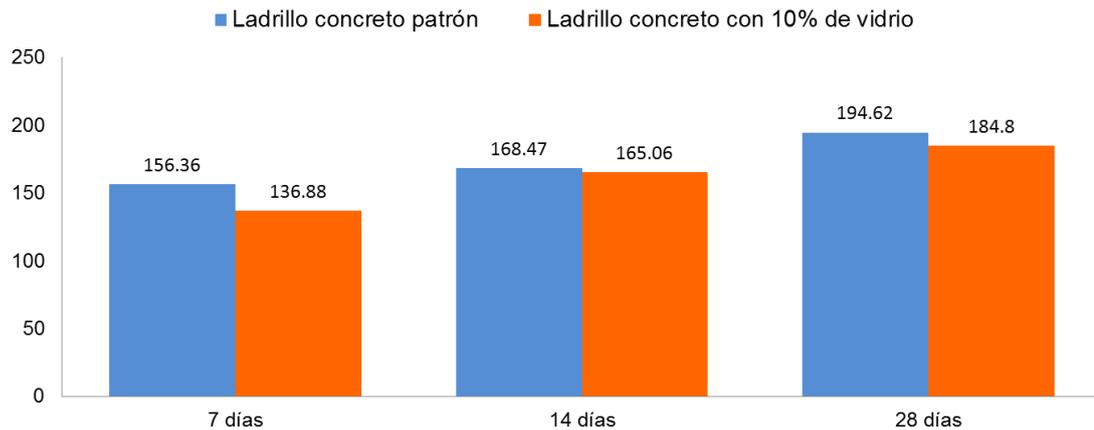


Figura 11. Análisis comparativo f' b de la tesis de Aranda
Fuente: Elaboración propia

La investigación aplicada, experimental y cuantitativa de Camacho Armas, C. (2019) tuvo como objetivo comparar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto convencional y el ladrillo con vidrio (agregado fino) y fluorita (agregado grueso) en diferentes porcentajes (25 %, 50 % y 100 % con una resistencia de 175 kg/cm³ correspondiente al ladrillo tipo V).

En el desarrollo de la investigación se realizó 40 ladrillos, que fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días. Al analizar los resultados de los ensayos, se observó que el concreto patrón obtuvo 282,33 kg/cm³, el concreto con 25 % de vidrio y fluorita obtuvo 208,21 kg/cm³, el concreto con 50 % de vidrio y fluorita obtuvo 179,66 kg/cm³, y el concreto con 100 % de vidrio y fluorita obtuvo 135,45 kg/cm³. De esta manera, se concluyó que, al incrementar el reemplazo de vidrio y fluorita, disminuyó la absorción, succión y resistencia a la compresión.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con diferentes porcentajes.

Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo

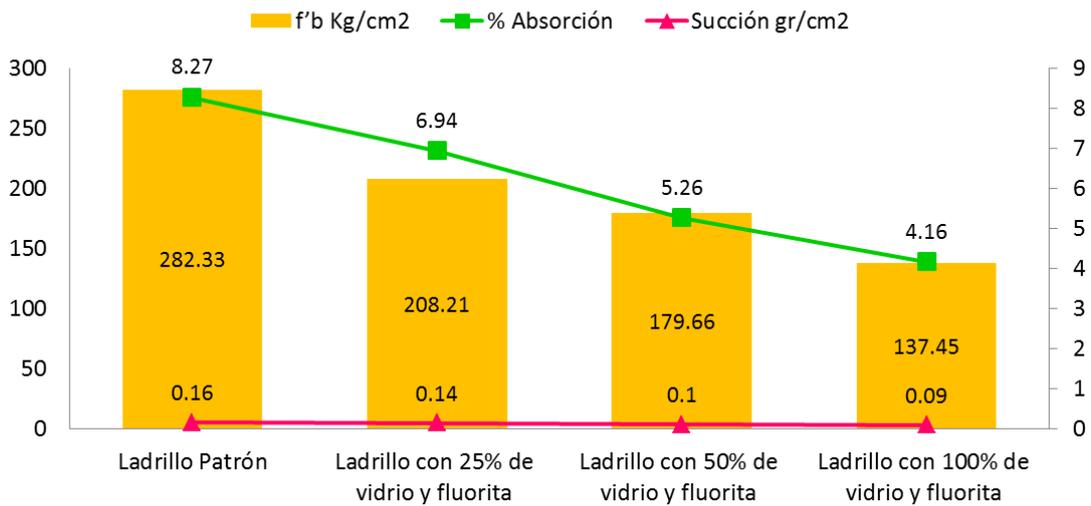


Figura 12. Análisis comparativo de la tesis de Camacho
Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de reducir la demanda de recursos no renovables y su consecuente impacto medioambiental, la investigación aplicada, exploratoria y experimental de Enríquez Vivanco, J & Shimabukuro Giagun, K (2019) se planteó como objetivo utilizar vidrio molido reciclado obtenido de ventanas y botellas como adición parcial de cemento tipo I en una mezcla diseñada con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm³. Se utilizó concreto con reemplazo de vidrio molido por el cemento en 0 %, 10 % y 20 %.

Al realizar los diferentes diseños y tras verificar los datos obtenidos de la fuerza de compresión, se observó que en el diseño con 0 % de reemplazo de cemento por vidrio triturado obtuvo un $f'c=226,44$ kg/cm³, el diseño con 10 % de reemplazo de cemento por vidrio triturado obtuvo un $f'c=215,49$ kg/cm³, y el diseño con 20% de reemplazo de cemento por vidrio triturado obtuvo un $f'c=218,40$ kg/cm³.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión con diferentes porcentajes.

Resistencia a la compresión Kg/cm²

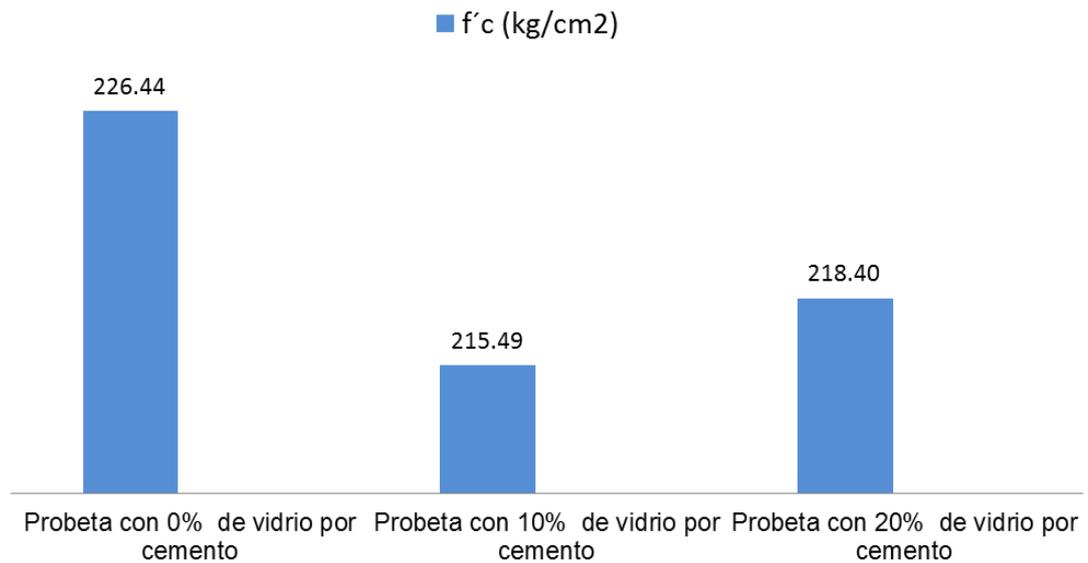


Figura 13. Análisis comparativo f'c de la tesis de Enrique & Shimabukuro
Fuente: Elaboración propia

La investigación aplicada, descriptivo-comparativa y no experimental de Chávez Torres, C y Millones Sipión, F (2018) se planteó determinar la influencia del vidrio adicionado en las propiedades del ladrillo de arcilla artesanal. En las muestras se reemplazó el agregado fino por 6 %, 12 %, 18% y 24 % de vidrio. Se concluyó que el ladrillo con 12 % de vidrio obtuvo mejores resultados en sus propiedades física y mecánicas.

A continuación, se detalla los resultados en una tabla las propiedades físicas y mecánicas.

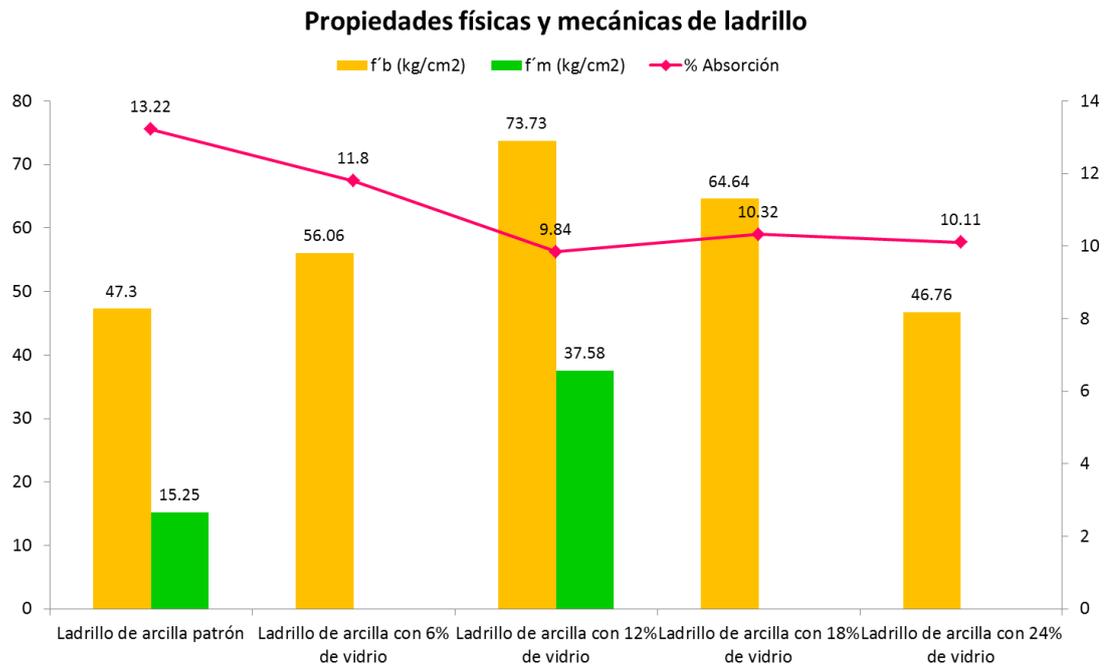


Figura 14. Análisis comparativo de la tesis de Chávez & Millones
Fuente: Elaboración propia

Con el fin de utilizar materiales de desecho para paliar en impacto en el medioambiente, la investigación aplicada, experimental y cuantitativa de Walhoff Tello, G. (2017) proyectó determinar la resistencia a la compresión de un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^3$ y un concreto experimental, a partir del reemplazo de 5 %, 10 % y 15 % de cemento Portland por vidrio molido.

Del análisis de las 64 probetas utilizadas, se concluyó que al reemplazar el 10 % se obtuvo un $f'c=309,88 \text{ kg/cm}^3$, pero que se logró un mejor resultado ($f'c=322,93 \text{ kg/cm}^3$) al reemplazar solo el 5 %.

A continuación, se detalla la resistencia a la compresión con diferentes porcentajes.

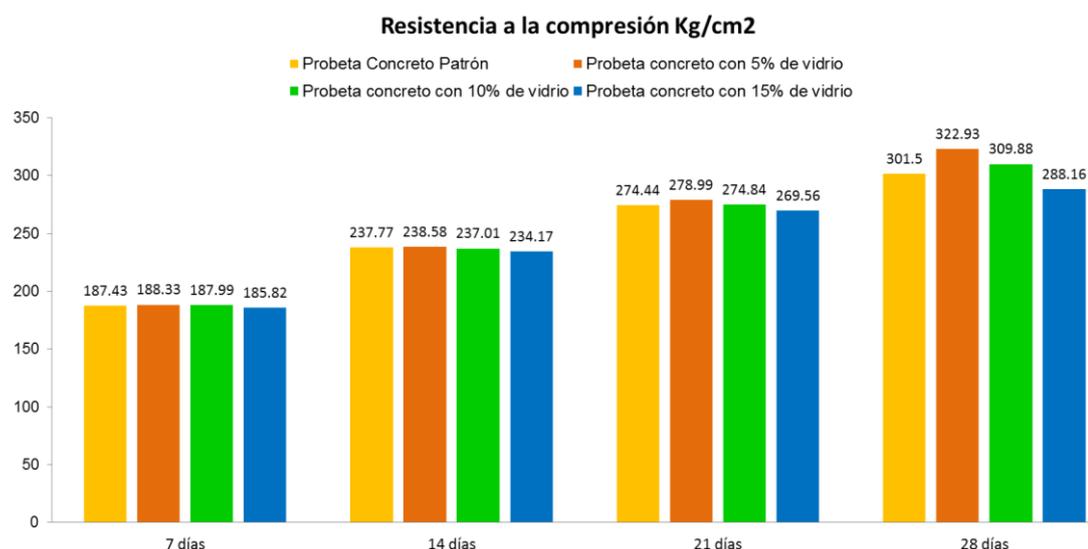


Figura 15. Análisis comparativo f'_c de la tesis de Walhoff
Fuente: Elaboración propia

2.2. Marco legal

La presente investigación se sustenta en las siguientes normas y reglamentos:

Reglamento Nacional de Edificaciones E.0.40 - Vidrio

Establece la aplicación de vidrio utilizado en la construcción, clasificación del vidrio, factores para medir las propiedades y diseño.

Reglamento Nacional de Edificaciones E.0.70 - Albañilería

Establece las definiciones de albañilería, componentes, procedimiento de construcción, resistencia compresión axial y corte, estructuración, requisitos estructurales mínimos aplicado al muro de albañilería armada como confinado, análisis y diseño utilizado para sismo severo y moderado.

Norma Técnica Peruana 400.012 Revisión 2018 - Análisis granulométrico de los agregados

Aplica para determinar el cumplimiento de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Norma Técnica Peruana 400.017:2020 – Peso unitario

Aplica para determinar la densidad la masa de los agregados en condición suelto y compactado.

Norma Técnica Peruana 400.021:2020 – Peso específico y absorción del agregado grueso

Establece el procedimiento para determinar la densidad relativa y absorción.

Norma Técnica Peruana 400.022 Revisión 2018 – Peso específico y absorción del agregado fino

Establece el procedimiento para determinar la densidad relativa y absorción.

Norma Técnica Peruana 339.185 Revisión 2018 – Contenido de humedad

Establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de la humedad de los agregados.

Norma Técnica Peruana 399.601:2016 - Ladrillo de concreto

Establece el procedimiento para cumplir el peso normal para su uso de albañilería estructural o revestimiento de edificio.

Norma Técnica Peruana 399.604 Revisión 2015

Establece el muestreo y ensayo de unidad de albañilería para obtener absorción, densidad, dimensiones, contenido de humedad y resistencia a la compresión.

Norma Técnica Peruana 399.605:2018 - Resistencia a la compresión de prisma de albañilería

Aplica para determinar los cálculos la resistencia en compresión f_m , procedimiento de fabricación y ensayo de prisma.

Norma Técnica Peruana 399.621 Revisión 2015 - Resistencia a la compresión diagonal de murete

Establece el procedimiento para el ensayo de compresión diagonal mediante la aplicación de una carga y origina una falla de tracción, lo que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Vidrio

El vidrio —que se encuentra en la naturaleza y también puede ser elaborado por el ser humano— es una sustancia inorgánica transparente, débil, insoluble, de aspecto sólido, frágil, deformable a altas temperaturas y con brillo particular. Su distribución es amorfa, pues sus moléculas están orientadas en forma irregular (Cenzano, 2014).

2.3.1.1. Composición del vidrio

Es de suma importancia conocer las materias primas utilizadas durante el proceso de fabricación de vidrios, ya que es fundamental para conseguir resultados óptimos y de calidad. Su proceso de fabricación depende de las características que se desee obtener, por lo que puede variar la mezcla vitrificante (sus componentes materiales y los porcentajes de estos).

Vitrificante

Este material compone casi todo el volumen de vidrio, por lo que forma la estructura fundamental y le confiere el nombre genérico (por ejemplo, vidrio de silicato, vidrio de fosfato y vidrio de boro)

A continuación, se presenta los vitrificantes usados comúnmente en la elaboración de vidrio.

Tabla 1
Tipos de vitrificantes

Elemento	Fórmula química
Sílice	SiO ₂
Trióxido de boro	B ₂ O ₃
Pentóxido de Fósforo	P ₂ O ₅

Fuente: Elaboración propia

Fundente

Colabora con la elaboración de vidrio, ya que su función es disminuir la temperatura de fusión.

Tabla 2
Tipos de fundentes

Elemento	Fórmula química
Óxido de Sodio	Na ₂ O
Óxido de Potasio	K ₂ O

Fuente: Elaboración propia

Estabilizante

Su propósito es compensar el efecto negativo al unir los iones alcalinos utilizados como fundentes. Gracias a los estabilizantes, el vidrio obtiene menor conductividad eléctrica, resistencia hidrolítica y resistencia al aumento de ácidos.

Tabla 3
Tipos de estabilizantes

Elemento	Fórmula química
Óxido de calcio	CaO
Óxido de magnesio	MgO
Óxido de bario	BaO
Óxido de plomo	PbO
Óxido de zinc	ZnO

Fuente: Elaboración propia

Coloración de vidrio

Existen muchas sustancias —óxidos metálicos, sulfuros, etc.— que pueden adicionarse al vidrio en pequeñas cantidades —entre el 1 % y el 3 % (Valdez, 1994)— para otorgarle color durante el proceso de mezclado del vidrio fundido; sin embargo, este componente no es importante para su formación, su funcionalidad solo es estética.

Tabla 4
Coloración de vidrio

Elemento	Fórmula química	Coloración
Óxido de cobre	Cu ₂ O	Turqueza
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃	Verde azulado
Cromo	Cr	Verde oscuro o negro
Azufre	S	Ámbar
Magnesio	Mg	Amatista
Cobalto	Co	Azul
Niquel	Ni	Violeta o azul
Uranio	U	Amarillo fluorescente

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.2. Tipos de vidrios según su composición

Vidrio sílico calcio sódico (Vidrio sodocálcico)

Es el vidrio más común, pues es abundante y económico. Además, es fácil de derretir, es resistente al calor y tiene durabilidad química (Valdez, 1994).

Se usa para envases (botellas, vasos, vasijas de mesa) y para ventanas (en el sector de la construcción y de la industria automotriz).

Vidrio de sílice, plomo y álcali

Está compuesto por sílice (entre 54 % y 65 %). Posee un alto índice de refracción y dispersión. Se utiliza en la elaboración de vasijas muy finas, objetos de arte y en la industria óptica (Valdez, 1994).

Vidrio Borosilicato

Está compuesto entre 70 % y 80 % de sílice (SiO₂). Presenta alta resistencia al choque térmico. Se emplea en utensilios para cocina, termómetro para altas temperaturas y en piezas de laboratorio químico (Valdez, 1994, p.131).

Vidrio de aluminio silicatado

Goza de un alto punto de fusión, por lo que se usa para termómetros y para material especial de laboratorio, pero es menos resistente químicamente (Ambrosio, 1982).

Vidrio de sílice

Está compuesto únicamente por sílice. Se usa poco, ya que es muy costoso derretirlo y formarlo. Se emplea en la fabricación de vidrio fibroso, piezas de laboratorio, filtros de transmisión ultravioleta y ventanas ópticas en áreas expuestas a muy altas temperaturas (Valdez, 1994).

2.3.1.3. Tipos de vidrio según el método de enfriamiento

Vidrio templado

El proceso de templado del vidrio consiste en calentarlo progresivamente hasta alcanzar una temperatura entre 575 °C y 635°C, hasta el punto de ablandamiento, después se enfría rápidamente con aire (Cenzano, 2014).

Su resistencia es de 2 a 5 veces mayor al vidrio crudo. Al romperse, forma pequeñas cuadrículas que lo hace menos peligroso que el vidrio crudo. Se usa en ventanas de vehículos, casas, oficinas, etc.

Vidrio crudo

Este proceso consiste en la fundición de las materias primas y su enfriamiento es gradual, de esta manera se reduce drásticamente la tensión superficial deseada. Al romperse, forma filos puntiagudos muy peligrosos. Se usa para elaborar botellas, vidrios planos (ventanas), recipientes, etc.

2.3.1.4. Propiedades del vidrio

Viscosidad

La viscosidad de un material está directamente relacionada con el flujo del líquido. Debido a que la viscosidad en el vidrio cambia con la temperatura,

esta debe estar entre 477° y 486° —en ocasiones mucho más—, según se necesite en función de los componentes del vidrio.

Dilatación térmica

La dilatación térmica se relaciona directamente con su temperatura. Sus valores están en el rango de 0° a 300°C. Los vidrios de botella generalmente tienen una dilatación de 89×10^{-7} por cada °C de temperatura adicional (Valdez, 1994).

Densidad

La densidad del vidrio a temperatura ambiente es de 2500 kg/m³.

Resistencia mecánica

Los vidrios, en teoría, poseen buenas propiedades mecánicas, según Ambrosio Mari (1982). Teóricamente el vidrio es muy elevado para romper los enlaces de Si-O es de 1000kgf/mm², pero muy pocas veces supera los 500kgf/mm².

Fabricación de vidrio

En la figura 16, se indica el desarrollo de la fabricación del vidrio. Se inicia con la combinación de sílice, caliza, hidróxido de sodio y otros componentes llevados a través de fajas transportadoras hacia el horno. Dentro del horno, se funden todos los materiales a una temperatura aproximada de 1500 °C. La mezcla se vierte a una piscina de estaño, en la que el vidrio se queda en la superficie pues es menos denso. En la superficie se forma una hoja infinita, sus partes defectuosas se separan y vuelven al horno. Finalmente, el vidrio se corta y transporta.

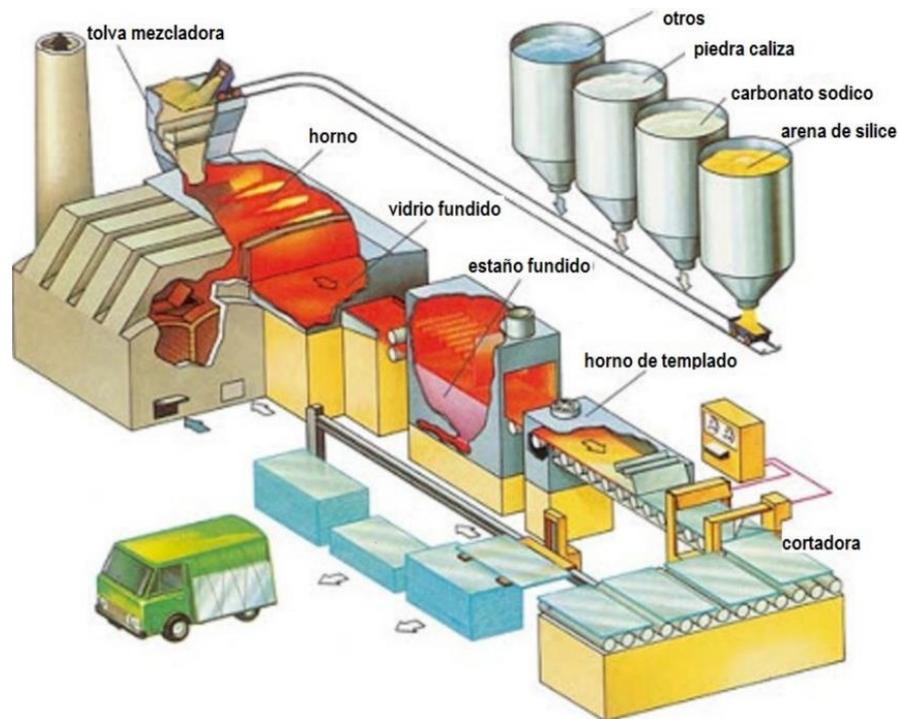


Figura 16. Proceso de elaboración de vidrio
Fuente: Prezi - Carolina Bello - 2015

Fabricación de botellas de vidrio

En la figura 17, se muestra la elaboración del vidrio que combina varios elementos básicos —como sílice en 45 %, carbonato sódico en 15 % y piedra caliza (carbonato de calcio) en 10 %— a los que también se agrega vidrio reciclado. Se coloca al horno en cantidades exactas durante 24 horas a temperatura de 1500°C, bajo estas condiciones se produce su punto de fundición gracias a la cual el vidrio adquiere una consistencia parecida a la miel. Al salir del horno, se corta el vidrio y se lleva a un molde preliminar en el que toma la forma de una pequeña botella llamada *preforma*, que luego se introduce en otro molde donde adquiere la forma final de botella tras ser soplada con aire comprimido.

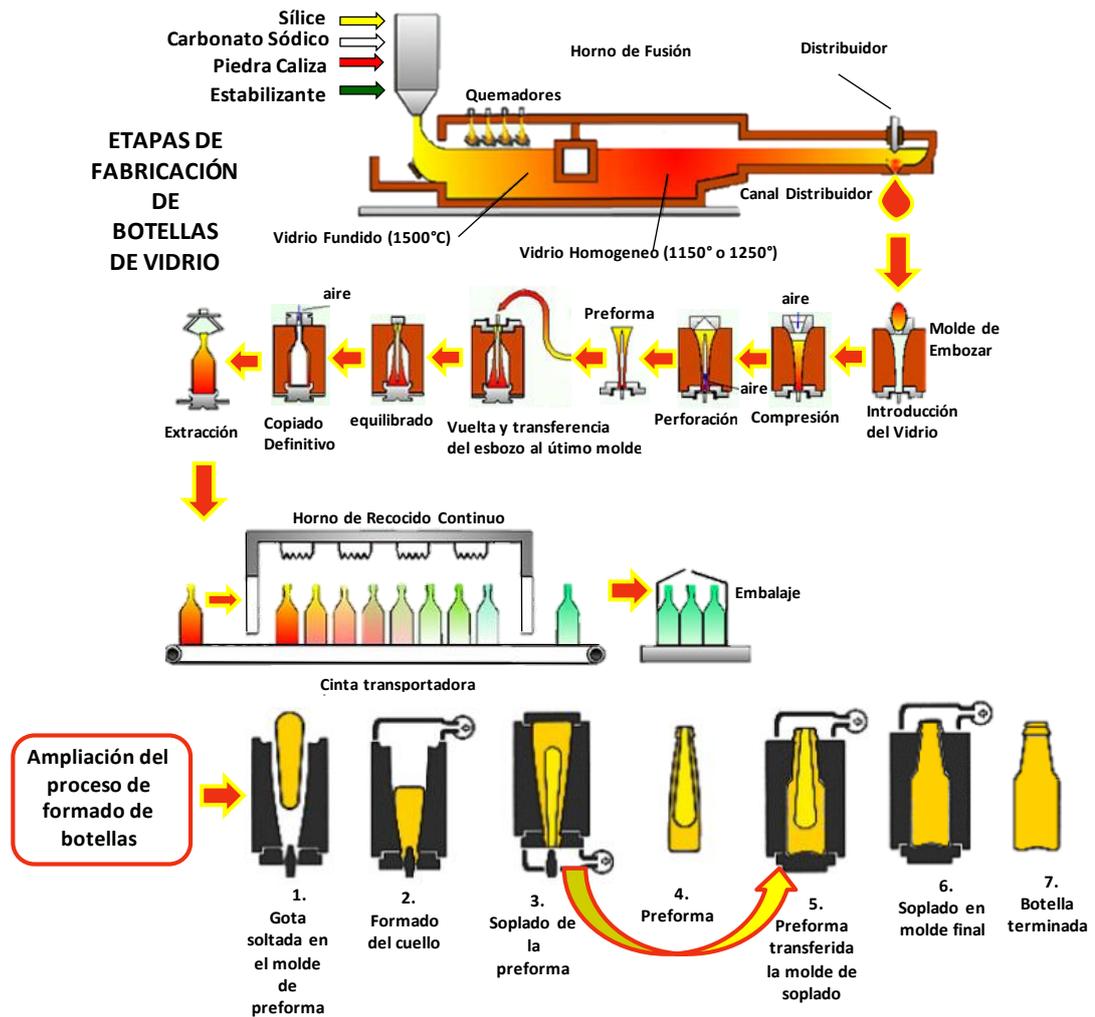


Figura 17. Proceso de elaboración de botellas de vidrio
 Fuente: Marinelli, M., Meléndez, A. & Moran, Eglinsó – 2016

2.3.2. Unidad de albañilería

Según el R.N.E E.070, se fabrica el ladrillo o bloque a partir de arcilla cocida, concreto o sílice – cal, que se unen por una capa de mortero.

Las unidades pueden ser las siguientes:

Unidad de albañilería sólida o maciza

La sección transversal paralela a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor al 70 % de área bruta; es decir, el área de los vacíos es menor al 30 % de área bruta. Este tipo de unidad se emplea en muros portantes. El ladrillo sólido artesanal solo se aplica en las zonas sísmicas 1, como Loreto, Ucayali —solo en el distrito de Purús—, Madre de Dios y Puno.

Unidad de albañilería hueca

La sección transversal paralela a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70 % de área bruta; es decir, el hueco perpendicular a la cara de asiento es mayor al 30 % de dicha área. Este tipo de unidad se emplea en muros portantes, en la zona sísmica 1, pero para un máximo de 5 pisos.

Unidad de albañilería alveolar

Es el ladrillo sólido o hueco con alveolos de tamaño suficiente como para alojar refuerzo vertical. Este tipo de unidad se emplea en muros armados (R.N.E E.070, 2006, p.3).

Unidad de albañilería tubular

Se trata de orificios o huecos paralelos a la superficie de asiento. Este tipo de unidad se emplea en muros no portantes (tabiquería) y techos. El ladrillo pandereta es empleado en zona sísmicas 2, 3, 4 para muros no portantes; en cambio, para muros portantes, se emplea en zona sísmica 1, pero hasta un máximo de 2 pisos.

Las unidades de albañilería mencionadas se consignan en la tabla 5, según el Reglamento Nacional de Edificación E.030 con respecto al tipo de zonas sísmicas.

Tabla 5

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

Tipo	Zonas sísmicas 2 y 3		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: R.N.E E.070, 2006

El R.N.E E.030 fue actualizado en el año 2018, cuando el territorio peruano fue dividido en 4 zonas sísmicas. La Costa peruana pertenece a la zona 4. Hasta la fecha, no existe ningún cambio en las limitaciones de aplicación en las unidades de albañilería del R.N.E E.070.

El ingeniero Tomás Flavio Abanto Castillo (2019) clasifica la zona sísmica 4 en el uso de unidad de albañilería tal como se detalla en la tabla 6.

Tabla 6
Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales-Flavio Abanto

Tipo	Zonas sísmicas 2, 3, 4		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Aveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: Abanto C., 2019

Clasificación por tipo de albañilería

Albañilería simple

El único elemento que posee es el ladrillo y el mortero, no cuenta con refuerzo. Estos elementos se encargan de resistir las cargas que afectan a la construcción.



Figura 18. Albañilería simple
Fuente: Elaboración propia

Albañilería confinada

Es el conjunto de muro de ladrillos reforzados en los extremos (columnas) y parte superior (viga) del concreto armado.

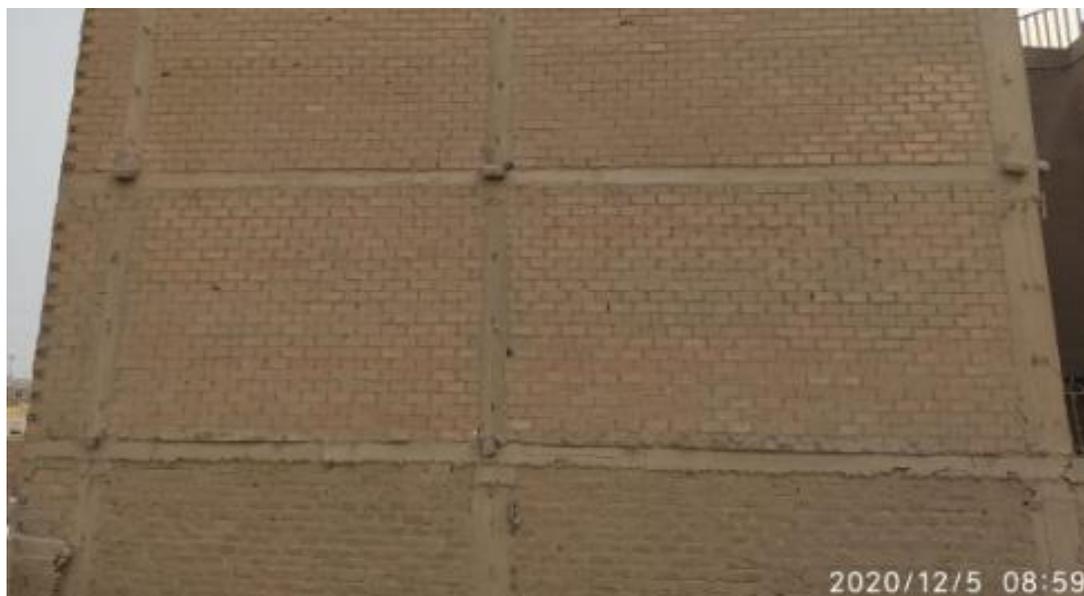


Figura 19. Albañilería confinada
Fuente: Elaboración propia

Albañilería armada

Emplea varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente en los muros; en los alveolos se vacía concreto líquido o *grout*, de tal manera que los componentes actúen conjuntamente para resistir el refuerzo.

2.3.2.1. Ladrillo

El ladrillo es la unidad de albañilería por excelencia. Gracias a su peso y tamaño puede ser manipulado por una sola mano. Tiene forma de prisma y puede ser sólido, hueco, alveolar o tubular, y se elabora de forma artesanal o industrial (R.N.E E.070, 2006).

Clasificación según la materia prima

Ladrillo de arcilla cocido. Puede elaborarse de manera artesanal o industrial. Según la R.N.E E.070, existen 5 tipos (I, II, III, IV y V), en función de sus variaciones de dimensión, alabeo, resistencia a la compresión, etc.

Ladrillo y bloque sílico – calcáreos. Este tipo de unidad de albañilería se produce al mezclar arena fina con grandes cantidades de sílice, cal viva y agua.

Bloques y ladrillo de concreto. Se elabora a partir de la mezcla de cemento portland con arena, piedra pequeña (piedra chancada de 1/4") y agua.

2.3.2.2. Ladrillo de concreto

Es fabricado con cemento portland, agua y agregado, y se puede manipular con una sola mano.

Su ancho, largo y altura no deben variar por más de $\pm 3,2$ mm de las dimensiones estándar. Además, ningún agujero debe estar a menos de 19,1mm o $\frac{3}{4}$ pulgada del borde del ladrillo.



Figura 20. El orificio está a más 19,1 mm del borde de ladrillo
Fuente: Elaboración propia

Se clasifica de la siguiente manera:

Tipo 24

Se usa en enchapes arquitectónicos y muros exteriores, en los que se requiere alta resistencia a la compresión, a la humedad y a la acción severa del frío.

Tipo 17

Su uso es general cuando se requiere resistencia a la compresión moderada, a la humedad y a la acción del frío.

Tipo 14 y Tipo 10

Su uso es general cuando se requiere resistencia a la compresión moderada.

Las unidades deben cumplir los requisitos indicados en la tabla 7.

Tabla 7
Requisitos de resistencia y absorción

Resistencia a la compresión, mínimo, Mpa, respecto al área bruta promedio			Absorción de agua, máx., % (Promedio 3 unidades)
Tipo	Promedio de 3 unidades	Unidad individual	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

Fuente: N.T.P. 399.601, 3^{era} edición 2016

El ladrillo de concreto debe contar con las pruebas indicadas en el R.N.E E.070.

Absorción

Es la capacidad que tienen las unidades de albañilería para absorber agua al ser sumergidas durante 24 horas: mientras más porosa sea la unidad, mayor será la absorción y menor la resistencia a la intemperie.

Para determinar la absorción de las unidades, primero se las pesa, se las marca y se registra la información. Luego de sumergirlas en agua por 24 horas, se retira el agua superficial con un paño para pesarlas y registrar el peso saturado (W_s). Finalmente, se las coloca en el horno por lo menos 24 horas y se registra el peso seco (W_d).

Se calcula el porcentaje de absorción según parámetros de la NTP 339.604.

$$\text{Absorción \%} = [(W_s - W_d) / W_d] \times 100$$

Donde:

W_s : Peso saturado del espécimen (kg)

W_d : Peso seco al horno del espécimen (kg)

Alabeo

Es un defecto que poseen las unidades de albañilería en la superficie de sus caras —convexidad o concavidad— y se mide con una cuña. La medida del alabeo debe sujetarse a la NTP 339.613. A mayor alabeo, habrá mayor espesor de la junta, lo que generará mayor porcentaje de vacíos. Esta característica puede producir fallas por el peso de las hiladas superiores. Por lo general, poseen mayor alabeo las unidades de albañilería artesanales.

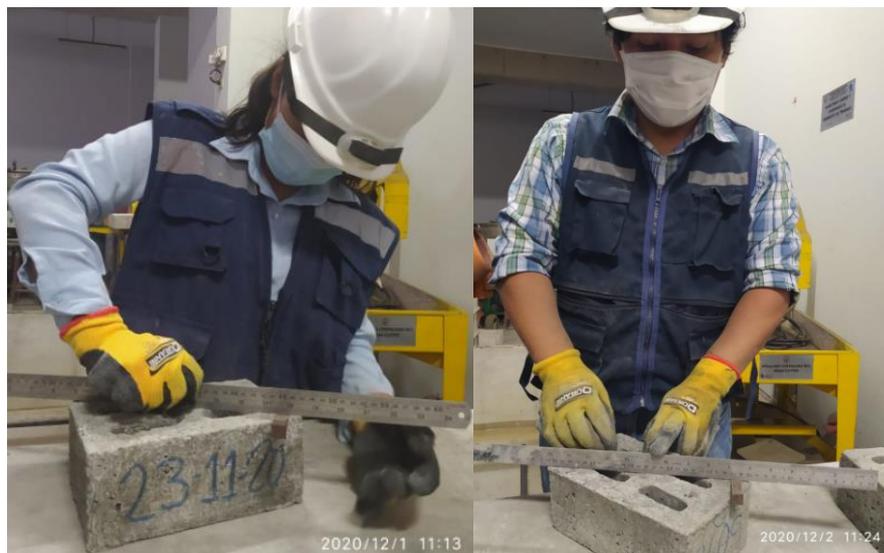


Figura 21. Medición de alabeo al ladrillo elaborado
Fuente: Elaboración propia

Variación dimensional

El grado de espesor de las juntas horizontales afecta directamente a la resistencia de la mampostería, por ello es sumamente importante que los ladrillos sean los más homogéneos posible, sino será imposible obtener uniformidad en las juntas horizontales. En otras palabras, la variación dimensional determina la diferencia entre las dimensiones efectivas y nominales o de fabricación.

Para hallar la variación dimensional (V), se toma la medida promedio de la parte media de cada cara del ladrillo (L, b, h). Luego de hallar el valor promedio (D_p) de cada cara de toda la muestra, se resta la dimensión especificada por el fabricante (D_e) y finalmente se divide entre D_e .



Figura 22. Medición de ladrillo elaborado
Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión

Determina la máxima carga que pueda soportar una unidad de albañilería. Se calcula al dividir la carga de la rotura de una unidad de albañilería a compresión y su sección bruta.



Figura 23. Ensayo de compresión del ladrillo elaborado
Fuente: Elaboración propia

Muestreo

Se selecciona al azar una muestra de 10 unidades para realizar la prueba de variación dimensional y alabeo. Además, 5 unidades se ensayarán a compresión y el resto a absorción.

Las propiedades físicas del ladrillo

Contempla las propiedades físicas de alabeo, variación dimensional, absorción, porcentaje de vacíos y succión. Debido a que ya se consignó la definición de alabeo, de variación dimensional y de absorción en el apartado de ladrillo de concreto, solo queda definir el porcentaje de vacíos y de succión.

Porcentaje de vacíos

Determina la relación entre el área de vacíos y el área bruta del espécimen. Su porcentaje de vacío debe ser menor a 30 % para que el lote de la unidad sea aceptado. Para determinar el porcentaje, se debe llenar los alvéolos de la unidad con arena que contiene la probeta, luego se levanta el espécimen dejando que la arena de los alvéolos descienda; por último, se registra el peso de la arena de los alvéolos.



Figura 24. Llenar los alvéolos de arena
Fuente: Elaboración propia

Succión

Es la característica que poseen las unidades de albañilería para absorber el agua. Esta cualidad depende directamente del nivel de porosidad de los ladrillos. No es conveniente que el ladrillo tenga una succión excesiva, ya que en el proceso de asentado substraerá agua de la mezcla, lo que perjudica la adherencia de las unidades de albañilería con el mortero. Asimismo, si la adherencia es pobre, la resistencia a la tracción de albañilería disminuye.

De esta manera, los ladrillos de arcillas de fabricación industrial deben ser saturados con agua antes de ser asentados. De usarse ladrillos artesanales, se debe sumergir en agua por lo menos una hora antes de realizar el asentado. Los ladrillos sílicos calcáreos y bloques de concreto no deben humedecerse para su asentado, debido a su apropiado grado de succión.

Las unidades de albañilería elegidas para este ensayo estuvieron en el horno por 24 horas a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ para que se liberen de humedad. Luego se secaron y enfriaron los especímenes durante dos horas y se pesaron. Finalmente, se sumergió una cara del asiento a una altura máxima de $3\text{mm} \pm 0,25\text{ mm}$ durante un 1 minuto, se retiraron los especímenes y secaron superficialmente con un paño dentro de los 10 segundos siguientes, para volverlos a pesar en los 2 minutos siguientes.

Se calcula el porcentaje de succión según parámetros de la NTP 339.613.

$$\text{Succión} = 200 W / LB$$

Donde

W: Diferencia de pesos del espécimen (g)

L: Longitud del espécimen (cm)

B: Ancho del espécimen (cm)

Método de fabricación de ladrillo

Las unidades de albañilería de concreto siguen un proceso de fabricación que dura hasta 28 días.

Ladrillo industrial

Debido a que son elaborados en máquinas durante todo su proceso, se producen en gran cantidad con dimensiones uniformes.

Ladrillo artesanal

Puesto que se elaboran con recursos humanos durante todo su proceso, sus dimensiones generalmente no son uniformes.

Ladrillos de concreto

Acopio de materiales. En el primer paso del proceso se recolecta todos los insumos: cemento, agregado fino, agregado grueso (confitillo), aditivos y agua.

Mezcla de insumos. En esta etapa, los insumos —dosificados según el diseño— son introducidos a una máquina mezcladora, que consigue una masa uniforme, densa y fácil de manejar.

Moldeado. La mezcla es llevada a moldes y es vibrocompactada para obtener una consistencia más densa con mejores propiedades mecánicas.

Cubado. Los mejores ladrillos son seleccionados y pasan a la siguiente etapa. Las unidades de albañilería son puestas en parihuelas almacenadas unas sobre otras.

Reposo. Las unidades son llevadas a un almacén por 28 días, luego de este tiempo se distribuyen en el mercado.

Propiedades mecánicas del ladrillo

Resistencia a la compresión

Es la propiedad mecánica principal del concreto para que cumpla con el diseño de la estructura, por lo que es la prueba más común que emplean los ingenieros. Para ello, se coloca la probeta cilíndrica de concreto sobre la placa inferior en una máquina hidráulica con una velocidad uniforme, luego se calcula su resistencia al dividir la carga de ruptura por la sección del área.

Resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería (f'_b)

Antes de realizar el ensayo de compresión a las unidades, se debe llenar los agujeros con mortero (una parte de cemento y dos partes de arena). Posteriormente, se realiza el refrentado de los especímenes que cubre la base superior e inferior de una capa delgada que no debe exceder a 3,2mm del material de yeso-cemento. Esto se coloca en una placa plana y rígida de una máquina hidráulica con el fin de determinar la máxima carga que puede soportar dicha unidad de albañilería, según la Norma Técnica Peruana 399.604.

Se calcula a partir de la siguiente relación:

$$f'_b = W / A$$

Donde

f'_b : Resistencia a la compresión del espécimen, kgf/cm³

W: Carga de fisuramiento, kgf

A: Área bruta de la sección, en cm³



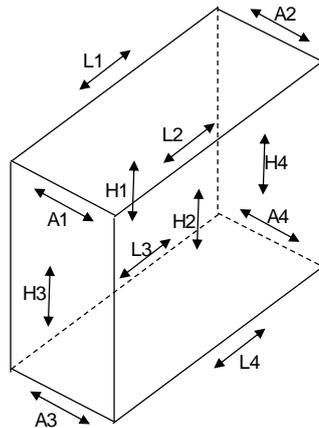
Figura 25. Ensayo de compresión del ladrillo
Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería (f'm)

También llamada 'pila de albañilería', está compuesta por dos o más hiladas de ladrillo o bloques de una unidad entera asentadas unas sobre otras mediante un mortero con una relación de hp/tp, entre 1,3 a 5,0 (tabla 8). Una vez construida la muestra de prisma en una base plana y nivelada, se sella con una bolsa grande para evitar que se congelen. No se podrá manipular durante las primeras 48 horas de su fabricación y se tendrá que mantener la bolsa de humedad antes de 48 horas de realizar el ensayo para así realizar el refrentado de la superficie (lado superior e inferior) con una mezcla fluida compuesta por dos partes de cemento y una de yeso.

Está prohibido secar el prisma en el horno porque se expone a temperaturas superiores. Este ensayo evalúa la resistencia a la compresión de la construcción de albañilería en campo, según indica la Norma Técnica Peruana 399.605.

En la medición del prisma, como muestra en la figura 26, se toma las cuatro medidas por cada una de las dimensiones del prisma. El largo y el ancho se miden a partir de los bordes y la altura del centro de cada cara. Finalmente, se promedia la dimensión de cada cara.



H1, H2, H3, H4: Dimensiones de la altura de los cuatro lados
 A1, A2, A3, A4: Dimensiones de ancho del prisma
 L1, L2, L3, L4: Dimensiones de largo del prisma

Figura 26. Medición del prisma
 Fuente: NTP 399.605, 3era edición 2018



Figura 27. Elaboración de prisma
 Fuente: Elaboración propia

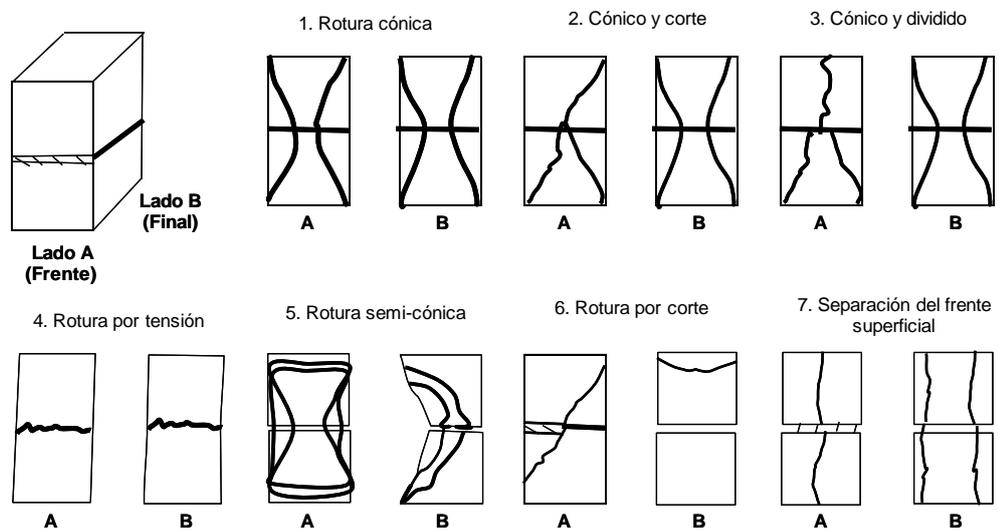


Figura 28. Modo de falla en prisma
 Fuente: N.T.P 399.605, 3.era edición 2018

En la tabla 8, se describe el rango de relación entre altura (hp) y ancho (tp) del prisma.

Tabla 8
Factores de corrección esbeltez en prisma de albañilería

hp/tp	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

hp/tp Relación de la altura del prisma y las medidas menores laterales del prisma
Fuente: NTP 399.605, 3.ª edición 2018

Los prismas se ensayan a los 21 días. Esta edad se determina al asentarse las unidades. Por su parte, los prismas se ensayan a menor edad que la nominal —pero no menor a 14 días— utilizando un mínimo de tres especímenes. En ese caso, la resistencia se corrige por un factor de incremento (tabla 9).

Tabla 9
Factor de incremento de prisma por edad

Edad	14 días	21 días
Factor	1.10	1.00

Fuente: R.N.E E.070,2006

Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$f'_m = (P_R / A_N) \times N$$

Donde:

f'_b : Resistencia a la compresión prisma de albañilería, kgf/cm³

P_R : Carga de ruptura, en kg

A_N : Área neta, cm³

N : Factor de incremento de prisma

Resistencia de compresión diagonal de muretes (f'_m)

La Norma Técnica Peruana 399.621 establece el método de ensayo de compresión diagonal en murete de albañilería. Indica que la dimensión mínima

de un murete cuadrado es 600 mm x 600mm, y comprende como mínimo dos unidades enteras de ladrillo o bloque por hilada asentada mediante un mortero (figura 29).

Los ensayos deben realizarse en mínimo 3 muretes iguales (misma unidad de albañilería, mortero y mano de obra). Después de su elaboración, los muretes no deberán ser movidos al menos 7 días.

En cuanto al procedimiento, indica que se deberá rellenar el ladrillo hueco o tubular en la zona que estará en contacto con los apoyos con mortero —con el fin de distribuir adecuadamente la carga—, luego se realizará el refrentado en los lados de apoyo o esquinas, por lo menos dos días antes del ensayo.



Figura 29. Murete culminado
Fuente: Elaboración propia

Los muretes se ensayan a los 28 días. Esta edad se determina al asentarse las unidades. Por su parte, los muretes se podrán ensayar a menor edad que la nominal, pero no menor a 14 días. En ese caso, la resistencia se corrige por un factor de incremento (tabla 10).

Tabla 10
Factor de incremento de murete por edad

Edad	14 días	21 días
Factor	1.15	1.05

Fuente: R.N.E E.070,2006

Los tipos de falla dependen en gran medida de la adherencia del mortero. Si la adherencia es óptima, la falla —llamada ‘falla por tracción diagonal en murete’— se dará en las unidades y el mortero. Puede suceder que la adherencia entre la unidad y el mortero no se logre optimizar; en tal caso, se tratará de una falla escalonada a través de las juntas y cortando las unidades.

Otra forma de falla se origina cuando la adherencia entre la unidad, el mortero y la junta horizontal es demasiado débil (o falla por deslizamiento o corte). Finalmente, puede presentarse una falla local cuando los ladrillos huecos que están en contacto con el cabezal de ensayo no son rellenados con mortero (San Bartolomé, Quiun D. & Silva W., 2018).

La resistencia se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$v'_m = P / D \times t \quad v'_m = P / \sqrt{2} \times L \times t$$

Donde:

v'_m Resistencia al corte en el murete, kgf/cm³

P: Carga de ruptura, en kg

L: Largo del murete, cm³

D: Diagonal, cm

t: Espesor, cm

Mortero

Es una mezcla de arena, cemento y agua, cuya finalidad es unir el ladrillo horizontal y verticalmente con el revestimiento de las paredes.

Su función fundamental es ser un puente de adherencia entre las unidades de albañilería, corregir las irregularidades de altura que puedan tener dichos ladrillos, e impedir la penetración del aire y la humedad.

Cuando el muro de albañilería es portante y recibe cargas verticales, el mortero cumple también la función de resistir la carga; por ello, es necesario que las resistencias a la compresión del mortero y de las unidades de albañilería sean similares (San Bartolomé, Quiun D. & Silva W., 2018).

Tabla 11
Tipos de morteros

COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muro Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muro Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muro No Portantes

Fuente: R.N.E E.070,2006

Refrentado (*capping*)

El refrentado sirve para corregir los defectos presentados en la cara de asiento y para dotar a la superficie de planeidad o paralelismo lo mejor posible (ver figura 30). Su fin es conseguir un contacto más eficiente entre la cara del ladrillo y la estructura de apoyo durante la carga de la prensa, para lograr una tensión uniforme.



Figura 30. Refrentado en unidad de albañilería
Fuente: Elaboración propia

Clasificación del refrentado por los materiales que lo conforman

Refrentado con yeso – cemento

Es una mezcla de yeso con cemento en una relación de 1:2 y agua. La mezcla se debe vaciar sobre una superficie plana y se le debe untar aceite. La cara del espécimen a refrentar debe estar nivelada. El refrentado de los especímenes se debe realizar por lo menos 2 horas antes de ensayarlos. En la figura 31 se muestra unidades de albañilería refrentadas.



Figura 31. Especímenes refrentados con yeso - cemento
Fuente: Elaboración propia

Refrentado con Azufre – Bentonita

El refrentado o *capping* es una mezcla de azufre (de 40 % a 60 % en peso) y bentonita. La mezcla se debe calentar y vaciar en un molde metálico, para luego colocar la cara del espécimen y nivelarla. Esta acción debe ser rápida, pues la mezcla se endurece en pocos minutos. El refrentado deberá enfriarse por lo menos dos horas antes de ensayar los especímenes. En la figura 32 se muestra un espécimen refrentado con azufre y bentonita.



Figura 32. Especímenes refrentados con Azufre – Bentonita
Fuente: Elaboración propia

Muro portante

Soporta la carga de una construcción. Está conformado por el muro, las columnas y las vigas.

Sirve para transmitir las cargas horizontales y verticales de los diferentes niveles hacia la cimentación. Los muros forman parte de la estructura de edificios de albañilería y deberán tener prolongación vertical (R.N.E E.070, 2006).

Se aplica en viviendas unifamiliares, centros educativos, edificios multifamiliares, locales comerciales, almacenes industriales, entre otros.

Muro no portante

Soporta solo las cargas provenientes de su peso, así como las cargas transversales. Son ejemplos de este tipo de muro los cercos, los parapetos y los tabiques.

Cemento Portland

El cemento Portland es un Clinker finamente molido de fácil adquisición, fabricado por la cocción a elevadas temperaturas de cal, alúmina, fierro y sílice. Cuando se mezcla con agua, arena, piedra u otro tipo de

agregado forma un material con características pétreas. En la tabla 12 se consigna los tipos de cemento Portland.

Tabla 12
Tipos de cemento Portland

Cemento Portland	Descripción
Tipo I	Obras de concreto general
Tipo II	Obras de concreto general, resistencia moderada a los sulfatos
Tipo III	Alta resistencia inicial
Tipo IV	Bajo calor de hidratación como represa, diques
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos, estructura expuesta al agua de mar

Fuente: N.T.P 334.090

Concreto

Es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico con agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (R.N.E E.060, 2009, p26).

Es un material cuyas características de resistencia a la compresión se determinan cuando se encuentra en estado endurecido.

Agua

El agua usada en la elaboración de la mezcla y durante el proceso de curado debe estar limpia y fresca, exenta de cualquier tipo de aceites, ácidos, álcalis, sales, limo, material orgánico, arcilla, lodo y algas. De esta manera podrá proteger el proceso de mezclado y el curado del concreto.

Agregados

También llamado árido, es el conjunto de partículas inorgánicas que pueden tener un origen natural o artificial (N.T.P 400.011, 2020, p.2).

Es un material de construcción unido por una pasta de cemento no completamente inerte. Sus propiedades físicas y química influyen en el comportamiento del concreto.

Agregado grueso

Es el material de piedra chancada, confitillo o grava retenido en el tamiz N°4, según la Norma Técnica Peruana 400.037, en función de los valores de granulometría que se muestran en la tabla 13.

Tabla 13
Granulometría del confitillo

Malla ASTM	% que pasa
1/2" pulgada	100
3/8" pulgada	85 a 100
No. 4 (4.75 mm)	10 a 30
No. 8 (2.36 mm)	0 a 10
No. 16 (1.18 mm)	0 a 5

Fuente: R.N.E E.070, 2006

Agregado fino

Es el material que pasa por el tamiz 3/8", pero es retenido en el tamiz N° 200 —arena gruesa natural—, según lo establecido en la Norma Técnica Peruana 400.037 en función de los valores de granulometría que se muestran en la tabla 14.

Tabla 14
Granulometría de la arena gruesa

Tamiz	% que pasa
No. 4 (4.75 mm)	100
No. 8 (2.36 mm)	95 a 100
No. 16 (1.18 mm)	70 a 100
No. 30 (0.60 mm)	40 a 75
No. 50 (0.30 mm)	10 a 35
No. 100(0.15 mm)	2 a 15
No. 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: R.N.E E.070, 2006

2.4. Marco Conceptual

- **Murete:** Muro de dimensión pequeña usado para ensayos destructivos.
- **Resistencia hidrolítica:** Resistencia que tiene un material para liberar sustancias minerales en el agua bajo ciertas condiciones.
- **Óxido:** Combinación de un elemento metálico o no con el oxígeno.
- **Choque térmico:** Esfuerzo al rompimiento que tiene un cuerpo a un cambio repentino de temperatura.
- **Sílice:** Material abundante en la naturaleza formado por silicio y oxígeno.
- **Dilatación térmica:** Aumento de las dimensiones de un cuerpo por acción del incremento de temperatura.
- **Caliza:** Roca sedimentaria de textura compacta formada especialmente por carbonato de calcio.
- **Hidróxido de sodio (sosa cáustica):** Material muy corrosivo que se usa como solución o sólido.
- **Convexidad:** Línea curva cuyo aspecto es parecido a la cara externa de una esfera.
- **Concavidad:** Línea curva cuyo aspecto es parecido a la cara interna de una esfera.
- **Refracción:** Cambio de dirección de un rayo de luz producido por pasar de un medio a otro de distinta densidad de manera oblicua.
- **Vidrio crudo molido:** Vidrio común — no pasa por un proceso de templado— utilizado en ventanas, botellas, etc. que se muele para ser usado en la elaboración de vidrio propiamente dicho.

- **Reciclado:** Acción de volver a usar total o parcialmente un material, de tal manera que pueda ser aprovechado.
- **Influencia:** Acción y efecto de influir un material en otro.
- **Adherencia:** Resistencia tangencial que se produce cuando se intenta deslizar dos cuerpos en contacto.
- **Espécimen:** Muestra, modelo o ejemplar normalmente con las características de su especie bien definidas.
- **Sulfato:** Sal formada por combinación del ácido sulfúrico y una base, obtenida al hacer reaccionar el ácido sulfúrico con los metales.
- **Área neta:** Área de la superficie transversal de un objeto luego de restar los agujeros
- **Área bruta:** Superficie total de un objeto o área de su polígono cerrado.
- **Propiedad física:** Propiedad que se basa principalmente en la estructura del objeto, sustancia o materia, que es visible y medible.
- **Propiedad mecánica:** Propiedad de los sólidos para soportar acciones de carga o fuerzas.

2.5. Hipótesis

La presente investigación ha considerado un problema general y cinco problemas específicos.

2.5.1. Hipótesis general

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino mejora las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes.

2.5.2. Hipótesis específicas

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino disminuye en la absorción del ladrillo de concreto para muros portantes.

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino disminuye la succión del ladrillo de concreto para muros portantes.

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto para muros portantes.

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión axial en prisma del ladrillo de concreto para muros portantes.

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión diagonal en muretes del ladrillo de concreto para muros portantes.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de la investigación

Orientación

Es de tipo aplicada, pues investiga la preparación de un nuevo ladrillo con vidrio crudo molido reciclado para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, así como para minimizar los desperdicios en el medioambiente.

Investigación

Es de tipo correlacional, porque presenta dos variables y se miden mediante gráfica.

3.1.2. Enfoque

Es de tipo cuantitativo, ya que estudia las variables, y los resultados obtenidos serán numéricos; es decir, medibles en los diferentes ensayos realizados en laboratorio de ensayos de materiales.

3.1.3. Nivel de investigación

Es de tipo descriptivo, debido a que realiza ensayos en laboratorio para comparar resultados mediante la elaboración de tablas, cuadros y diagramas.

3.1.4. Diseño de la investigación

El diseño es **experimental**, pues se concentra en las pruebas realizadas.

La investigación es **longitudinal**, porque se recolecta datos de los ensayos desarrollados en laboratorio a lo largo de toda la investigación con el fin de comprar el ladrillo experimental con el ladrillo patrón.

El diseño es **prospectivo**, ya que se estudia los resultados a medida que se va desarrollando la investigación y se obtiene los datos.

3.2. Variables

En la presente investigación se propuso las siguientes variables para evaluar las hipótesis planteadas.

3.2.1. Variable independiente

Vidrio crudo molido reciclado.

3.2.2. Variable dependiente

Propiedades físicas y mecánicas. Se evaluó el efecto de la variable independiente sobre esta.

3.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 15

Variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Medición	Instrumentos
VARIABLE INDEPENDIENTE Vidrio crudo molido reciclado	El reciclaje de vidrio es el proceso de convertir los desechos en creación de nuevos productos.	El reciclaje consiste en recolectar el vidrio crudo en talleres de vidriería, en calles y otros lugares para luego someterlo a un proceso de molienda con el fin de obtener el vidrio molido crudo.	Curva granulométrica Variación porcentual (%)	Módulo de fineza kg	Gráfico Tabla

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Variable dependiente

Variable+K3:R22	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Medición
VARIABLE DEPENDIENTE Propiedades físicas y mecánicas	PROPIEDADES FÍSICAS Propiedad medible y visible por lo tanto define el estado de un sistema físico.	Se analizarán las propiedades físicas de los ladrillos de concreto, a través de los ensayos de absorción, succión como se menciona en las hipótesis planteadas; además se realizó ensayos adicionales como: alabeo, variación dimensional, porcentaje de vacíos para verificar si el ladrillo concreto cumple con las normas técnica peruana.	Absorción Succión	Porcentaje (%) gr/200cm ² - min
	PROPIEDADES MECÁNICAS Propiedades de los sólidos o material, que se manifiesta cuando se aplica una fuerza o carga.	Se analizarán las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto, a través de los ensayos destructivos como: resistencia a la compresión simple, axial en prisma y diagonal en muretes de acuerdo con las normas N.T.P 399.604, N.T.P 399.605 y N.T.P 399.621.	Resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería (f' b) Resistencia a la compresión axial en prisma (f' m) Resistencia a la compresión diagonal en muretes (v m)	kg/cm ² kg/cm ² kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población y muestra

a) Población

Estuvo conformada por los 268 ladrillos elaborados en el laboratorio (201 unidades de ladrillos experimentales y 67 unidades de ladrillo patrón).

b) Muestra

La muestra seleccionada fue distribuida de la siguiente manera:

Ladrillos de concreto patrón



Figura 33. Fabricación de 67 ladrillos patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 34. Elaboración de tres unidades prisma con ladrillo patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Elaboración de tres unidades de muretes con ladrillo patrón
Fuente: Elaboración propia

Ladrillos de concreto con 10 % vidrio



Figura 36. Fabricación de 67 ladrillos con 10 % vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura 37. Elaboración de tres unidades de prisma y murete con ladrillo 10 % vidrio
Fuente: Elaboración propia

Ladrillos de concreto con 25 % vidrio



Figura 38. Fabricación de 67 ladrillos con 25 % vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura 39. Elaboración de tres unidades muretes con ladrillo 25 % vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Elaboración de tres unidades prisma con 25 % vidrio
Fuente: Elaboración propia

Ladrillos de concreto con 50 % vidrio



Figura 41. Fabricación de 67 ladrillos con 50 % vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura 42. Elaboración de tres unidades de murete con ladrillo 50 % vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura 43. Elaboración de tres unidades de prisma con ladrillos 50 % vidrio
Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumento de procesamiento de datos

A continuación, se describe los métodos aplicados a los instrumentos.

a) Observación. Resultado de datos de laboratorio en todo el proceso de elaboración de ladrillos y ensayos destructivos.

b) Ensayos de laboratorio. Diferentes tipos de ensayos de laboratorio durante el proceso de investigación.

c) Encuesta. Preguntas a profesionales con años de experiencia.

d) Formatos. Recopilación y sistematización de datos para su procesamiento y la obtención de información confiable.

3.5. Técnicas de la investigación

Se realizó muestras representativas correspondientes a la unidad de albañilería de concreto, con el fin de analizar los resultados de los diferentes ensayos.

3.6. Procedimiento de la investigación

Para la presente se recolectó la materia prima en talleres de vidriería y en la calle. La elaboración de esta investigación se apoyó en las siguientes normas técnicas peruanas y Reglamento Nacional de Edificaciones:

N.T.P 399.601 Ladrillo de concreto

N.T.P 399.604 Resistencia a la compresión y absorción a las unidades de albañilería

N.T.P 399.605 Resistencia en compresión de prisma

N.T.P 399.621 Resistencia compresión diagonal en muretes

N.T.P 399.613 Propiedades físicas del ladrillo: succión

R.N.E E.070 Albañilería

Los resultados de cada ensayo realizado se vertieron en tablas del programa Microsoft Excel.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

4.1. Recolección, limpieza y procesamiento del vidrio

El proceso se inició con la búsqueda del insumo para la elaboración del vidrio molido, para lo cual se recolectó botellas de vidrio y envases recorriendo las calles, también se buscó vidrios planos usados en ventanas en vidrierías. En la figura 44 se observa una muestra de botellas recolectadas en las calles y una muestra de vidrio de ventanas.



Figura 44. Recolección de vidrios
Fuente: Elaboración propia

Para que las botellas y el vidrio plano estén libres de suciedad, impurezas o cualquier tipo de etiquetas, fueron lavados con detergente, como se muestra en la figura 45. Luego de enjuagarlos cuidadosamente para quitar cualquier resto de detergente, se les dejó secar al sol.



Figura 45. Limpieza de vidrio
Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de molienda, se trituró con mucho cuidado el vidrio plano, botellas y recipientes de vidrio. Luego se trasladó el vidrio triturado a un recipiente metálico y se usó una prensa hidráulica para su molienda. Debido que el tamaño resultante no era el adecuado —semejante al de la arena gruesa—, se utilizó un esmeril en la molienda final (figura 46 y 47).



Figura 46. Trituración del vidrio con prensa
Fuente: Elaboración propia



Figura 47. Proceso de molienda final del vidrio
Fuente: Elaboración propia

4.2. Ensayos de los agregados

Todos los agregados —finos y gruesos— pasaron por un control exhaustivo, pues de ellos dependía directamente la calidad del concreto, base de toda edificación. Estos ensayos mostraron la calidad de los agregados, lo que permitió el diseño óptimo del concreto.

Cuarteo de los agregados

Se tomó una muestra y se la expandió de manera circular en el piso, luego se la dividió en cuatro partes iguales, de las cuales se tomaron las dos partes opuestas para cuartearlas nuevamente con el fin de tomar una muestra representativa de 600 g de agregado fino (arena – vidrio) y 3 000 g de agregado grueso (figura 48).

Según N.T.P 400.012 Revisión 2018, como se muestra en el apartado 7.3, el peso mínimo del agregado fino fue 300 gramos; con respecto al agregado grueso, se siguió los parámetros de muestra mínima, que figuran en el apartado 7.4 (tabla 17).



Figura 48. Cuarteo de los agregados
Fuente: Elaboración propia

Tabla 17
Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso

TNM	Peso mínimo de ensayo (kg)
3/8"	1.0
1/2"	2.0
3/4"	5.0
1"	10.0

Fuente: N.T.P 400.012, 3^{er} edición Rev.2018

Análisis Granulométrico

La granulometría es la separación de partículas por medio de tamices de diferentes tamaños para determinar si el agregado está dentro del rango establecido por la N.T.P 400.037.

Para llevarla a cabo, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Tamices marca Orión

Balanza electrónica marca A&D GF 20K

Zaranda vibratoria marca Gilson

Agitador mecánico de tamices marca Forney

Herramientas:

Recipiente metálico

Cronómetro

Cámara fotográfica

Escobilla de plástico

Materiales:

Agregado grueso

Agregado fino

En la figura 49 se muestra el tamizado del agregado grueso en las mallas 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4 y fondo. Para este ensayo se utilizó una zaranda vibratoria por un tiempo de 90 segundos, luego se pesó el retenido por cada tamiz. Los tamices se colocaron en orden decreciente según el tamaño de sus aberturas.



Figura 49. Tamizado del agregado grueso en la zaranda vibratoria
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Análisis granulométrico agregado grueso – confitillo

TAMIZ		Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Granulometría % pasa según R.N.E E.070
(Pulg)	(mm)					
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/8"	9.5	57.00	1.90	1.90	98.10	85 a 100
N°4	4.75	2650.00	88.33	90.23	9.77	10 a 30
Fondo		293.00	9.77	100.00	0.00	
Muestra total:		3000.0				

Fuente: Elaboración propia

A partir del porcentaje pasante (tabla 18), se realizó el módulo de finura a partir de la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenidos acumulados tamices}}{100}$$

$$MF = 5,43$$

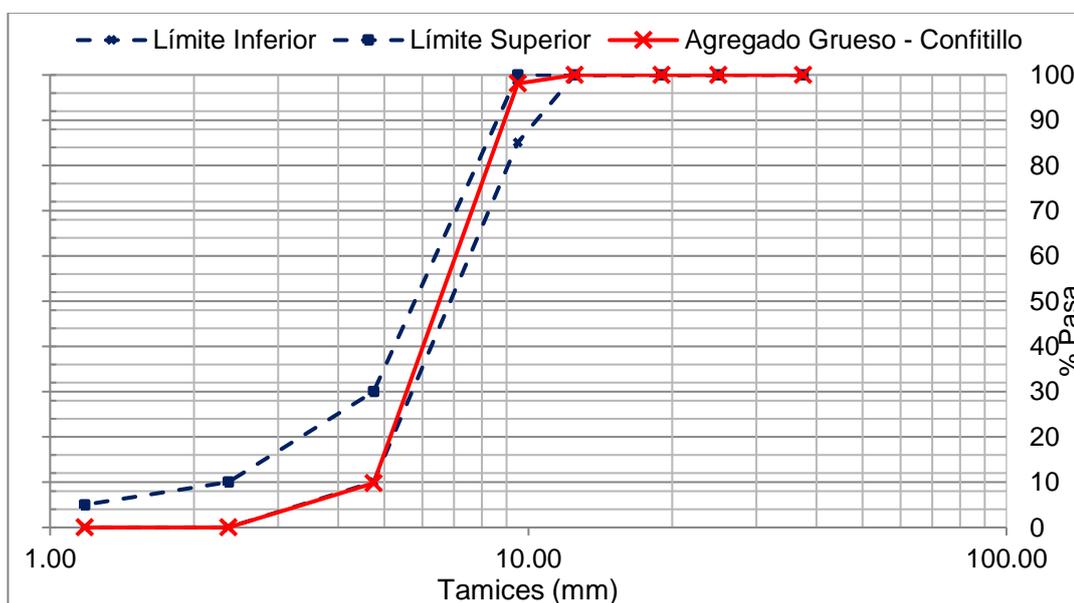


Figura 50. Curva granulométrica del agregado grueso - confitillo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 51 se muestra el tamizado del agregado fino en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo. Para este ensayo se utilizó un agitador mecánico por un tiempo de 90 segundos, y luego se pesó lo retenido por cada tamiz.



Figura 51. Tamizado de la arena gruesa en el agitador mecánico
Fuente: Elaboración propia

Tabla 19
Análisis granulométrico agregado fino – arena gruesa

TAMIZ		Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Granulometría % pasa según R.N.E E.070
(Pulg)	(mm)					
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.0	100	100
N°4	4.75	48.60	8.10	8.10	91.90	100
N°8	2.36	129.20	21.53	29.63	70.37	95 a 100
N°16	1.18	187.90	31.32	60.95	39.05	70 a 100
N°30	0.60	124.00	20.67	81.62	18.38	40 a 75
N°50	0.30	58.50	9.75	91.37	8.63	10 a 35
N°100	0.15	37.10	6.18	97.55	2.45	2 a 15
Fondo		14.70	2.45	100.00	0.00	
Muestra total:		600.0				

Fuente: Elaboración propia

A partir del porcentaje pasante (tabla 19) se realizó el módulo de finura a partir de la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenidos acumulados tamices}}{100}$$

$$MF = 3,69$$

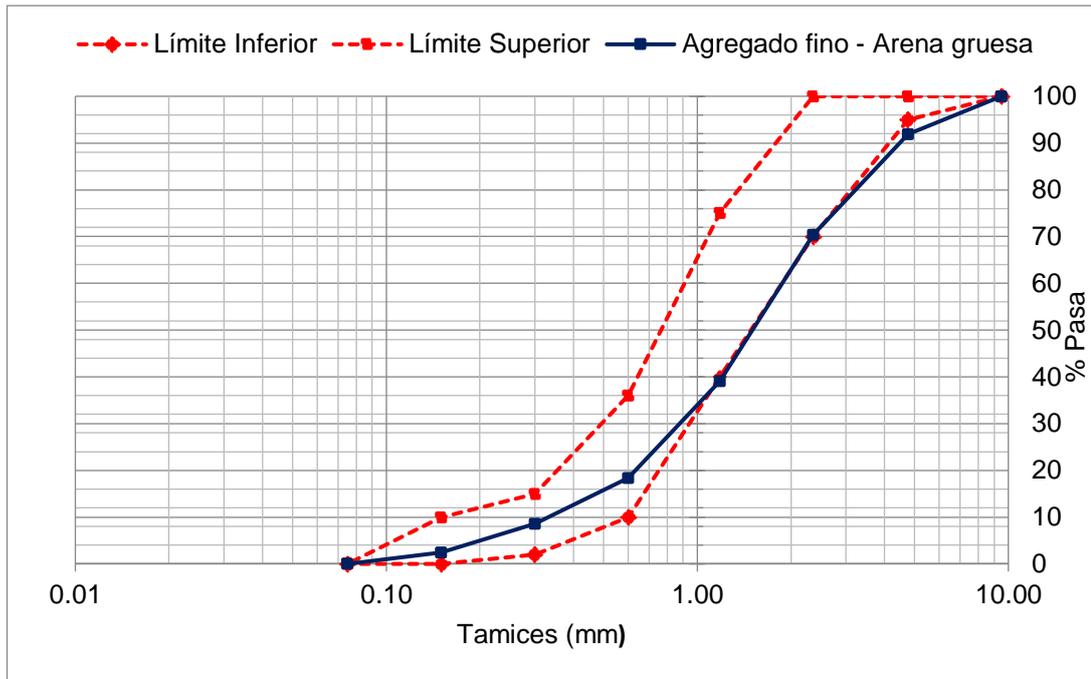


Figura 52. Curva granulométrica del agregado fino – arena gruesa
Fuente: Elaboración propia



Figura 53. Tamizado del vidrio crudo
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Análisis granulométrico agregado fino – vidrio crudo molido

TAMIZ		Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Granulometría % pasa según N.T.P 400.037:2018
(Pulg)	(mm)					
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N°4	4.75	8.61	1.44	1.44	98.57	95 a 100
N°8	2.36	108.13	18.02	19.46	80.54	80 a 100
N°16	1.18	170.45	28.41	47.87	52.14	50 a 85
N°30	0.60	130.35	21.73	69.59	30.41	25 a 60
N°50	0.30	77.12	12.85	82.44	17.56	5 a 30
N°100	0.15	64.70	10.78	93.23	6.77	0 a 10
Fondo		40.64	6.77	100.00	0.00	
Muestra total:		600.00				

Fuente: Elaboración propia

A partir del porcentaje pasante (tabla 20), se realizó el módulo de finura a partir de la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenidos acumulados tamices}}{100}$$

$$MF = 3,14$$

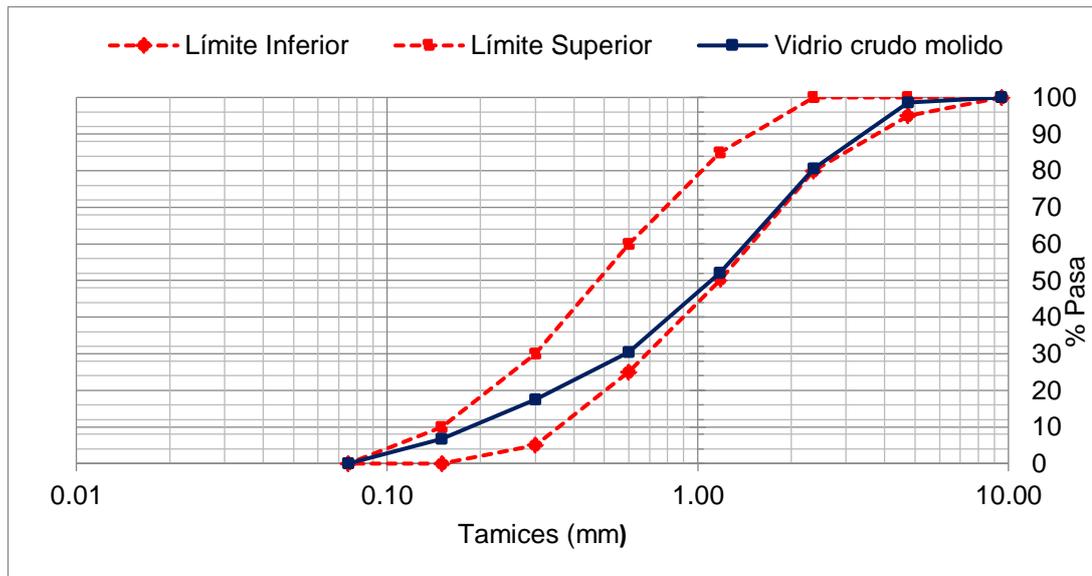


Figura 54. Curva granulométrica vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia

Peso Unitario

Se calculó la relación entre el peso del material y el volumen del recipiente. Se determinó dos tipos de peso unitario suelto y compactado, según NTP 400.017 (tabla 21).

Tabla 21
Capacidad del recipiente de los agregados

TNM de los agregados		Capacidad del recipiente	
mm	pulg.	m ³	p ³
12.5	1/2"	0.00283168 (2.8)	1/10
25	1	0.00943895 (9.3)	1/3
37.5	1 1/2"	0.0141584 (14)	1/2
75	3	0.0283168 (28)	1
100	4	0.0707921(70)	2 1/2
125	5	0.099109 (100)	3 1/2

Fuente: N.T.P 400.017:2020

Para determinar el peso unitario, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Balanza electrónica marca A&D GF-20K

Herramientas:

Cámara fotográfica

Molde metálico

Plancha para batir

Barra compactadora 5/8"

Materiales:

Agregado grueso

Agregado fino

Para determinar el peso unitario suelto, se llenó con el agregado el molde metálico sin ejercer presión alguna y enrasando la superficie con la varilla de acero, luego se pesó (figura 55).



Figura 55. Peso unitario de los agregados
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los resultados del peso unitario suelto de los agregados a partir de la siguiente expresión:

$$PUs = Ws / VR$$

Donde

Ws: Peso del agregado suelto (kg)

VR: Volumen de recipiente (m³) (tabla19)

Tabla 22
Determinación del peso unitario suelto

	Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso
1	Peso de la muestra + recipiente (kg)	5.9053	5.4987
2	Peso del recipiente (kg)	1.5744	1.5744
3	Peso de la muestra (kg) (1-2)	4.3309	3.9243
4	Volumen del recipiente (m ³)	1/10 p3	1/10 p3
5	Peso unitario suelto (kg/m ³) (3/4)	1529	1386

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el peso unitario compactado, se llenó el molde metálico en tres capas de un tercio cada una, se compactó con la varilla de metal 25 veces cada capa. Finalmente, se colocó la última capa excediendo ligeramente el volumen del recipiente, luego se compactó y enrasó su superficie con la varilla de acero para retirar el exceso de agregado, y se pesó.



Figura 56. Peso unitario compactado de los agregados
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los resultados del peso unitario compactado de los agregados a partir de la siguiente expresión:

$$PU_C = W_C / V_R$$

Donde

W_C : Peso del agregado compactado (kg)

V_R : Volumen de recipiente (m^3) (tabla 21)

Tabla 23
Determinación del peso unitario compactado

	Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso
1	Peso de la muestra + recipiente (kg)	6.3573	5.9022
2	Peso del recipiente (kg)	1.5744	1.5744
3	Peso de la muestra (kg) (1-2)	4.7829	4.3278
4	Volumen del recipiente (m ³)	1/10 p3	1/10 p3
5	Peso unitario compactado kg/m³ (3/4)	1689	1528

Fuente: Elaboración propia

Contenido de humedad

Se utilizó la cantidad mínima de material para el ensayo (tabla 24). La muestra se colocó en el horno para obtener un peso constante, y se dejó enfriar al aire libre durante una hora. Finalmente, se registró el peso de la muestra.

Para determinar el contenido de humedad, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Balanza electrónica marca A&D GF-20K

Horno eléctrico 110°C ± 5°C marca Raypa

Herramientas:

Cámara fotográfica

Recipiente

Materiales:

Agregado grueso (1 000 g)

Agregado fino (500 g)

Tabla 24
Cantidad mínima de agregado

TMN	Cantidad mínima (kg)
Nº4 (4.75 mm)	0.5
3/8" (9.5 mm)	1.5
1/2" (12.5 mm)	2
3/4" (19 mm)	3
1" (25 mm)	4
1 1/2" (37.5 mm)	6

Fuente: N.T.P 339.185, Rev.2018



Figura 57. Enfriando muestra
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los resultados del porcentaje de humedad de los agregados a partir de la siguiente expresión:

$$H (\%) = 100 \times (W_h - W_s) / W_s$$

Donde

W_h : Peso del agregado en estado húmedo (g)

W_s : Peso del agregado en estado seco (g)

Tabla 25
Determinación del contenido de humedad

	Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso
1	Peso de la muestra en estado húmedo (g) (Wh)	500.00	1000.00
2	Peso de la muestra seca al horno (g) (Ws)	491.20	993.90
3	Peso del agua pérdida (g) (1-2)	8.80	6.10
4	Contenido de humedad (%) (3/2)	1.79%	0.61%

Fuente: Elaboración propia

Peso específico y absorción

Se utilizó la cantidad mínima de material para los ensayos (tabla 26). El peso específico se calculó en función de la relación de la masa de un volumen unitario con el volumen del agua. En cambio, la absorción es el aumento de la masa del agregado debido a que el agua penetra en los poros durante un tiempo de 24 horas.

Para determinar el peso específico y la absorción, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Balanza electrónica marca A&D GF-20K

Cocina eléctrica marca Finezza

Horno eléctrico 110 °C ± 5 °C marca Raypa

Balanza hidrostática

Cesta metálica, confeccionada de malla N°4

Picnómetro 500 cm³

Herramientas:

Cámara fotográfica

Recipiente metálico

Cono metálico y pisón

Franela

Materiales:

Agregado grueso

Agregado fino

Agua

Tabla 26

Cantidad mínima de la muestra de ensayo de los agregados

TMN	Cantidad mínima (kg)
1/2" (12.5 mm)	2
3/4" (19 mm)	3
1" (25 mm)	4
1 1/2" (37.5 mm)	5
2" (50 mm)	8
2 1/2" (63 mm)	12

Fuente: N.T.P 400.021:2020

Para determinar el peso específico del agregado fino, según N.T.P 400.022, se tomó una muestra de 1 000 g y se sumergió por 24 horas, luego se retiró el agua de la muestra saturada. La muestra se colocó en un recipiente sobre una cocina eléctrica y se movió el agregado para que seque uniformemente (figura 58). A continuación, se seleccionó 500 g de la muestra saturada superficialmente seca para realizar el método del cono, con el fin de evaluar el nivel de saturación de una muestra. Para ello, se introdujo la muestra de 500 g en un molde cónico lleno de arena, se le apisonó con 25 golpes por su menor diámetro, y se elevó rápidamente en forma vertical para evaluar el nivel de saturación de la muestra del montículo de arena.

El montículo presentó caída por los lados (figura 59), por lo que se encontró saturado superficialmente seco (S.S.S).



Figura 58. Agregado fino S.S.S
Fuente: Elaboración propia



Figura 59. Colocación del agregado fino en el cono y estado S.S.S de la muestra
Fuente: Elaboración propia

Obtenido el agregado saturado superficialmente seco, se introdujo la muestra de 500 g al picnómetro, se agregó agua al 70 % de su capacidad para eliminar las burbujas visibles, se agitó y rodó manualmente en un ángulo de 45°, se llenó con agua adicional hasta la marca superior del picnómetro, y nuevamente se eliminó la totalidad de burbujas para determinar el peso total en conjunto (figura 60). Finalmente se colocó el contenido del picnómetro en un recipiente, se dejó reposar entre 15 y 20 minutos, se eliminó el agua del recipiente con una pipeta para evitar retirar partículas finas del agregado, y se

llevó a la estufa por 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ con el fin de obtener su peso seco.

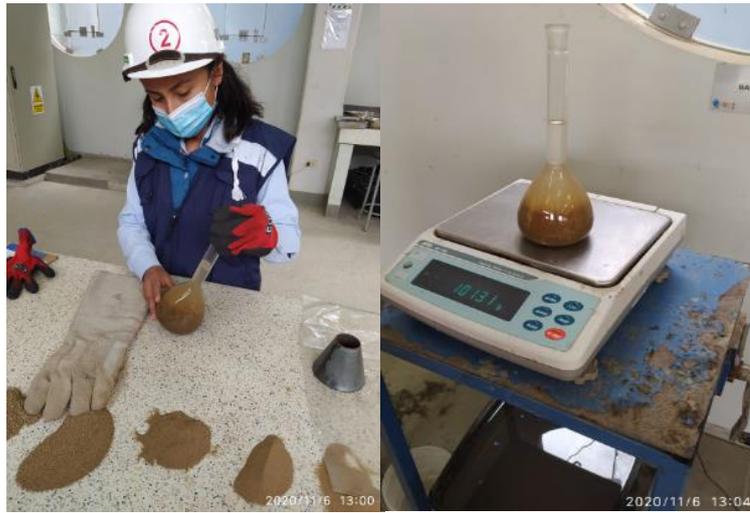


Figura 60. Eliminación de burbuja del agregado fino y peso en conjunto
Fuente: Elaboración propia



Figura 61. Reposo del agregado fino en el recipiente
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los valores de peso específico y la absorción del agregado fino de la muestra a partir de las siguientes expresiones:

$$P.E. \text{ Masa} = \frac{A}{V - W} \quad P.E. \text{ Masa }_{sss} = \frac{500}{V - W}$$

$$P.E. \text{ Aparente} = \frac{A}{V - W - (500 - A)}$$

$$\% \text{ Abs} = \frac{(500 - A) \times 100}{A}$$

Donde

P.E.: Peso específico

A: Peso de la arena seco al horno (g)

V: Volumen del picnómetro (cm³)

W: Peso del agua

Tabla 27
Determinación del peso específico y absorción agregado fino

	Descripción	Ag. Fino
1	Peso de la arena superficialmente seca (g)	500.00
2	Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua (g)	1013.10
3	Peso del picnómetro	204.80
4	Peso del agua (g) (W)	308.30
5	Peso de la arena seca al horno (A)	492.10
6	Volumen del picnómetro (V)	500.00
7	Peso específico de masa (g/ cm ³)	2.57
8	P.E. de masa superficialmente seco (g/ cm ³)	2.61
9	P.E. Aparente (g/ cm ³)	2.68
10	Porcentaje de absorción	1.61

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el peso específico del agregado grueso, según NTP 400.021, se obtuvo una muestra representativa de 5000 g, luego se seleccionó una porción (tabla 24), se lavó el agregado para eliminar todo tipo de partículas finas, se secó el material al horno, se dejó enfriar y se sumergió en un balde con agua. La muestra se secó sobre una franela para obtener una

muestra en condición saturada con superficie seca (figura 62). Asimismo, se obtuvo el peso saturado con superficie seca en la canastilla metálica de la balanza hidrostática y se determinó el peso sumergido del agregado grueso. Finalmente, se colocó al horno por 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (figura 63).



Figura 62. Retiro del confitillo y secado de la muestra con franela
Fuente: Elaboración propia



Figura 63. Pesado del agregado grueso y colocado al horno
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los valores del peso específico y la absorción del agregado grueso de la muestra a partir de las siguientes expresiones:

$$\text{P.E. Masa} = \frac{A}{B - C} \quad \text{P.E. Masa}_{\text{sss}} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{P.E. Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$\% \text{ Abs} = \frac{(B - A) \times 100}{A}$$

Donde

P.E.: Peso específico

A: Peso de la muestra seco al horno (g)

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g)

C: Peso de la muestra saturada en agua (g)

Tabla 28
Determinación del peso específico y absorción agregado grueso

	Descripción	Ag. Grueso
1	Peso de la muestra secada al horno (g) (A)	2951.20
2	Peso de la muestra S.S.S. (g) (B)	3000.00
3	Peso de la muestra saturada en agua (g) (C)	1873.20
4	Peso específico de masa (g/ cm ³)	2.62
5	P.E. de masa superficialmente seco (g/ cm ³)	2.66
6	P.E. Aparente (g/ cm ³)	2.74
7	Porcentaje de absorción	1.65

Fuente: Elaboración propia

4.3. Diseño del ladrillo de concreto

En la tabla 29 se consigna las características físicas del agregado fino, del agregado grueso y del cemento para hacer un diseño acorde con las propiedades de los agregados.

Tabla 29

Características físicas de los agregados para el diseño

Diseño $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$			
Agregados	Item	Arena	Piedra
	P.Específico (gr/cm^3)	2.57	2.62
	P.U. Suelto (kg/cm^3)	1529	1386
	P.U. Compactado (kg/cm^3)	1689	1528
	Absorción (%)	1.61	1.65
	Contenido humedad (%)	1.79	0.61
	T.M.N		Nº4
	Modulo Fineza	3.69	5.43
Cemento tipo sol I			
Peso específico (gr/cm^3)		3.15	
Slump			
Asentamiento		0" - 1"	
Aire			
% aire atrapado		3	
Relación A/C			
A/C		0.34	
Volumen del molde metálico del ladrillo = 0.002 m^3			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30 se muestra tres diseños de concreto patrón, con el fin de evaluar cuál es el tipo de mezcla óptimo y cuál presenta mejor comportamiento mecánico.

Tabla 30

Tres diseños de mezcla $f'c = 180 \text{ kg/cm}^3$

	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
Cemento	12.4 kg.	13 kg.	14.4 kg
Arena	35.1 kg.	34.5 kg.	33.1 kg.
Piedra	1.9 kg	1.8 kg.	1.8 kg.
Agua	4.6 l.	4.6 l.	4.8 l.

Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo a compresión de los ladrillos de concreto de los tres diferentes diseños a $f'c = 180 \text{ kg/cm}^3$

El procedimiento de la elaboración de la mezcla fue el mismo para los tres diseños.

En la figura 64, se muestra la elaboración de la mezcla: se vació a la mezcladora los agregados y el agua al 50 % del total, luego se vació el cemento y se agregó el 50 % de agua restante. Cuando todos los elementos de la mezcla fueron vaciados en su totalidad, se dejó mezclar entre 4 y 5 minutos.



Figura 64. Elaboración de la mezcla
Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos de concreto se ubicaron en moldes metálicos con desmoldante en la mesa vibratora, se vació y vibró el concreto en dos capas (30 segundos cada capa); finalmente, se enrazó de tal manera que no quedara ningún espacio vacío en la superficie (figura 65).



Figura 65. Ubicación de molde metálico en mesa vibratora, vaciado y vibrado del ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

En la figura 66 se muestra el desmolde del ladrillo de concreto: fue retirado a una velocidad constante y con cuidado para no dañar la estructura, agrietarla o romper las aristas del ladrillo.



Figura 66. Desmolde de los ladrillos de concreto
Fuente: Elaboración propia



Figura 67. Tres diferentes diseños de mezcla $f'c = 180 \text{ kg/cm}^3$
Fuente: Elaboración propia

En la figura 68 se muestra el rotulado de los 3 diferentes diseños de mezcla para los ladrillos de concreto realizados el día anterior. Los ladrillos de concreto fueron curados con una solución de agua con cal.



Figura 68. Rotulado y curado de los tres diferentes diseños de mezcla $f'c=180\text{kg/cm}^3$
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 69, se muestra el refrentado (*capping*) de las caras del ladrillo de concreto con un espesor no mayor de 3,2 mm, con el fin de corregir los efectos de concavidad, convexidad y paralelismo para que adquiera una distribución uniforme al aplicar la carga de la prensa. El refrentado se realizó con una mezcla de yeso y cemento en una proporción de 1:2 y se dejó secar mínimo 2 días antes del ensayo.



Figura 69. Refrentado del ladrillo de concreto
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 70 se muestra el ensayo de compresión a las unidades de albañilería para determinar cuál de los tres diseños es el óptimo.



Figura 70. Ensayo de compresión a las unidades de albañilería
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se detalla los resultados del ensayo de compresión axial a las unidades de albañilería ($f'b$) realizados a los tres tipos de ladrillo patrón (LP). Se eliminó el valor más alto y el más bajo de cada LP. Finalmente, se concluyó que el diseño 3 (LP3) es el óptimo.

Tabla 31
Compresión axial a la unidad de albañilería a los 7 días

	Ladrillo	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	$f'b$ (kg/cm ²)
LP1	1	283.4	19200	67.75
	2	283.4	15600	55.05
	3	280.8	16800	59.83
	4	282.1	22600	80.11
	5	284.27	14400	50.66
				60.87
LP2	1	287.76	12800	44.48
	2	284.27	14000	49.25
	3	285.58	23400	81.94
	4	282.96	11400	40.29
	5	283.44	15800	55.74
				49.82
LP3	1	277.72	38200	137.55
	2	277.72	52600	189.40
	3	283.8	51600	181.82
	4	284.27	58400	205.44
	5	282.93	67000	236.81
				192.22

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el mejor diseño, se inició la fabricación de 268 unidades de albañilería, según se muestra en la tabla 32.

Tabla 32
Fabricación de ladrillos de concreto

	Unidades
Ladrillo patrón	67
Ladrillo con 10% de vidrio	67
Ladrillo con 25% de vidrio	67
Ladrillo con 50% de vidrio	67
Total	268

Fuente: Elaboración propia

4.4. Fabricación y ensayo a compresión a las unidades de ladrillos de concreto

Debido a que el número de ladrillos a elaborar fue numeroso y la zona de trabajo fue reducido, la fabricación de ladrillos se realizó en 67 unidades por día. Se realizó la dosificación según cada lote de ladrillos a elaborar.

Para la fabricación y el ensayo a compresión, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Mezcladora marca Bauker 1,14 hp de capacidad 210 litros

Mesa vibradora de 56 cm x 56 cm marca Syntron

Balanza electrónica marca A&D GF-20K

Herramientas:

Molde metálico de 22 cm x 13 cm x 9 cm

Buggy

Plancha para batir

Espátula

Frotacho de madera

Materiales:

Arena gruesa

Confitillo

Cemento

Vidrio crudo molido

Agua

Aceite desengrasante para moldes metálico

Fabricación y ensayo a compresión a las unidades de ladrillos de concreto patrón

El ensayo destructivo a las unidades de albañilería fue a los 21 días, que rigieron desde la fecha de su fabricación. En la tabla 33 se detalla la dosificación para la fabricación de 67 unidades de ladrillo patrón.

Tabla 33
Diseño de ladrillos de concreto patrón

	Cantidad
Cemento Sol	98.49 kg
Arena gruesa	219.09 kg
Piedra "Confitillo"	11.39 kg
Agua	32.83 l.
Relación: AC	0.34

Fuente: Elaboración propia



Figura 71. Vibrado, frotachado, fabricación y desmolde de ladrillos de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 72. Fabricación de ladrillos de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Una vez secos los ladrillos de concreto patrón, se llevaron a la zona de reposo donde se rotularon y se humedecieron sus superficies tres veces al día con un pulverizador de agua. Luego, se cubrieron con plástico para mantenerlos húmedos (figura 72).



Figura 73. Rotulado y curado de ladrillos de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 74. Refrentado de ladrillos de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 75. Ensayo de compresión en ladrillos de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Fabricación y ensayo a compresión a las unidades de ladrillos de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido

El ensayo destructivo a las unidades de albañilería fue a los 21 días, que rigieron desde la fecha de su fabricación. En la tabla 34 se detalla la dosificación para la fabricación de 67 unidades de ladrillos de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido.

Tabla 34
Diseño de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido

	Cantidad
Cemento Sol	98.49 kg
Arena gruesa	197.18 kg
Vidrio	21.91 kg
Piedra "Confitillo"	11.39 kg
Agua	32.83 l.
Relación: A/C	0.34

Fuente: Elaboración propia



Figura 76. Vibrado, fabricación y desmolde de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 77. Fabricación de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Una vez secos los ladrillos de concreto con 10 % de adición de vidrio molido, se llevaron a la zona de reposo donde se rotularon y se humedecieron sus superficies tres veces al día con un pulverizador de agua. Luego, se cubrieron con plástico para que el agua no se evapore rápidamente (figura 78).



Figura 78. Curado de ladrillos con 10% vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 79. Refrentado de ladrillos con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 80. Ensayo de compresión en ladrillos con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Fabricación y ensayo a compresión a las unidades de ladrillos de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido

El ensayo destructivo a las unidades de albañilería fue a los 21 días, que rigieron desde la fecha de su fabricación. En la tabla 35, se detalla la dosificación para la fabricación de 67 unidades de ladrillos de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido.

Tabla 35
Diseño de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido

	Cantidad
Cemento Sol	98.49 kg
Arena gruesa	164.32 kg
Vidrio	54.77 kg
Piedra "Confitillo"	11.39 kg
Agua	32.83 l.
Relación: A/C	0.34

Fuente: Elaboración propia

Antes de iniciar la fabricación de ladrillos, se colocó plástico en el suelo en la zona destinada al desmolde de ladrillos. Una vez concluida la fabricación del tercer lote de ladrillo de concreto (con 25 % de vidrio crudo molido triturado) de 67 unidades, se dejaron secar hasta el siguiente día (figura 81 y 82).



Figura 81. Vibrado, fabricación y desmolde de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 82. Fabricación de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Una vez secos los ladrillos de concreto con 25 % de adición de vidrio molido, se llevaron a la zona de reposo donde se rotularon y se humedecieron sus superficies tres veces al día con un pulverizador de agua. Luego, se cubrieron con plástico para que el agua no se evapore rápidamente (figura 83).



Figura 83. Rotulado y curado de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 84. Refrentado de ladrillos con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 85. Ensayo de compresión en ladrillos con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Fabricación y ensayo a compresión a las unidades de ladrillos de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido

El ensayo destructivo a las unidades de albañilería fue a los 21 días, que rigieron desde la fecha de su fabricación. En la tabla 36 se detalla la dosificación para la fabricación de 67 unidades de ladrillos de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido.

Tabla 36
Diseño de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido

	Cantidad
Cemento Sol	98.49 kg
Arena gruesa	109.55 kg
Vidrio	109.55 kg
Piedra "Confitillo"	11.39 kg
Agua	32.83 l.
Relación: A/C	0.34

Fuente: Elaboración propia

Antes de iniciar la fabricación de ladrillos, se colocó plástico en el suelo en la zona destinada a su desmolde. Una vez concluida la elaboración del cuarto lote de 67 unidades de ladrillo de concreto (con 50 % de vidrio crudo molido triturado), se los dejó secar hasta el siguiente día (figura 86 y 87).



Figura 86. Vibrado, fabricación y desmolde de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 87. Fabricación de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Una vez secos los ladrillos de concreto con 50 % de adición de vidrio molido, se los llevó a la zona de reposo donde se rotularon y humedecieron sus superficies tres veces al día con un pulverizador de agua. Luego, se los cubrió con plástico para que el agua no se evapore rápidamente (figura 88).



Figura 88. Rotulado y curado de ladrillos con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 89. Refrentado de ladrillos con 50 % vidrio crudo
Fuente: Elaboración propia



Figura 90. Ensayo de compresión en ladrillos con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

4.5. Elaboración y ensayo a compresión de mortero en especímenes de cubos

Para la elaboración del mortero se siguió los parámetros de la R.N.E E 070 de albañilería; en cuanto a sus componentes, proporciones y granulometría se tuvo en cuenta la NTP 399.607 y NTP 399.610 (tabla 11 y 13 del apartado 2.2).

Además, el ensayo destructivo de los cubos de mortero se realizó el mismo día que los ensayos de muretes y prismas de cada dosificación de ladrillo de concreto, con el fin de verificar la calidad de mortero.

Para la elaboración y ensayo a compresión de mortero en especímenes de cubos, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Balanza digital marca A&D GF-20K

Prensa marca ELE-INTERNATIONAL, modelo 36-0650/06

Herramientas:

Tamiz N°4 y N°20

Molde metálico de 5,0 x 5,0 x 5,0cm

Bandeja metálica

Cuchara de plástico

Enrasador de jebe

Materiales:

Arena gruesa

Cemento

Sikacem Acelerante PE

Agua

Aceite desengrasante para moldes metálico

La dosificación del mortero es de relación de 1:4 de cemento sol portland tipo I y arena gruesa. A la mezcla de mortero se agregó Sikacem Acelerante PE, pues los ensayos destructivos de muretes y prisma se realizan a los 14 días de su elaboración. Según la ficha técnica, se debe aplicar por cada kilogramo de cemento entre el 1 % a 4 % de acelerante, por lo que en esta investigación se aplicó el 2,5 % del peso de cemento a todo el mortero

en la elaboración de pilas y muretes de las 4 dosificaciones (0 % vidrio, 10 % vidrio, 25 % vidrio y 50 % vidrio) de ladrillo de concreto.

En la tabla 37 se muestra la dosificación del mortero para elaborar los muretes y prismas.

Tabla 37
Dosificación para la elaboración de prisma y murete

Mortero C: AF (1:4)	Cemento	Agregado fino	SikaCem Acelerante Pe	Agua
Prisma y murete (Ladrillo de concreto patrón)	23 kg	92 kg	0.575 kg	16.18 kg
Prisma y murete (Ladrillo de concreto con 10% vidrio)	23 kg	92 kg	0.575 kg	16.18 kg
Prisma y murete (Ladrillo de concreto con 25% vidrio)	23 kg	92 kg	0.575 kg	16.18 kg
Prisma y murete (Ladrillo de concreto con 50% vidrio)	23 kg	92 kg	0.575 kg	16.18 kg

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de mortero consistió en tamizar el agregado fino con el tamiz N°4 para retirar los granos de mayor tamaño (figura 91).



Figura 91. Tamizando el agregado fino de manera manual
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 92 se muestra el peso de cemento por cada tanda (9 kg, 36 kg de arena y 225 g de acelerante), que se combinó con 6,33 kg de agua.



Figura 92. Peso del cemento y acelerante para mortero
Fuente: Elaboración propia

La muestra de los morteros usados en la elaboración de pilas y muretes se colocó en moldes de 5 cm x 5 cm y se elaboró testigos de 3 cubitos de mortero por cada lote. El molde se llenó en dos capas —la primera capa hasta los $\frac{2}{3}$ de la altura—, que se compactaron con un pistón con 32 golpes, y luego se enrasó y alisó la superficie con un badilejo. Finalmente, se desmoldó los cubos para el proceso de curado con miras al ensayo a compresión.



Figura 93. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 94. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto con 10 % vidrio
 Fuente: Elaboración propia



Figura 95. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto con 25 % vidrio
 Fuente: Elaboración propia



Figura 96. Elaboración de cubos de mortero de prisma y murete con ladrillo de concreto con 50 % vidrio
 Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra en las figuras los ensayos a compresión realizados a los cubos de mortero a los 14 días de la elaboración de los diferentes prismas y muretes.



Figura 97. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 98. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto con 10 % vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura 99. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto con 25 % vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura 100. Ensayo a compresión de mortero en la elaboración de prisma y mortero con ladrillo de concreto con 50 % vidrio
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 38 se muestra la resistencia a compresión de especímenes de cubos de mortero usados en la elaboración de los cuatro lotes de prismas y muretes.

Tabla 38

Resistencia a compresión de mortero para la elaboración de prismas y muretes

Mortero para prisma y	Muestra	Fecha elaboración	Fecha de ensayo	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga de rotura (KN)	Carga (Kgf)	f'c (Kgf/cm ²)
				Largo	Ancho	Altura				
Ladrillo de concreto patrón	M - 1	26/11/2020	10/12/2020	5.10	5.00	5.00	25.50	47.80	4874.17	191.14
	M - 2	26/11/2020	10/12/2020	5.00	5.00	5.00	25.00	49.36	5033.24	201.33
	M - 3	26/11/2020	10/12/2020	5.10	5.00	5.00	25.50	50.64	5163.76	202.50
Promedio f'c (Kgf/cm²)										198.32
Ladrillo de concreto con 10% vidrio	M - 1	27/11/2020	14/12/2020	5.10	5.00	5.00	25.50	60.66	6185.50	242.57
	M - 2	27/11/2020	14/12/2020	5.10	5.00	5.10	25.50	55.32	5640.98	221.21
	M - 3	27/11/2020	14/12/2020	5.10	5.00	5.00	25.50	62.62	6385.36	250.41
Promedio f'c (Kgf/cm²)										238.06
Ladrillo de concreto con 25% vidrio	M - 1	01/12/2020	15/12/2020	5.10	5.00	5.10	25.50	48.96	4992.45	195.78
	M - 2	01/12/2020	15/12/2020	5.00	5.10	5.10	25.50	49.39	5036.30	197.50
	M - 3	01/12/2020	15/12/2020	5.00	5.00	5.10	25.00	50.34	5133.17	205.33
Promedio f'c (Kgf/cm²)										199.54
Ladrillo de concreto con 50% vidrio	M - 1	02/12/2020	16/12/2020	5.05	5.15	5.05	26.01	51.78	5280.01	203.02
	M - 2	02/12/2020	16/12/2020	5.04	5.10	5.08	25.70	51.32	5233.10	203.59
	M - 3	02/12/2020	16/12/2020	5.02	5.08	5.01	25.50	51.92	5294.28	207.61
Promedio f'c (Kgf/cm²)										204.74

Fuente: Elaboración propia

4.6. Elaboración y ensayo a compresión axial de prismas y muretes

Elaboración de prismas y muretes

La elaboración de pilas y muretes es un proceso muy importante, ya que depende directamente del comportamiento del muro portante de albañilería en cuanto a su sostenimiento y funcionalidad. Por esta razón, se tomó en cuenta todos los criterios de la R.N.E E.070 para su elaboración y de la NTP 399.605, NTP 399.621 para sus ensayos. Para determinar el número de pilas y muretes a elaborar, se siguió la norma E 070, que indica el número de pilas y muretes para la zona sísmica 3, 2 y 1.

Para la elaboración de prismas y muretes, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Prensa marca TOKYOKOKI SEIZOSHO

Balanza electrónica marca A&D GF-20K"

Tamiz N°4

Tamiz N°20

Herramientas:

Plancha para batir

Plomada

Espátula

Nivel de mano

Plancha de acero e = 1"

Cuchara plástica

Cuchara metálica

Plástico

Bandeja metálica

Materiales:

Arena gruesa

Cemento

Acelerante para mortero

Yeso

Agua

Ladrillo de concreto patrón (57 unidades)

Ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido (57 unidades)

Ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido (57 unidades)

Ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido (57 unidades)

a) Elaboración de prisma

Los prismas son indispensables en una edificación. Su altura o esbeltez debe ser mínima para conseguir su fácil manipulación en el montaje de ensayo. Se construyeron con las unidades asentadas en forma de pila (una sobre otra) ya libres de humedad. Se recomienda que las pilas tengan mínimo 3 hiladas. En la presente investigación se usó cuatro hiladas por cada prisma (pila) unidas mediante mortero. Para el espesor de las juntas de mortero se aplicó lo indicado en el R.N.E E070—10 mm (mínimo) y 15 mm (máximo)—, y para la elaboración de las pilas las juntas horizontales y verticales fue 1,5 cm. Además, se verificó que cada hilada esté nivelada tanto verticalmente como horizontalmente para obtener una lectura certera al realizar el ensayo (figura 101).



Figura 101. Verificación de nivel del prisma de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Después de su elaboración, las pilas se cubrieron con plástico— por un plazo mínimo de 14 días— para que el mortero no pierda agua y tenga un fraguado más largo, necesario para el futuro ensayado.



Figura 102. Cubriendo los prismas de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

El refrentado o *capping* se realizó por lo menos tres días antes de ensayarlos a compresión. En la figura 103 se muestra la verificación de refrentado de los prismas.



Figura 103. Verificación de nivel del refrentado del prisma de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se ensayó los prismas a los 14 días de su elaboración, se tomó cuatro medidas por cada una de las dimensiones del prisma y se obtuvo un promedio. El prisma se centró en la cara inferior de la prensa hidráulica, se anotó los datos y se determinó su resistencia a compresión (figura 104).



Figura 104. Ensayo de compresión del prisma
Fuente: Elaboración propia

Elaboración de prismas con ladrillo de concreto patrón



Figura 105. Verificación de nivel y elaboración del prisma de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 106. Cubierta de prisma de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 107. Capping de prisma de ladrillo concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

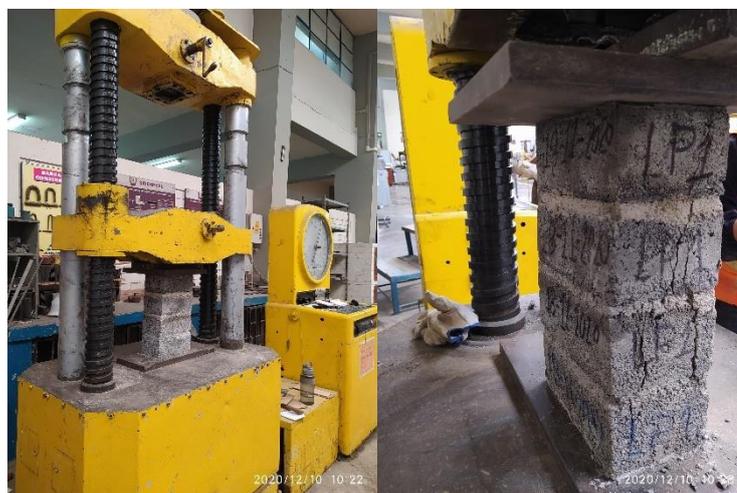


Figura 108. Ensayo de compresión del prisma de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Las fallas generadas por las cargas axiales de compresión son grietas verticales desde la segunda hasta la cuarta hilada asentada. Los prismas no presentaron aplastamiento y tuvieron una falla ideal porque ella se dio en la cara de menor dimensión que corta la unidad y el mortero (figura 109).



Figura 109. Fallas de prismas del ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo de prismas con ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido

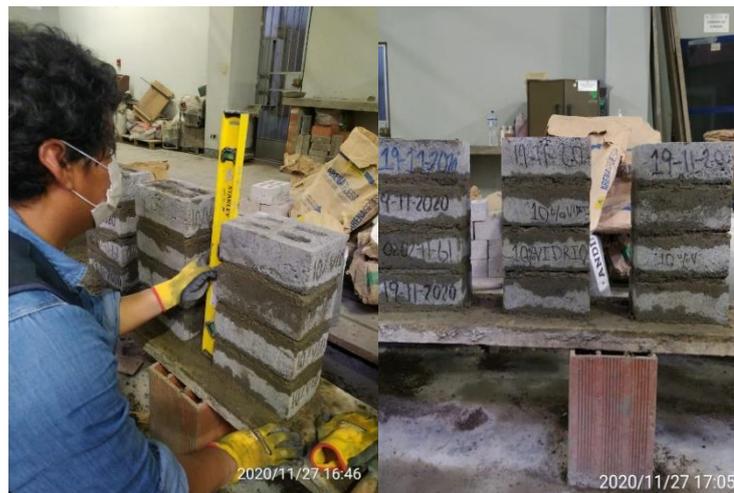


Figura 110. Verificación de nivel y elaboración de prisma con ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 111. Cubierta de prismas de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 112. Refrentado del prisma de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 113. Ensayo de compresión del prisma de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Las fallas generadas por las cargas axiales de compresión son grietas verticales desde la segunda hasta la cuarta hilada asentada. Este tipo de falla se presentó en los bordes de la cara de mayor y menor dimensión del ladrillo que corta la unidad y el mortero (figura 114).



Figura 114. Fallas de prismas de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo de prismas con ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido



Figura 115. Verificación de nivel y elaboración del prisma de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 116. Cubierta de prismas de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 117. Refrentado del prisma de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 118. Ensayo de compresión del prisma de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Las fallas generadas por las cargas axiales de compresión son grietas verticales desde la segunda hasta la cuarta hilada asentada. Este tipo de falla se dio en los bordes de la cara de mayor de la parte superior. Las pilas no presentaron aplastamiento (figura 118).



Figura 118. Fallas de prismas de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo de prismas con ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido



Figura 119. Elaboración del prisma de ladrillo de concreto con 25 % de vidrio crudo
Fuente: Elaboración propia



Figura 120. Verificación de nivel y cubierta de prismas de ladrillo de concreto con 50 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 121. Refrentado del prisma de ladrillo de concreto con 50 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Las fallas generadas por las cargas axiales de compresión son grietas verticales desde la primera hasta la cuarta hilada asentada que corta la unidad y el mortero. Estas pilas presentaron un ligero aplastamiento en la última hilada asentada (figura 122).



Figura 122. Fallas de prismas de ladrillo de concreto con 50 % de vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

a) Elaboración de muretes

Se elaboró 6 hiladas de 2,5 unidades de albañilería por cada murete. El espesor de las juntas de mortero —según el R.N.E E.070— es de 10 mm como mínimo y 15 mm como máximo. Para la elaboración de muretes, las juntas horizontales y verticales fueron de 1,5 cm. Se verificó que cada hilada esté nivelada tanto verticalmente como horizontalmente para obtener una lectura certera al realizar el ensayo (figura 123).



Figura 123. Verificación de nivel y elaboración de murete de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Al finalizar los muretes, fueron cubiertos con plástico para que el mortero no pierda agua y tenga un fraguado más largo. El tiempo mínimo para

efectuar el ensayo es de 14 días después de la elaboración del murete (figura 124).



Figura 124. Los muretes con ladrillo de concretos cubiertos
Fuente: Elaboración propia

Para realizar el ensayo de compresión diagonal se midió las dimensiones del murete (largo, ancho, su espesor y su diagonal). Se colocó los apoyos metálicos de tal manera que las esquinas estuvieran alineadas verticalmente en el murete y se centraron en la cara inferior de la máquina de compresión. Se colocó los soportes de seguridad para evitar accidentes y se anotó la carga cuando se produjo la ruptura diagonal del murete (figura 125).



Figura 125. Ensayo de murete de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo de murete con ladrillo de concreto patrón



Figura 126. Nivelación de muretes con ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 127. Elaboración y cubierta de muretes con ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Este ensayo se realizó a partir de los 14 días de la elaboración. Antes del inicio del ensayo, se plomó el murete —para verificar que las esquinas estuviesen verticalmente alineadas— y se instaló los soportes metálicos de seguridad con su espárrago (figura 128).



Figura 128. Plomeado del vértice al eje del soporte base del ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

En el ensayo se verificó que la falla fue una línea vertical a lo largo de la diagonal, tanto en el ladrillo como en el mortero, lo que significa que la falla es adecuada, por lo tanto, hubo una buena adherencia del mortero (figura 129).



Figura 129. Ensayo de murete de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo de murete con ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 130. Nivelación de muretes con ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 131. Elaboración de muretes culminado con ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 132. Cubierta de muretes con ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 133. Plomeado del vértice al eje del soporte base del ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

En el ensayo se verificó que la falla fue una línea vertical a lo largo de la diagonal, tanto en el ladrillo como en el mortero, lo que significa que la falla es adecuada, por lo tanto, hubo una buena adherencia del mortero (figura 134).



Figura 134. Ensayo de murete de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo de murete con ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 135. Elaboración y nivelación de muretes con ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 136. Elaboración y cubierta de muretes con ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

En el ensayo se verificó que la falla fue una línea vertical a lo largo de la diagonal, tanto en el ladrillo como en el mortero, lo que significa que la falla es adecuada, por lo tanto, hubo una buena adherencia del mortero (figura 137).



Figura 137. Ensayo de murete de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Elaboración y ensayo de murete con ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 138. Nivelación de muretes con ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 139. Elaboración y cubierta de muretes con ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

En el ensayo se verificó que la falla fue una línea vertical a lo largo de la diagonal, tanto en el ladrillo como en el mortero, lo que significa que la falla es adecuada, por lo tanto, hubo una buena adherencia del mortero (figura 140).



Figura 140. Ensayo de murete de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

4.7. Ensayos a las propiedades físicas del ladrillo de concreto

Los ensayos se realizaron para verificar que los ladrillos cumplieran con los requisitos del R.N.E E.070, la N.T.P 399.613, la N.T.P 399.604 y la N.T.P 399.601.

4.7.1. Absorción (N.T.P 399.604 – N.T.P 399.613)

Es el proceso por el cual hay una transmisión de agua hacia el ladrillo de un medio exterior. Mientras más porosa sea la unidad, mayor será su absorción y el ladrillo será rápidamente afectado por el medio ambiente.

Para la absorción, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Balanza electrónica marca A&D GF-20K

Horno eléctrico marca Raypa

Herramientas:

Recipiente de plástico

Materiales:

Agua

Franela

Ladrillo de concreto patrón (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Se utilizó como mínimo tres unidades previamente marcadas para que sean identificadas con facilidad. Se colocó soportes en la base de los ladrillos y se les sumergió completamente en agua (figura 141). En el transcurso de 24 horas se retiró los ladrillos del recipiente para que drenen por 1 minuto, se retiró el agua superficial con una franela húmeda y se registró el peso saturado (figura 142). Después se colocó cada ladrillo en el horno a una temperatura de 110°C por un tiempo no menor a 24 horas, se retiró cada ladrillo, se registró el peso seco, nuevamente se colocó en el horno 2 horas y se registró el peso constante de los ladrillos. Este ensayo se realizó a los 21 días de la fabricación de los ladrillos (figura 143).

Absorción de ladrillo de concreto patrón



Figura 141. Ladrillo de concreto patrón sumergido en agua
Fuente: Elaboración propia

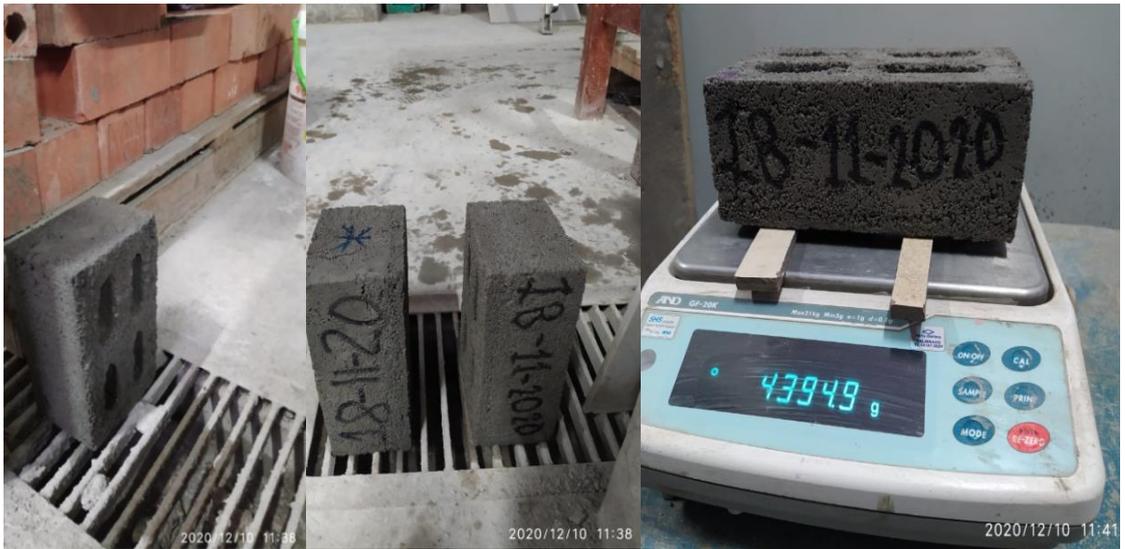


Figura 142. Drenado y registro de peso de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 143. Colocación y registro de peso de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Absorción de ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 144. Ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido sumergido en agua
Fuente: Elaboración propia



Figura 145. Drenado y registro de peso de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 146. Colocación y registro de peso de ladrillo de concreto con 10 % vidrio c rudo
Fuente: Elaboración propia

Absorción de ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 147. Ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido sumergido en agua
Fuente: Elaboración propia



Figura 148. Drenado, registro de peso y secado de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 149. Registro de peso seco y constante de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Absorción de ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 150. Ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido sumergido en agua
Fuente: Elaboración propia



Figura 151. Drenado, registro de peso y secado de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 152. Registro de peso seco y constante de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Succión (N.T.P 399.613)

Es el proceso por el cual hay una transmisión de agua hacia el ladrillo por un determinado tiempo. Mientras más succión tenga la unidad, menor será la adherencia entre ladrillo y mortero.

Para la succión, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Balanza electrónica marca A&D GF-20K

Horno eléctrico marca Raypa

Herramientas:

Recipiente metálico

Barras de acero

Cronómetro

Pipeta

Materiales:

Agua

Franela

Ladrillo de concreto patrón (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Se utilizó cinco unidades enteras previamente marcadas para que sean identificadas con facilidad. Se colocó los ladrillos de concreto al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas para eliminar la humedad contenida en la unidad. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se registró el peso (figura 154). En una bandeja se colocó dos barras de acero niveladas y se agregó agua hasta 3mm sobre la superficie de las barras. Sobre la bandeja se colocó cada unidad por 60 segundos, se la retiró y luego se secó superficialmente la zona en contacto con el agua, finalmente, se registró el peso de la unidad en un tiempo máximo de 2 minutos.

Succión de ladrillo de concreto patrón



Figura 153. Secado al horno y registro de peso de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 154. Inmersión en agua, retiro y secado superficial de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia



Figura 155. Pesado y muestra de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Succión de ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 156. Secado y ensayo de ladrillo de concreto con 10 % de vidrio crudo molido reciclado
Fuente: Elaboración propia

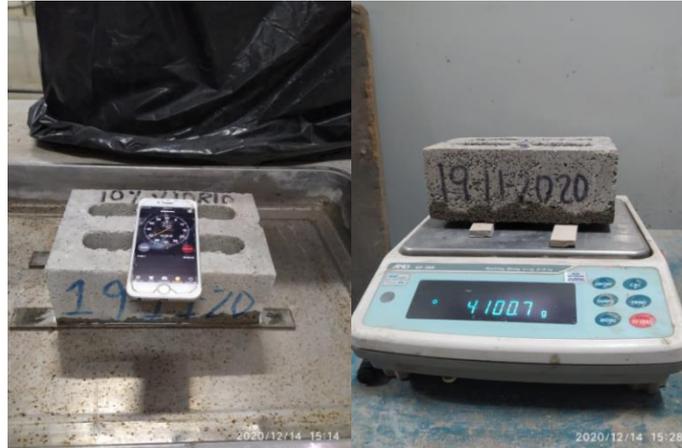


Figura 157. Sumergido en agua y registro de peso de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia



Figura 158. Registro de peso y muestra de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia

Succión de ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 159. Secado al horno y registro de peso de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia



Figura 160. Verificación de barras de acero y sumergir en agua el ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 161. Sumergido en agua, registro de peso y muestra de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Succión de ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 162. Secado al horno e inmersión en agua el ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 163. Inmersión en agua y registro de peso del ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia



Figura 164. Registro de peso y muestra de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia

4.7.3. Alabeo (N.T.P 399.613)

Estas mediciones sirven para determinar qué tan cóncava o convexa es la unidad de albañilería. Este ensayo influyó en el espesor de junta a usar, el cual está en el rango de 10 mm a 15 mm.

Para el alabeo, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Herramientas:

Regla metálica graduada con borde recto

Cuña de acero de dimensiones estándar

Materiales:

Ladrillo de concreto patrón (10 unidades)

Ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (10 unidades)

Ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (10 unidades)

Ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (10 unidades)

Se utilizó 10 unidades enteras para determinar su dimensionamiento, según se detalla a continuación.

a) Concavidad

Se utilizó una regla de acero sobre la diagonal de la cara de asiento del ladrillo, se introdujo la cuña donde se ubicó la máxima deflexión y se anotó las mediciones con una precisión de 1 mm. Las cuatro medidas se realizaron en ambas caras de asiento (figura 165).



Figura 165. Concavidad de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

b) Convexidad

Se colocó una regla de acero sobre la diagonal de la cara de asiento del ladrillo, se introdujo la cuña en los vértices diagonalmente opuestos — tratando de obtener la misma altura en ambos vértices— y se anotó las mediciones con una precisión de 1 mm. Las cuatro medidas se realizaron en ambas caras de asiento (figura 166).



Figura 166. Medición de convexidad del ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Alabeo de ladrillo de concreto patrón



Figura 167. Muestra y medición de convexidad y concavidad de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Medición de la concavidad de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón	Muestra	Concavidad (plano inferior)		Concavidad (plano superior)		Concavidad mayor
		Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	
		M - 1	2.0	1.0	2.0	
M - 2	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	
M - 3	2.0	1.0	0.0	2.0	2.0	
M - 4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
M - 5	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	
M - 6	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	
M - 7	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	
M - 8	2.0	1.0	0.0	2.0	2.0	
M - 9	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	
M - 10	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Promedio (mm)						1.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Medición de la convexidad de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón	Muestra	Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano superior)					Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano inferior)				
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor
		M - 1	0.0	1.0	0.0	2.0	2.0	0.0	2.0	0.0	3.0
M - 2	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	
M - 3	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	0.0	2.0	2.0	0.0	2.0	
M - 4	2.0	0.0	2.0	0.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
M - 5	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	
M - 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	2.0	
M - 7	0.0	2.0	1.0	1.0	2.0	0.0	1.0	0.0	2.0	2.0	
M - 8	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	
M - 9	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	
M - 10	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	0.0	2.0	2.0	3.0	3.0	
Promedio (mm)					1.9	Promedio (mm)					2.0

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de alabeo (2 mm) cumplen con el estándar normativo R.N.E E.070.

Alabeo de ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 168. Muestra y medición de concavidad y convexidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Medición de la concavidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

	Muestra	Concavidad (plano inferior)		Concavidad (plano superior)		Concavidad mayor
		Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	
Ladrillo de concreto con 10% de vidrio	M- 1	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0
	M- 2	0.0	2.0	1.0	2.0	2.0
	M- 3	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0
	M- 4	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0
	M- 5	0.0	2.0	1.0	2.0	2.0
	M- 6	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
	M- 7	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0
	M- 8	2.0	2.0	0.0	1.0	2.0
	M- 9	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0
	M- 10	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0
Promedio (mm)						1.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Medición de la convexidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 10% de vidrio	Muestra	Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano superior)					Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano inferior)				
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor
	M-1	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0
M-2	1.0	2.0	3.0	0.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
M-3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	
M-4	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	1.0	2.0	
M-5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	
M-6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	
M-7	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	
M-8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	
M-9	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
M-10	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	
Promedio (mm)					2.0	Promedio (mm)					1.7

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de alabeo (2 mm) cumplen con el estándar normativo R.N.E E.070.

Alabeo de ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 169. Muestra y medición de convexidad y concavidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Medición de la concavidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% de vidrio	Muestra	Concavidad (plano inferior)		Concavidad (plano superior)		Concavidad mayor
		Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	
		M - 1	2.0	0.0	2.0	
M - 2	3.0	1.0	1.0	2.0	2.0	
M - 3	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	
M - 4	2.0	10.0	2.0	1.0	2.0	
M - 5	1.0	10.0	2.0	1.0	2.0	
M - 6	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	
M - 7	1.0	10.0	0.0	1.0	1.0	
M - 8	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	
M - 9	2.0	0.0	1.0	2.0	2.0	
M - 10	0.0	2.0	0.0	1.0	2.0	
Promedio (mm)						1.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Medición de la convexidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% de vidrio	Muestra	Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano superior)					Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano inferior)				
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor
		M - 1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0
M - 2	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
M - 3	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
M - 4	2.0	12.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	
M - 5	0.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	
M - 6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	
M - 7	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	0.0	2.0	0.0	2.0	
M - 8	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	
M - 9	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	
M - 10	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	
Promedio (mm)					2.0	Promedio (mm)					1.8

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de alabeo (2 mm) cumplen con el estándar normativo R.N.E E.070.

Alabeo de ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio vidrio crudo molido reciclado

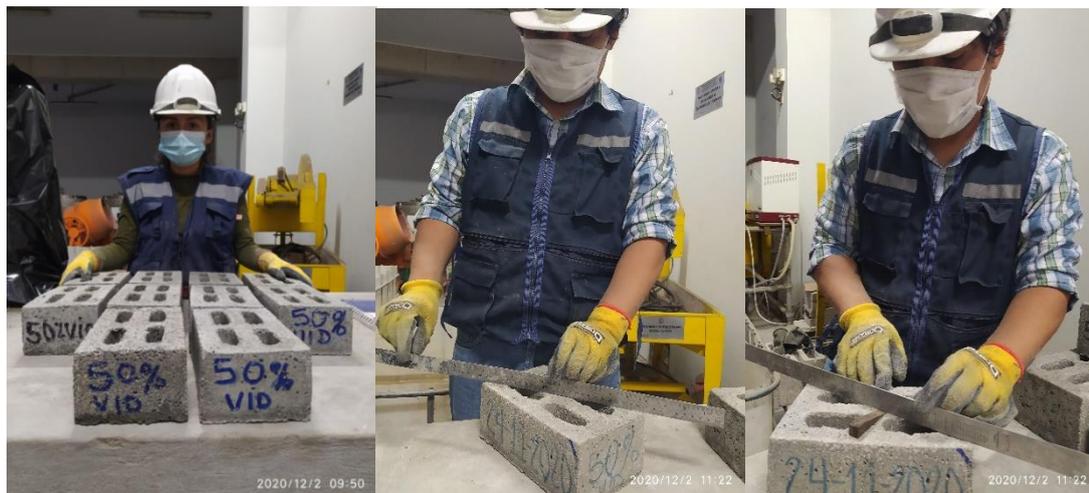


Figura 170. Muestra y medición de convexidad y concavidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Medición de la concavidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

	Muestra	Concavidad (plano inferior)		Concavidad (plano superior)		Concavidad mayor
		Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	Deformación (mm)	
Ladrillo de concreto con 50% de vidrio	M - 1	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0
	M - 2	0.0	0.0	2.0	1.0	2.0
	M - 3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	M - 4	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	M - 5	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0
	M - 6	0.0	2.0	0.0	1.0	2.0
	M - 7	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0
	M - 8	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0
	M - 9	2.0	2.0	1.0	0.0	2.0
	M - 10	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0
Promedio (mm)						1.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Medición de la convexidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% de vidrio	Muestra	Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano superior)					Convexidad en cuatro esquinas de borde plano (plano inferior)				
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Mayor
	M-1	2.0	0.0	1.0	0.0	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
M-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	
M-3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	
M-4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
M-5	1.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	1.0	2.0	1.0	2.0	
M-6	2.0	1.0	1.0	0.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	
M-7	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	0.0	2.0	2.0	
M-8	1.0	1.0	0.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	
M-9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	
M-10	1.0	0.0	2.0	0.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.0	2.0	
Promedio					1.7	Promedio (mm)					1.6

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de alabeo (2 mm) cumplen con el estándar normativo R.N.E E.070.

4.7.4. Variación dimensional (N.T.P 399.613 - N.T.P 399.601)

Se realizó con el fin de determinar la diferencia entre las dimensiones efectivas y de fabricación.

Para la variación dimensional, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Herramientas:

Regla metálica graduada

Cuña metálica rectangular

Materiales:

Ladrillo de concreto patrón (10 unidades)

Ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (10 unidades)

Ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (10 unidades)

Ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (10 unidades)

Se utilizó diez unidades enteras y secas previamente marcadas para que sean identificadas con facilidad. Fueron las mismas unidades utilizadas en el ensayo de alabeo y son representativas de cada tipo de ladrillo de concreto fabricado

Se midió el largo, el ancho y la altura de los puntos medios de los bordes que limitan las caras, se registró las cuatro medidas por cada dimensión y caras distintas; finalmente, se reportó el promedio de largo, ancho y altura.

Variación dimensional de ladrillo de concreto patrón



Figura 171. Muestra de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia



Figura 172. Medición de largo, ancho y altura de ladrillo de concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón	Muestra	Largo (L)				Ancho (A)				Altura (H)			
		L. superior (cm)		L. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)	
		L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
M-1	21.70	21.80	22.00	21.90	13.10	13.00	13.10	13.00	9.00	8.90	8.90	8.80	
M-2	21.70	21.90	22.10	21.80	13.10	13.10	13.10	13.10	9.10	9.00	9.10	9.00	
M-3	21.70	22.00	22.00	22.00	13.00	13.10	13.10	13.10	9.20	8.90	8.90	8.90	
M-4	21.70	21.80	21.90	21.90	13.10	13.10	13.10	13.10	8.80	9.00	8.90	8.80	
M-5	21.80	21.90	21.90	21.90	13.10	13.00	13.10	13.10	9.10	9.00	9.10	9.10	
M-6	21.90	22.00	22.20	22.00	13.10	13.10	13.10	13.10	9.00	8.80	9.10	9.10	
M-7	21.70	21.70	22.00	21.70	13.10	13.10	13.10	13.20	9.00	8.90	9.00	8.90	
M-8	21.80	22.10	22.10	22.00	13.00	13.10	13.10	13.00	9.00	8.80	9.00	8.80	
M-9	21.70	22.10	22.30	22.10	13.00	13.00	12.90	13.00	8.80	8.70	8.90	8.80	
M-10	21.70	21.90	21.20	22.00	13.00	13.10	13.00	13.10	8.90	8.90	9.00	8.80	
		Promedio Largo (cm)		21.89	Promedio Ancho (cm)		13.07	Promedio Ancho (cm)		8.94			

Fuente: Elaboración propia

Los valores permisibles de las dimensiones promedio de ladrillo fabricado (22x13x9cm) no difieren en más de $\pm 3,2\text{mm}$, por lo que cumplieron con el estándar normativo N.T.P 399.601.

Variación dimensional de ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 173. Muestra y mediciones de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Tabla 48

Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

	Muestra	Largo (L)				Ancho (A)				Altura (H)			
		L. superior (cm)		L. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)	
		L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
Ladrillo de concreto con 10% de vidrio	M - 1	21.70	21.80	22.00	21.80	13.10	13.00	13.20	13.20	9.20	9.00	9.10	9.20
	M - 2	21.70	22.00	22.10	22.00	13.10	13.10	13.10	13.00	8.90	9.00	9.00	9.10
	M - 3	21.80	21.90	22.00	22.00	13.10	13.10	13.00	13.00	9.00	9.00	8.90	9.10
	M - 4	21.70	22.10	22.20	21.80	13.10	13.00	13.10	13.10	9.00	9.00	8.90	9.00
	M - 5	21.70	21.90	22.20	22.10	13.00	13.10	13.20	13.10	9.00	9.00	8.90	9.00
	M - 6	21.70	21.80	22.00	21.90	12.90	13.20	13.20	13.00	9.20	9.20	9.10	9.10
	M - 7	21.70	21.90	22.00	22.00	12.90	13.00	13.20	13.10	8.90	8.90	8.90	8.80
	M - 8	21.70	21.90	22.10	22.10	13.00	13.10	13.00	13.00	8.80	9.00	8.80	9.00
	M - 9	21.70	21.80	21.70	21.80	13.00	13.10	13.10	13.00	9.00	8.90	8.80	9.00
	M - 10	21.70	21.90	21.70	21.70	13.10	13.10	13.20	13.10	8.80	8.90	8.80	9.00
		Promedio Largo (cm)			21.88	Promedio Ancho (cm)			13.08	Promedio Ancho (cm)			8.98

Fuente: Elaboración propia

Los valores permisibles de las dimensiones promedio de ladrillo fabricado (22x13x9cm) no difieren en más de $\pm 3,2\text{mm}$, por lo que cumplieron con el estándar normativo N.T.P 399.601.

Variación dimensional de ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 174. Muestra de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 175. Medición de las dimensiones del ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo
Fuente: Elaboración propia

Tabla 49

Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% de vidrio	Muestra	Largo (L)				Ancho (A)				Altura (H)			
		L. superior (cm)		L. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)	
		L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
	M-1	21.70	21.90	22.10	22.00	13.00	13.10	13.10	13.10	9.00	8.80	8.70	9.10
	M-2	21.70	21.70	22.10	21.80	13.20	13.20	13.10	13.10	9.10	9.00	9.10	9.10
	M-3	21.70	21.80	22.10	22.10	13.10	13.10	13.20	13.00	9.10	9.10	9.00	9.00
	M-4	21.70	21.80	22.20	22.10	13.00	13.00	13.10	13.10	9.10	8.90	8.90	8.90
	M-5	21.70	21.90	22.10	21.90	13.10	13.20	13.10	13.00	8.90	8.80	8.70	9.00
	M-6	21.70	21.90	22.10	21.80	13.00	13.10	13.10	13.00	9.00	9.00	8.90	8.80
	M-7	21.70	21.90	22.00	21.80	13.00	13.10	13.20	13.10	9.00	8.90	9.00	8.90
	M-8	21.70	21.80	22.10	21.80	13.10	13.10	13.20	13.10	8.90	9.00	9.00	9.10
	M-9	21.70	21.90	22.10	22.10	13.10	13.10	13.20	13.10	9.00	9.10	9.00	8.90
	M-10	21.80	21.80	22.10	21.90	13.00	13.10	13.20	13.10	9.00	9.00	8.90	8.80
		Promedio Largo (cm)			21.90	Promedio Ancho (cm)			13.10	Promedio Ancho (cm)			8.96

Fuente: Elaboración propia

Los valores permisibles de las dimensiones promedio de ladrillo fabricado (22x13x9cm) no difieren en más de $\pm 3,2\text{mm}$, por lo que cumplieron con el estándar normativo N.T.P 399.601.

Variación dimensional de ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado

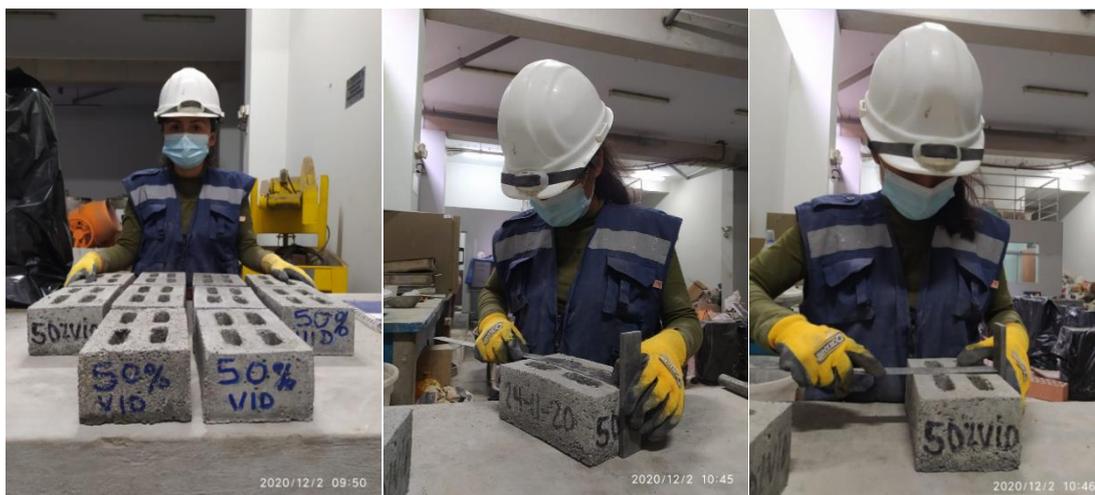


Figura 176. Muestra y mediciones de ladrillo de concreto con 50 % vidrio concreto molido
Fuente: Elaboración propia

Tabla 50

Medición de tamaño promedio de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% de vidrio	Muestra	Largo (L)				Ancho (A)				Altura (H)						
		L. superior (cm)		L. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)		A. superior (cm)		A. inferior (cm)				
		L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4			
	M- 1	21.70	21.80	22.20	21.90	13.10	13.20	13.20	13.10	8.90	8.90	8.90	9.00			
	M- 2	21.70	21.80	22.10	21.80	13.10	13.20	13.10	13.20	8.80	8.90	8.80	8.80			
	M- 3	21.80	21.90	22.10	21.90	12.90	13.10	13.20	13.10	8.90	8.90	9.00	8.90			
	M- 4	21.70	21.80	22.00	21.80	13.10	13.10	13.10	13.20	8.90	8.90	8.90	9.00			
	M- 5	21.80	22.00	22.10	22.10	13.00	13.10	13.00	13.00	8.90	8.80	9.00	8.90			
	M- 6	21.70	21.90	22.10	21.90	13.10	13.10	13.10	13.00	9.00	9.00	8.90	8.90			
	M- 7	21.70	21.80	21.90	21.80	13.10	13.10	13.10	13.20	8.90	8.90	9.10	9.00			
	M- 8	21.80	21.90	22.10	22.00	13.10	13.10	13.20	13.10	8.80	8.80	8.90	8.90			
	M- 9	21.80	21.90	22.20	22.10	13.10	13.10	13.20	13.10	9.00	8.90	9.00	9.10			
	M- 10	21.80	22.10	22.20	22.10	13.10	13.10	13.20	13.10	9.00	9.00	9.00	8.90			
		Promedio Largo (cm)				21.92	Promedio Ancho (cm)				13.11	Promedio Ancho (cm)				8.93

Fuente: Elaboración propia

Los valores permisibles de las dimensiones promedio de ladrillo fabricado (22x13x9cm) no difieren en más de $\pm 3,2$ mm, por lo que cumplieron con el estándar normativo N.T.P 399.601.

4.7.5. Área de vacíos (N.T.P 399.601)

Este ensayo se realizó con el fin de determinar la relación del área de vacíos y el área bruta del ladrillo a experimentar. Se calculó con la cantidad de arena que entró a los alveolos, considerando que, a mayores vacíos, el ladrillo es más ligero, pero reduce su resistencia.

Para el área de vacíos, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y materiales:

Equipos:

Balanza electrónica, marca “A&D GF-20K”

Herramientas:

Probeta graduada de 1000 ml de capacidad

Escobilla de cerda suave

Recipiente metálico

Enrasador metálico

Materiales:

Un pliego de plástico grueso

Arena fina seca

Ladrillo de concreto patrón (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado (5 unidades)

Se utilizó cinco unidades enteras y secas de cada lote de ladrillo de concreto. Se midió las dimensiones de longitud, ancho y altura, se registró dos medidas (cara superior e inferior). Posteriormente, se registró y anotó el peso de la probeta empleada y de la probeta llena hasta la marca máxima. Sobre el plástico, se colocó el ladrillo, se llenó los alvéolos hasta el borde superior de las unidades de albañilería con la arena fina contenida en la probeta y se los enrazó (figura 177). Se levantó lentamente el ladrillo de concreto para dejar que la arena de los alvéolos caiga en el plástico; finalmente, se pesó la arena y se anotó su peso (figura 178).

Área de vacíos de ladrillo de concreto patrón



Figura 177. Peso de la probeta con arena y llenado de los alveolos del ladrillo de concreto patrón

Fuente: Elaboración propia



Figura 178. Enrasado y pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto patrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51

Determinación del porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón											
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Volumen ladrillo (cm ³) (A)	Peso Probeta vacío (gr) (B)	Peso probeta + peso arena (gr) (C)	Peso arena (probeta) (gr) (D = (C-B))	Peso arena (alveolos) (gr) (E)	Volumen arena alveolos (F = E*1000/D)	% Vacios V = F*100/A	Área neta (%)
	Largo	Ancho	Altura								
M - 1	21.95	13.05	9.05	2592.35	215.60	1560.40	1344.80	689.70	512.86	19.78	80.22
M - 2	21.85	13.05	8.90	2537.77	215.60	1561.50	1345.90	684.30	508.43	20.03	79.97
M - 3	21.85	13.20	9.05	2610.20	215.60	1556.30	1340.70	709.30	529.05	20.27	79.73
M - 4	21.40	13.10	8.90	2495.03	215.60	1553.30	1337.70	661.40	494.43	19.82	80.18
M - 5	22.00	13.05	8.85	2540.84	215.60	1564.00	1348.40	690.40	512.01	20.15	79.85
Promedio (%)										20.01	79.99

Fuente: Elaboración propia

Según la norma N.T.P 399.601, los valores promedio del porcentaje de vacíos deben ser máximo 25 %, mientras que los valores del área neta bruta deben ser como mínimo el 75 %, por lo que se comprobó que el ensayo cumplió con el estándar normativo.

Área de vacíos de ladrillo de concreto con 10 % de adición de vidrio crudo molido



Figura 179. Peso de la probeta con arena, llenado de los alveolos y enrasado del ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 180. Pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Determinación de porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 10% vidrio crudo molido											
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Volumen ladrillo (cm ³) (A)	Peso Probeta vacío (gr) (B)	Peso probeta + peso arena (gr) (C)	Peso arena (probeta) D = (C-B)	Peso arena (alveolos) (gr) (E)	Volumen arena alveolos F = E*1000/D	% Vacios V = F*100/A	Área neta (%)
	Largo	Ancho	Altura								
M - 1	21.95	13.20	9.00	2607.66	215.70	1595.40	1379.70	700.00	507.36	19.46	80.54
M - 2	22.40	13.10	9.05	2655.63	215.70	1570.20	1354.50	705.00	520.49	19.60	80.40
M - 3	21.90	13.05	9.00	2572.16	215.70	1591.80	1376.10	728.90	529.69	20.59	79.41
M - 4	21.90	13.20	9.10	2630.63	215.70	1578.10	1362.40	704.70	517.25	19.66	80.34
M - 5	21.90	13.05	9.00	2572.16	215.70	1549.00	1333.30	703.20	527.41	20.50	79.50
Promedio (%)										19.96	80.04

Fuente: Elaboración propia

Según la norma N.T.P 399.601, los valores promedio del porcentaje de vacíos deben ser máximo 25 %, mientras que los valores del área neta bruta den ser como mínimo el 75 %, por lo que se comprobó que el ensayo cumplió con el estándar normativo.

Área de vacíos de ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido reciclado



Figura 181. Peso de la probeta con arena, llenado de los alveolos y enrasado del ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia



Figura 182. Pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido
Fuente: Elaboración propia

Tabla 53

Determinación de porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% vidrio crudo molido											
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Volumen ladrillo (cm ³) (A)	Peso Probeta vacío (gr) (B)	Peso probeta + peso arena (gr) (C)	Peso arena (probeta) (gr) (D = (C-B))	Peso arena (alveolos) (gr) (E)	Volumen arena alveolos (F = E*1000/D)	% Vacíos V = F*100/A	Área neta (%)
	Largo	Ancho	Altura								
M - 1	21.95	13.05	8.95	2563.71	215.70	1584.10	1368.40	649.50	474.64	18.51	81.49
M - 2	21.95	13.15	9.05	2612.21	215.70	1611.20	1395.50	673.50	482.62	18.48	81.52
M - 3	21.85	13.10	9.00	2576.12	215.70	1624.00	1408.30	675.20	479.44	18.61	81.39
M - 4	21.90	13.05	9.05	2586.44	215.70	1612.80	1397.10	687.70	492.23	19.03	80.97
M - 5	21.95	13.10	9.15	2631.04	215.70	1609.30	1393.60	729.10	523.18	19.88	80.12
Promedio (%)										18.90	81.10

Fuente: Elaboración propia

Según la norma N.T.P 399.601, los valores promedio del porcentaje de vacíos deben ser máximo 25 %, mientras que los valores del área neta bruta den ser como mínimo el 75 %, por lo que se comprobó que el ensayo cumplió con el estándar normativo.

Área de vacíos de ladrillo de concreto con 50% de adición de vidrio crudo molido



Figura 183. Peso de la probeta con arena, llenado de los alveolos y enrasado del ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia



Figura 184. Pesado de la arena contenida en los alvéolos del ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Determinación de porcentaje de vacíos de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% vidrio crudo molido											
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Volumen ladrillo (cm ³) (A)	Peso Probeta vacío (gr) (B)	Peso probeta + peso arena (gr) (C)	Peso arena (probeta) D = (C-B)	Peso arena (alveolos) (gr) (E)	Volumen arena alveolos F = E*1000/D	% Vacios V = F*100/A	Área neta (%)
	Largo	Ancho	Altura								
M - 1	22.00	13.15	8.95	2589.24	215.70	1551.90	1336.20	644.70	482.49	18.63	81.37
M - 2	22.10	13.15	8.95	2601.00	215.70	1600.80	1385.10	638.70	461.12	17.73	82.27
M - 3	21.95	13.00	9.10	2596.69	215.70	1580.00	1364.30	650.30	476.65	18.36	81.64
M - 4	21.90	13.10	9.05	2596.35	215.70	1587.00	1371.30	667.10	486.47	18.74	81.26
M - 5	21.85	13.05	9.10	2594.80	215.70	1603.90	1388.20	682.40	491.57	18.94	81.06
Promedio (%)										18.48	81.52

Fuente: Elaboración propia

Según la norma N.T.P 399.601, los valores promedio del porcentaje de vacíos deben ser máximo 25 %, mientras que los valores del área neta bruta den ser como mínimo el 75 %, por lo que se comprobó que el ensayo cumplió con el estándar normativo.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

En las siguientes tablas de absorción, succión, compresión a unidades de albañilería, compresión axial a prisma y compresión diagonal de muretes se muestran los cálculos y resultados obtenidos a través de ensayos y fórmulas.

5.1. Absorción

Se presenta los resultados del ensayo de absorción de ladrillo de concreto patrón con 10 %, 25 % y 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado. Este ensayo se realizó a partir de los 21 días de la fabricación de ladrillos.

Tabla 55

Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón	Muestra	Fecha de ensayo	Pesos de los especímenes			Absorción (%) [(Ws – Wd) / Wd] x 100
			W Peso 24 horas (gr.)	Wd Peso seco constante (gr.)	Ws Peso saturado 24 Hr. (gr.)	
	M - 1	9 - 11/12/2020	4062.40	4067.50	4394.90	8.05
	M - 2	9 - 11/12/2020	4185.40	4189.90	4492.60	7.22
	M - 3	9 - 11/12/2020	4225.50	4230.00	4528.70	7.06
	M - 4	9 - 11/12/2020	4090.60	4095.90	4420.50	7.92
	M - 5	9 - 11/12/2020	3968.30	3974.50	4318.50	8.66
Promedio (%)						7.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56

Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 10% de vidrio	Muestra	Fecha de ensayo	Pesos de los especímenes			Absorción (%) [(Ws – Wd) / Wd] x 100
			W Peso 24 horas (gr.)	Wd Peso seco constante (gr.)	Ws Peso saturado 24 Hr. (gr.)	
	M - 1	10- 14/12/2020	4295.80	4297.20	4590.00	6.81
	M - 2	10- 14/12/2020	4399.80	4401.40	4683.90	6.42
	M - 3	10- 14/12/2020	4057.10	4058.80	4388.00	8.11
	M - 4	10- 14/12/2020	4164.90	4167.50	4486.50	7.65
	M - 5	10- 14/12/2020	4210.90	4212.60	4527.00	7.46
Promedio (%)						7.29

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57

Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% de vidrio	Muestra	Fecha de ensayo	Pesos de los especímenes			Absorción (%) [(Ws – Wd) / Wd] x 100
			W Peso 24 horas (gr.)	Wd Peso seco constante (gr.)	Ws Peso saturado 24 Hr. (gr.)	
	M - 1	14 - 16/12/2020	3939.00	3941.60	4290.10	8.84
	M - 2	14 - 16/12/2020	4079.60	4080.50	4382.50	7.40
	M - 3	14 - 16/12/2020	4476.60	4474.00	4719.70	5.49
	M - 4	14 - 16/12/2020	4213.40	4213.20	4508.80	7.02
	M - 5	14 - 16/12/2020	4327.90	4326.90	4579.80	5.84
Promedio (%)						6.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58

Resultado de ensayo de absorción de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% de vidrio	Muestra	Fecha de ensayo	Pesos de los especímenes			Absorción (%) [(Ws – Wd) / Wd] x 100
			W Peso 24 horas (gr.)	Wd Peso seco constante (gr.)	Ws Peso saturado 24 Hr. (gr.)	
	M - 1	15 - 17/12/2020	4392.70	4389.00	4625.60	5.39
	M - 2	15 - 17/12/2020	4198.60	4196.80	4457.30	6.21
	M - 3	15 - 17/12/2020	4288.00	4284.40	4529.20	5.71
	M - 4	15 - 17/12/2020	4234.20	4229.90	4488.70	6.12
	M - 5	15 - 17/12/2020	4123.00	4121.60	4382.70	6.33
Promedio (%)						5.95

Fuente: Elaboración propia

En la NTP 399.601 se establece que, para unidades de concreto, la absorción no debe ser mayor al 10 %. Como se detalla en la tabla 7 del apartado 2.2.2, los resultados se encontraron dentro del estándar normativo; por lo tanto, el lote debe ser aceptado.

A continuación, se presenta un resumen para facilitar la comparación.

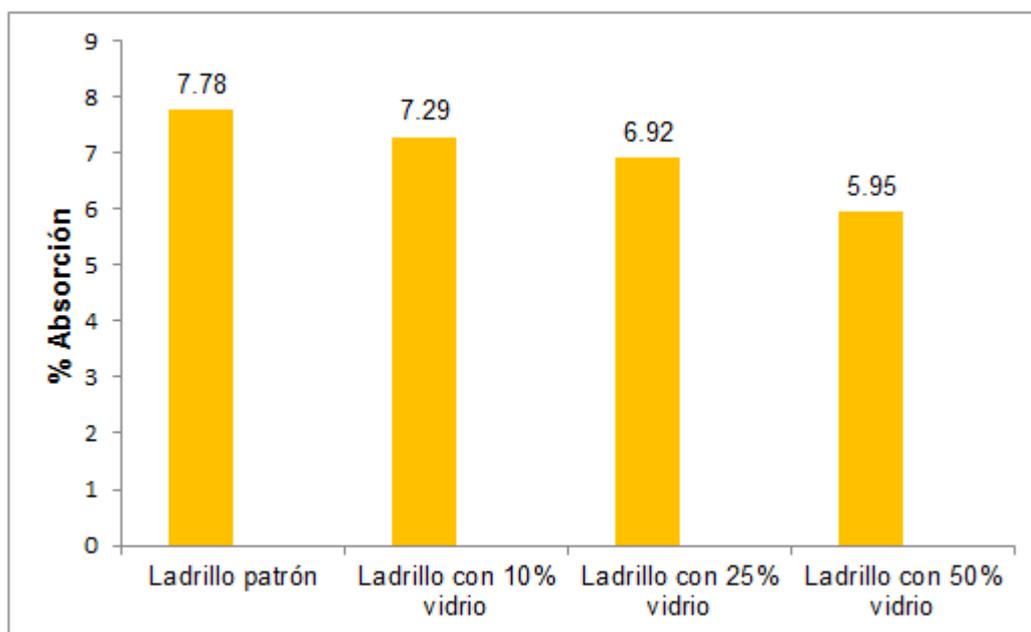


Figura 185. Resumen de porcentaje de absorción de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

5.2. Succión

Se presenta los resultados del ensayo de succión de ladrillo de concreto patrón con 10 %, 25 % y 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado. Este ensayo se realizó a partir de los 21 días de la fabricación de ladrillos.

Tabla 59

Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón									
Muestra	Dimensiones		Áreas			Pseco seco (gr)	Peso saturado (gr)	Dif. de pesos W (gr)	Succión 200 W/ Área neta
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm ²)	Área hueca (cm ²)	Área neta (cm ²)				
S - 1	22.20	13.00	288.60	57.80	230.80	4067.50	4117.50	50.00	43.33
S - 2	21.80	13.10	285.58	57.80	227.78	4189.90	4214.70	24.80	21.78
S - 3	21.90	13.10	286.89	57.80	229.09	4230.00	4261.70	31.70	27.67
S - 4	22.10	13.10	289.51	57.80	231.71	4095.90	4125.90	30.00	25.89
S - 5	21.90	13.10	286.89	57.80	229.09	3974.50	4058.90	84.40	73.68
Fecha de ensayo: 11/12/2020						Promedio (gr/200cm ² - min)			38.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 10% vidrio crudo molido									
Muestra	Dimensiones		Áreas			Pseco seco (gr)	Peso saturado (gr)	Dif. de pesos W (gr)	Succión 200 W/ Área neta
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm ²)	Área hueca (cm ²)	Área neta (cm ²)				
S - 1	21.90	13.10	286.89	57.80	229.09	4301.20	4329.10	27.90	24.36
S - 2	22.00	13.10	288.20	57.80	230.40	4406.80	4415.00	8.20	7.12
S - 3	21.90	13.00	284.70	57.80	226.90	4063.40	4100.70	37.30	32.88
S - 4	21.80	13.10	285.58	57.80	227.78	4172.20	4226.40	54.20	47.59
S - 5	22.10	13.10	289.51	57.80	231.71	4216.30	4245.30	29.00	25.03
Fecha de ensayo: 14/12/2020						Promedio (gr/200cm² - min)			27.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61

Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% vidrio crudo molido									
Muestra	Dimensiones		Áreas			Pseco seco (gr)	Peso saturado (gr)	Dif. de pesos W (gr)	Succión 200 W/ Área neta
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm ²)	Área hueca (cm ²)	Área neta (cm ²)				
S - 1	21.60	13.20	285.12	57.80	227.32	3947.00	3968.40	21.40	18.83
S - 2	21.60	13.00	280.80	57.80	223.00	4084.80	4111.60	26.80	24.04
S - 3	21.80	13.10	285.58	57.80	227.78	4476.60	4491.80	15.20	13.35
S - 4	21.60	13.10	282.96	57.80	225.16	4217.30	4265.10	47.80	42.46
S - 5	21.60	13.10	282.96	57.80	225.16	4330.20	4351.60	21.40	19.01
Fecha de ensayo: 16/12/2020						Promedio (gr/200cm² - min)			23.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62

Resultado de ensayo de succión de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% vidrio crudo molido									
Muestra	Dimensiones		Áreas			Pseco seco (gr)	Peso saturado (gr)	Dif. de pesos W (gr)	Succión 200 W/ Área neta
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm ²)	Área hueca (cm ²)	Área neta (cm ²)				
S - 1	22.30	13.10	292.13	57.80	234.33	4391.80	4403.70	11.90	10.16
S - 2	21.90	13.20	289.08	57.80	231.28	4199.50	4220.20	20.70	17.90
S - 3	21.90	13.10	286.89	57.80	229.09	4287.80	4306.40	18.60	16.24
S - 4	21.80	13.10	285.58	57.80	227.78	4233.10	4252.10	19.00	16.68
S - 5	22.10	13.00	287.30	57.80	229.50	4125.30	4146.40	21.10	18.39
Fecha de ensayo: 17/12/2020						Promedio (gr/200cm² - min)			15.87

Fuente: Elaboración propia

En el R.N.E E.070 se establece que se debe pasar una brocha húmeda al ladrillo de cemento al momento de la asentación. No se especifica en la N.T.P 399.613 el rango de succión.

A continuación, se presenta un resumen para facilitar la comparación.

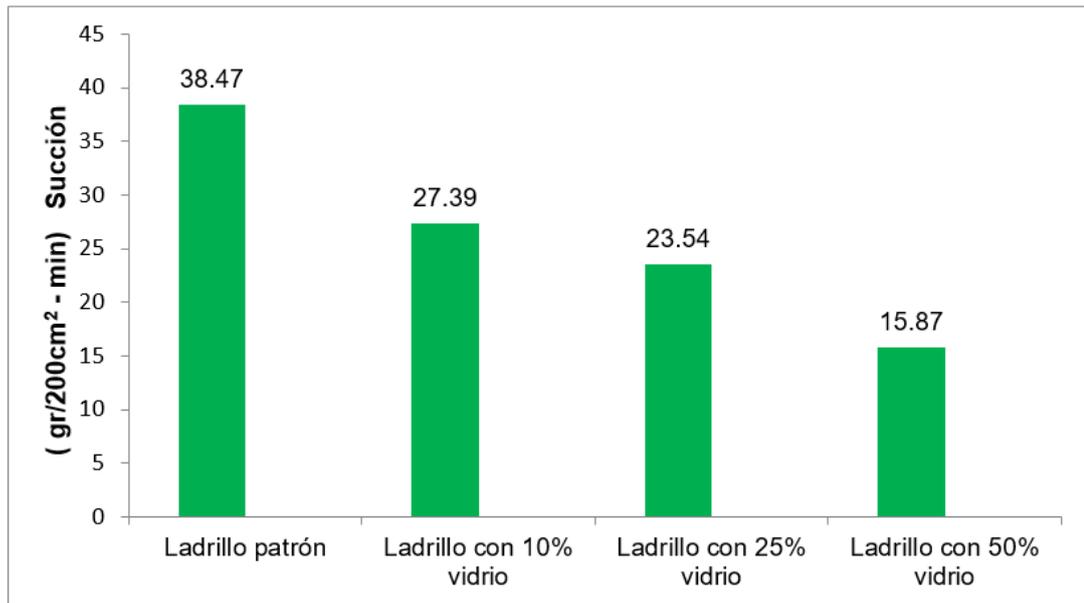


Figura 186. Resumen de ensayo de succión de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

5.3. Resistencia a la compresión simple (f'_{b})

Se presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a las unidades de ladrillo de concreto patrón con 10 %, 25 % y 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado. Este ensayo se realizó a partir de los 21 días de la fabricación de ladrillos.

Tabla 63

Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón								
Muestra	Fecha de fabricación	Fecha de ensayo	Dimensiones promedio (cm)			Área bruta (cm²)	Carga (P) (kg.)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)
			Largo	Ancho	Altura			
M - 1	18/11/2020	9/12/2020	21.90	13.10	9.00	286.89	95000.00	331.14
M - 2	18/11/2020	9/12/2020	21.80	13.20	9.10	287.76	95000.00	330.14
M - 3	18/11/2020	9/12/2020	21.80	13.20	8.90	287.76	77900.00	270.71
M - 4	18/11/2020	9/12/2020	21.80	13.10	9.10	285.58	95000.00	332.66
M - 5	18/11/2020	9/12/2020	21.80	13.20	8.90	287.76	68900.00	239.44
Edad: 21 días						Promedio (kg/cm²)		300.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64

Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 10% vidrio crudo molido								
Muestra	Fecha de fabricación	Fecha de ensayo	Dimensiones promedio (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga (kg.)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
			Largo	Ancho	Altura			
M - 1	19/11/2020	10/12/2020	21.90	13.20	9.00	289.08	95000.00	328.63
M - 2	19/11/2020	10/12/2020	22.00	13.10	9.00	288.20	90900.00	315.41
M - 3	19/11/2020	10/12/2020	21.90	13.10	9.00	286.89	94180.00	328.28
M - 4	19/11/2020	10/12/2020	21.90	13.10	9.10	286.89	92400.00	322.07
M - 5	19/11/2020	10/12/2020	22.00	13.10	9.00	288.20	84050.00	291.64
Edad: 21 días						Promedio (kg/cm²)		317.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65

Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% vidrio crudo molido								
Muestra	Fecha de fabricación	Fecha de ensayo	Dimensiones promedio (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga (kg.)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
			Largo	Ancho	Altura			
M - 1	23/11/2020	14/12/2020	21.60	13.20	9.20	285.12	109200.00	383.00
M - 2	23/11/2020	14/12/2020	21.70	13.20	9.10	286.44	98000.00	342.13
M - 3	23/11/2020	14/12/2020	21.80	13.30	9.10	289.94	105000.00	362.14
M - 4	23/11/2020	14/12/2020	21.70	13.10	9.10	284.27	101000.00	355.30
M - 5	23/11/2020	14/12/2020	21.80	13.20	9.20	287.76	102000.00	354.46
Edad: 21 días						Promedio (kg/cm²)		359.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66

Resultado de ensayo de compresión simple en unidad de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% vidrio crudo molido								
Muestra	Fecha de fabricación	Fecha de ensayo	Dimensiones promedio (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga (kg.)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
			Largo	Ancho	Altura			
M - 1	24/11/2020	15/12/2020	22.10	13.20	8.90	291.72	74996.00	257.08
M - 2	24/11/2020	15/12/2020	22.00	13.20	8.90	290.40	97546.00	335.90
M - 3	24/11/2020	15/12/2020	21.80	13.20	9.00	287.76	76900.00	267.24
M - 4	24/11/2020	15/12/2020	21.80	13.20	9.00	287.76	81563.00	283.44
M - 5	24/11/2020	15/12/2020	21.90	13.20	8.90	289.08	95800.00	331.40
Edad: 21 días						Promedio (kg/cm²)		295.01

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un resumen para facilitar la comparación.

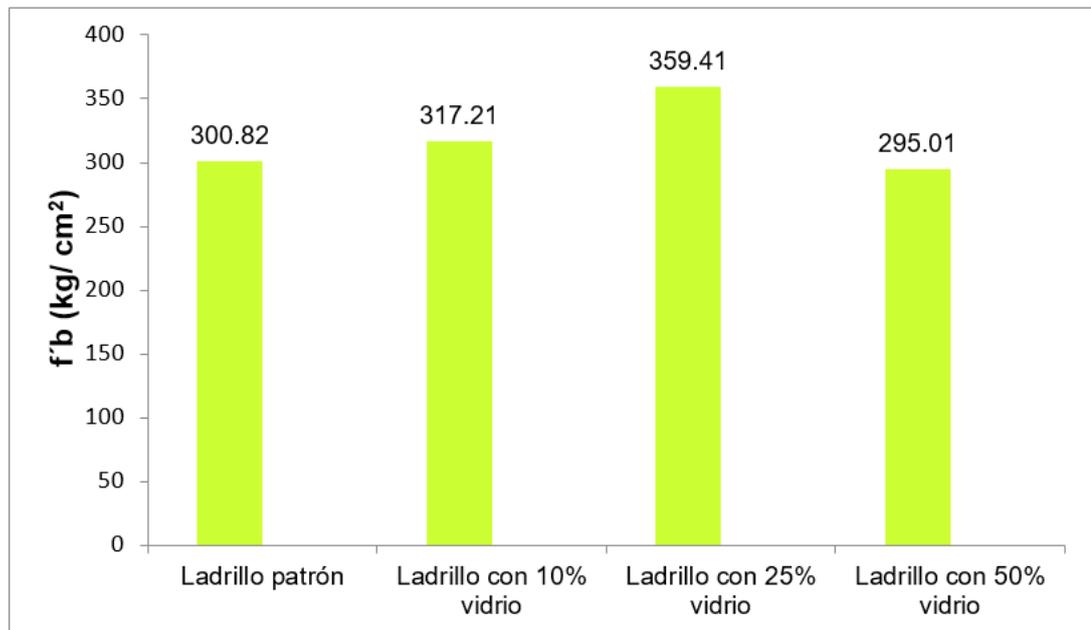


Figura 187. Resumen de ensayo de resistencia de compresión en unidades de ladrillo de concreto

Fuente: Elaboración propia

5.4. Resistencia a la compresión axial en prisma (f'm)

Se presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial en prisma de ladrillo de concreto patrón con 10 %, 25 % y 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado. Este ensayo se realizó a partir de los 14 días de la fabricación de ladrillos y se tuvo en cuenta el factor de corrección por esbeltez, tal como se detalla en la tabla 8 del apartado 2.2.2.

Tabla 67

Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón									
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Esbeltez (H/A)	Corrección por esbeltez (factor)	Corrección por edad (factor)	Carga W (kg)	Área neta (cm²)	f'm (kg/cm²)
	L	A	H						
	Largo	Ancho	Altura						
M-1	21.70	13.00	40.10	3.08	1.08	1.10	18200.00	225.00	87.36
M-2	21.80	13.00	40.60	3.12	1.08	1.10	20500.00	227.00	97.53
M-3	21.80	13.10	41.20	3.15	1.08	1.10	27950.00	229.00	131.82
Fecha de fabricación : 18/11/2020 - Fecha de elaboración : 26/11/2020 Promedio f'm									105.57
Fecha de ensayo : 10/12/2020 - Edad : 14 días									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68

Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 10% vidrio crudo molido									
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Esbeltez (H/A)	Corrección por esbeltez (factor)	Corrección por edad (factor)	Carga W (kg)	Área neta (cm²)	f´m (kg/cm²)
	L	A	H						
	Largo	Ancho	Altura						
M - 1	21.80	13.20	40.90	3.10	1.08	1.10	27000.00	231.00	126.23
M - 2	21.80	13.20	40.60	3.08	1.08	1.10	20000.00	231.00	93.51
M - 3	21.90	13.10	41.70	3.18	1.09	1.10	30000.00	230.00	142.17
Fecha de fabricación : 19/11/2020 - Fecha de elaboración : 27/11/2020 Promedio f´m									120.64
Fecha de ensayo : 11/12/2020 - Edad : 14 días									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69

Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto con 25 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% vidrio crudo molido									
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Esbeltez (H/A)	Corrección por esbeltez (factor)	Corrección por edad (factor)	Carga W (kg)	Área neta (cm²)	f´m (kg/cm²)
	L	A	H						
	Largo	Ancho	Altura						
M - 1	21.90	13.20	40.50	3.07	1.08	1.10	29000.00	232.00	135.00
M - 2	22.00	13.20	40.60	3.08	1.08	1.10	28400.00	234.00	131.08
M - 3	21.90	13.20	40.70	3.08	1.08	1.10	37600.00	232.00	175.03
Fecha de fabricación : 23/11/2020 - Fecha de elaboración : 1/12/2020 Promedio f´m									147.04
Fecha de ensayo : 15/12/2020 - Edad : 14 días									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70

Resultado de ensayo de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% vidrio crudo molido									
Muestra	Dimensiones promedio (cm)			Esbeltez (H/A)	Corrección por esbeltez (factor)	Corrección por edad (factor)	Carga W (kg)	Área neta (cm²)	f´m (kg/cm²)
	L	A	H						
	Largo	Ancho	Altura						
M - 1	21.90	13.20	40.60	3.08	1.08	1.10	35000.00	232.00	162.93
M - 2	22.00	13.20	40.50	3.07	1.08	1.10	53800.00	234.00	248.31
M - 3	21.80	13.10	40.40	3.08	1.08	1.10	40900.00	227.00	194.59
Fecha de fabricación : 24/11/2020 - Fecha de elaboración : 2/12/2020 Promedio f´m									201.94
Fecha de ensayo : 16/12/2020 - Edad : 14 días									

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un resumen para facilitar la comparación.

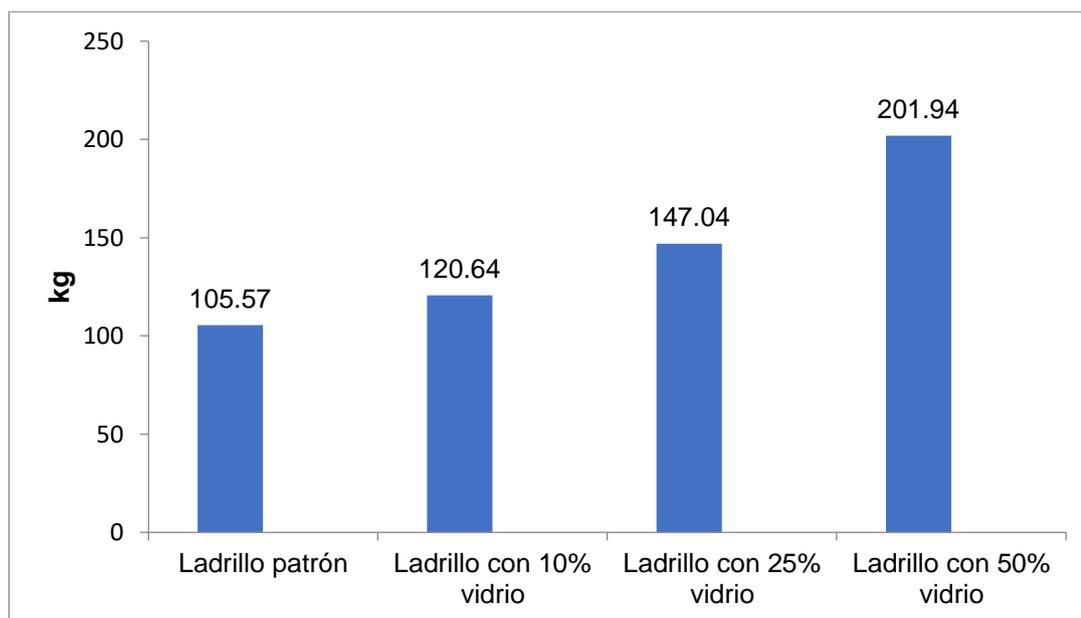


Figura 188. Resumen de ensayo de resistencia de compresión axial en prisma de ladrillo de concreto

Fuente: Elaboración propia

5.5. Resistencia a la compresión diagonal en muretes (v'm)

Se presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de ladrillo de concreto patrón con 10 %, 25 % y 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado. Este ensayo se realizó a partir de los 14 días de la fabricación de ladrillos.

Tabla 71

Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto patrón

Ladrillo de concreto patrón								
Muestra	Dimensiones promedio (cm)				Área bruta (L+H)/2*A (cm²)	Corrección por edad (factor)	Carga P (kg)	v'm (P/Dxt) (kg/cm²)
	L	t	H	D				
	Largo	Espesor	Altura	Diagonal				
M - 1	58.10	13.00	59.00	82.80	761.15	1.15	29850.00	27.73
M - 2	58.80	13.30	60.70	84.50	794.68	1.15	18900.00	16.82
M - 3	58.70	13.30	61.00	84.70	796.01	1.15	26000.00	23.08
Fecha de fabricación : 18/11/2020							Promedio v'm	22.54
Fecha de elaboración : 26/11/2020							Desviación estandar (σ)	5.48
Fecha de ensayo : 10/12/2020							Coef. Variación (σ/v'm)	24.30
Edad : 14 días							Resultado (Prom v'm - σ)	17.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72

Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto con 10 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 10% vidrio crudo molido								
Muestra	Dimensiones promedio (cm)				Área bruta (L+H)/2*A (cm ²)	Corrección por edad (factor)	Carga P (kg)	v'm (P/Dxt) (kg/cm ²)
	L	t	H	D				
	Largo	Espesor	Altura	Diagonal				
M - 1	58.20	13.30	60.50	83.90	789.36	1.15	19500.00	17.48
M - 2	57.90	13.20	60.50	83.70	781.44	1.15	25600.00	23.17
M - 3	58.10	13.30	60.20	83.70	786.70	1.15	28000.00	25.15
Fecha de fabricación : 19/11/2020							Promedio v'm	21.93
Fecha de elaboración : 27/11/2020							Desviación estandar (σ)	3.99
Fecha de ensayo : 11/12/2020							Coef. Variación (σ/v'm)	18.17
Edad : 14 días							Resultado (Prom v'm - σ)	17.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73

Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto con 25% vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 25% vidrio crudo molido								
Muestra	Dimensiones promedio (cm)				Área bruta (L+H)/2*A (cm ²)	Corrección por edad (factor)	Carga P (kg)	v'm (P/Dxt) (kg/cm ²)
	L	t	H	D				
	Largo	Espesor	Altura	Diagonal				
M - 1	58.20	13.30	60.50	83.94	789.36	1.15	31400.00	28.13
M - 2	58.10	13.20	60.20	83.66	780.78	1.15	34500.00	31.24
M - 3	57.90	13.20	60.40	83.68	780.78	1.15	22050.00	19.96
Fecha de fabricación : 23/11/2020							Promedio v'm	26.44
Fecha de elaboración : 1/12/2020							Desviación estandar (σ)	5.82
Fecha de ensayo : 15/12/2020							Coef. Variación (σ/v'm)	22.03
Edad : 14 días							Resultado (Prom v'm - σ)	20.62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74

Resultado de ensayo de compresión diagonal en murete de ladrillo de concreto con 50 % vidrio crudo molido

Ladrillo de concreto con 50% vidrio crudo molido								
Muestra	Dimensiones promedio (cm)				Área bruta (L+H)/2*A (cm ²)	Corrección por edad (factor)	Carga P (kg)	v'm (P/Dxt) (kg/cm ²)
	L	t	H	D				
	Largo	Espesor	Altura	Diagonal				
M - 1	57.90	13.20	60.10	83.45	778.80	1.15	34950.00	31.73
M - 2	58.10	13.30	60.50	83.59	788.69	1.15	23700.00	21.32
M - 3	58.20	13.20	59.90	83.52	779.46	1.15	28000.00	25.40
Fecha de fabricación : 24/11/2020							Promedio v'm	26.15
Fecha de elaboración : 2/12/2020							Desviación estandar (σ)	5.25
Fecha de ensayo : 16/12/2020							Coef. Variación (σ/v'm)	20.06
Edad : 14 días							Resultado (Prom v'm - σ)	20.90

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un resumen para facilitar la comparación.

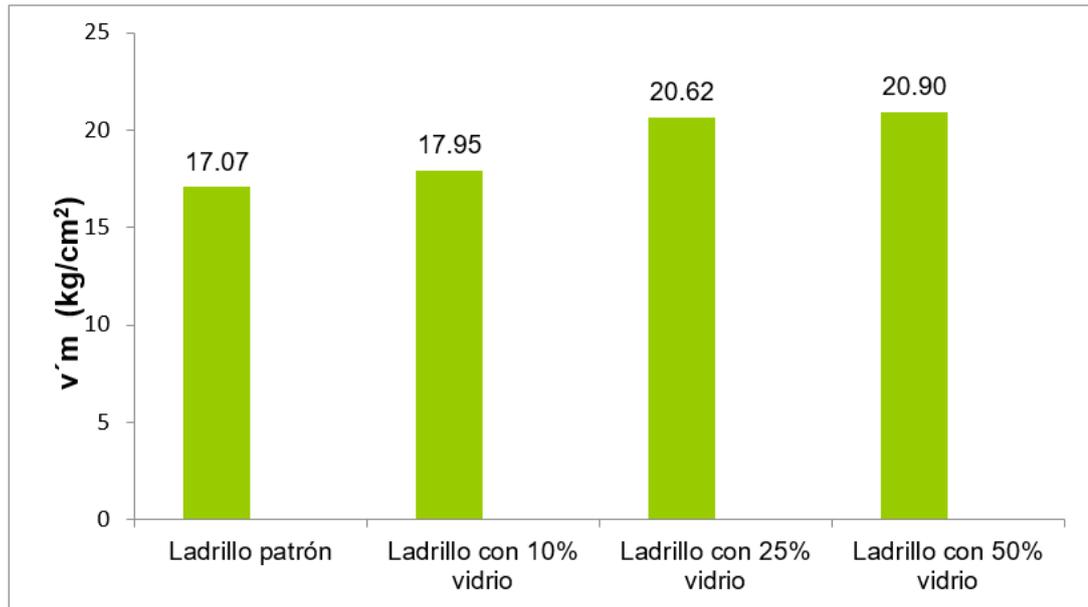


Figura 189. Resumen de ensayo de resistencia de compresión diagonal en muretes de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

6.1. Contrastación de la hipótesis

La presente investigación expone como contrastación de la hipótesis lo siguiente:

6.1.1. Hipótesis general

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino **mejora las propiedades físicas y mecánicas** del ladrillo de concreto para muros portantes.

Comentario: Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio nos indican que la adición de vidrio crudo molido reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas en los ladrillos del 10 %, 25 % y 50 % de adición de vidrio en comparación con el ladrillo de concreto patrón.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general.

6.1.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis específicas H1

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino disminuye en la absorción del ladrillo de concreto para muros portantes.

Comentario: Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio nos indican que la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % disminuye la absorción en comparación con el ladrillo de concreto patrón.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica H1.

Hipótesis específica H2

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino disminuye la succión del ladrillo de concreto para muros portantes.

Comentario: Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio nos indican que la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % disminuye la succión en comparación con el ladrillo de concreto patrón.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica H2.

Hipótesis específica H3

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto para muros portantes.

Comentario: Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio nos indican que la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % incrementa la resistencia a la compresión simple en comparación con el ladrillo de concreto patrón.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica H3.

Hipótesis específica H4

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión axial del ladrillo de concreto para muros portantes.

Comentario: Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio nos indican que la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % incrementa la resistencia a la compresión axial en comparación con el ladrillo de concreto patrón.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica H4.

Hipótesis específica H5

El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino **incrementa la resistencia a la compresión diagonal** del ladrillo de concreto para muros portantes.

Comentario: Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio nos indican que la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y

50 % incrementa la resistencia a la compresión diagonal en comparación con el ladrillo de concreto patrón.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica H5.

6.2. Contratación de los antecedentes

6.2.1. Antecedentes internacionales

1. Almeida y Trujillo (2017) presentaron una investigación sobre concreto con adición de vidrio triturado. Diseñaron un concreto de 210 kg/cm³ en el que reemplazaron 36 % de agregado fino por vidrio molido. Concluyeron que el resultado obtuvo mejor resistencia a la compresión (311,42 kg/cm³).

En la presente investigación, el ladrillo de concreto con adición de 25 % de vidrio crudo molido reciclado obtuvo mejor resistencia a la compresión.

2. Peñafiel (2016) presentó una investigación sobre la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino. Diseñó concreto de 210 kg/cm³, en el que reemplazó 40% del agregado fino por vidrio molido. Concluyó que el resultado obtuvo mejor resistencia a la compresión (234,76 kg/cm³).

En la presente investigación, el ladrillo de concreto con adición del 25 % de vidrio crudo molido reciclado obtuvo mejor resistencia a la compresión.

6.2.2. Antecedentes nacionales

1. Walhoff (2017) presentó su investigación sobre un diseño de concreto patrón de 210 kg/cm³ en el que reemplazó 5 %, 10 % y 15 % de cemento por vidrio molido. La probeta experimental con el 5 % de vidrio molido por cemento obtuvo un f'c de 322,93 kg/cm³, lo cual demostró que sí es posible reemplazar vidrio por cemento y que este reemplazo mejora la propiedad mecánica del concreto.

En la presente investigación se agregó vidrio crudo molido en partículas tan finas como el cemento, lo cual mejoró la resistencia del concreto en mayor medida al ladrillo de concreto con adición del 25 % de vidrio crudo molido reciclado.

2. Chávez y Millones (2018) presentaron su investigación sobre la adición de vidrio triturado en 6 %, 12 %, 18 % y 24 % en la elaboración de ladrillo de arcilla artesanal. Después de los ensayos, determinaron que se incrementó la resistencia en la compresión axial en muretes y en la compresión de las unidades, pero disminuyó el porcentaje de absorción; por tanto, se obtuvo mejores resultados con el 12 % de adición de vidrio.

En la presente investigación, la adición de vidrio también disminuye en dichos ensayos y logra mejores resultados con el 25 % y 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado.

6.3. Discusiones

Con la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % se redujo la absorción del 6,30 %, 11,10 % y 23,52 % en comparación con el ladrillo patrón (con 0 % de adición de vidrio crudo molido reciclado). Por tanto, mientras mayor sea la cantidad de vidrio que se agrega a la unidad, menor será el porcentaje de absorción.

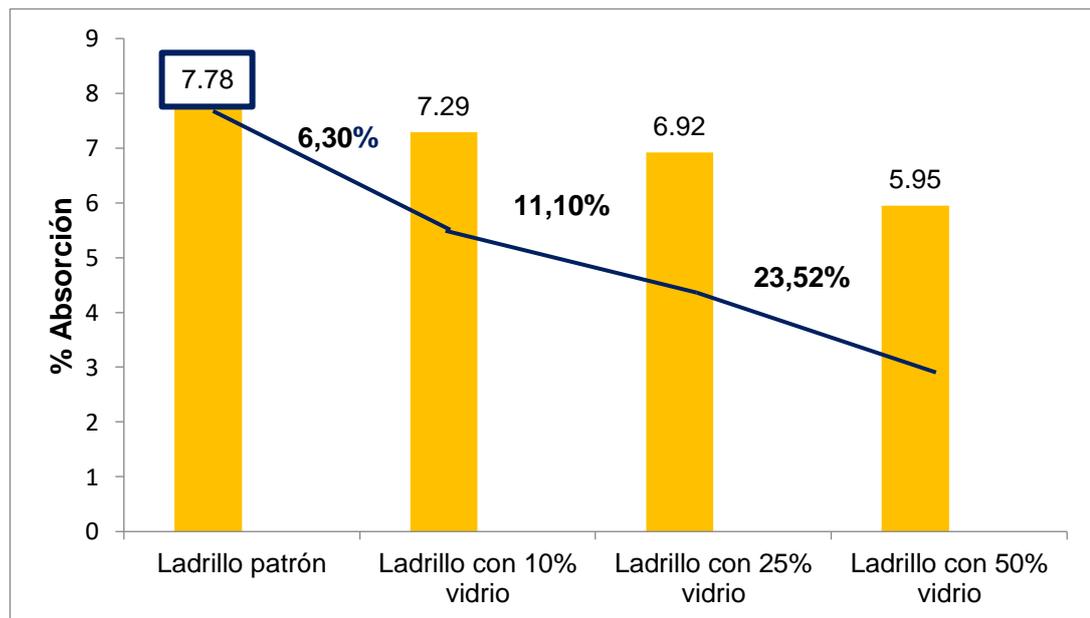


Figura 190. Discusión del porcentaje de absorción de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Con la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % se redujo la succión del 28,80 %, 38,81 % y 58,71 % en comparación con el ladrillo patrón (con 0 % de adición de vidrio crudo molido reciclado). Por tanto,

mientras mayor sea la cantidad de vidrio que se agrega a la unidad, menor será el porcentaje de succión (figura 191).

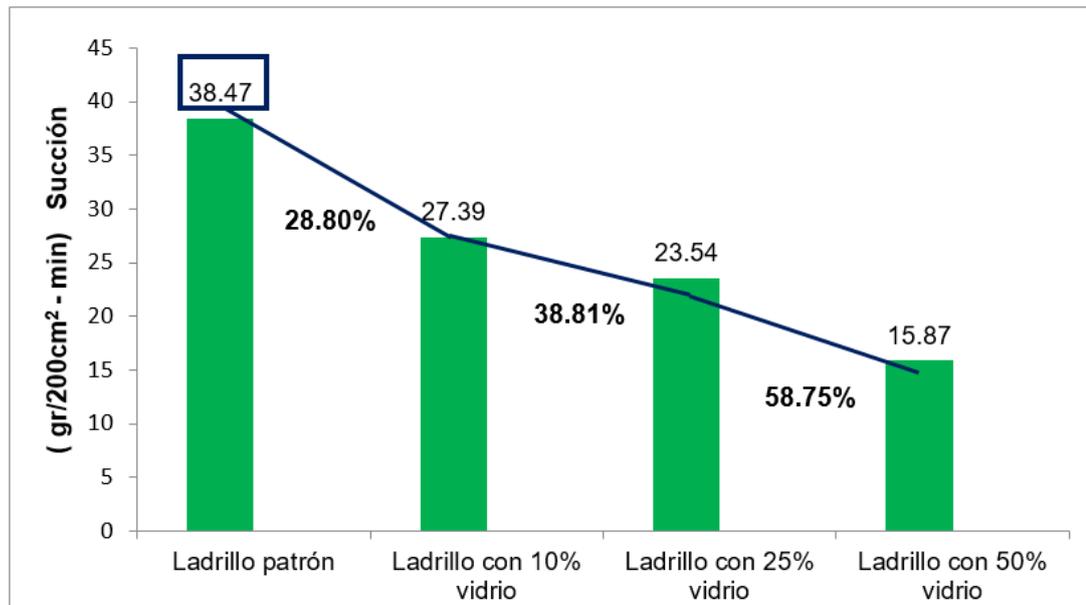


Figura 191. Discusión de ensayo de succión de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Con la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 % y 25 % se incrementó en 5,45 % y 19,34 % la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto en comparación del ladrillo patrón (con 0 % de adición de vidrio crudo molido reciclado). Por tanto, la adición de vidrio tuvo un efecto positivo en la resistencia a la compresión simple (figura 192).

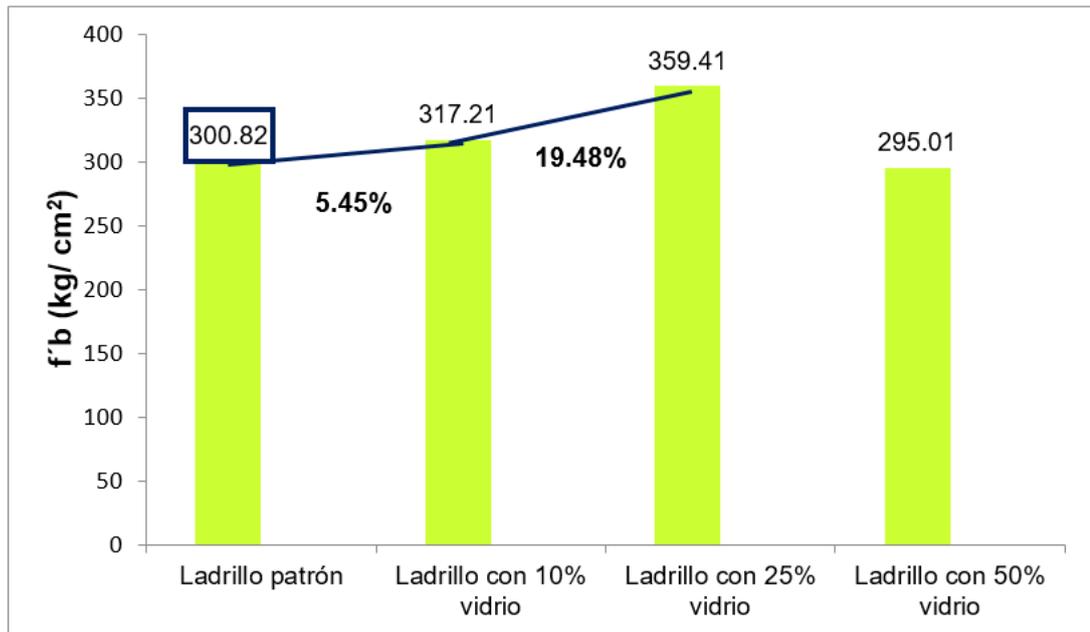


Figura 192. Discusión de ensayo compresión en unidades de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Con la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % se incrementó en 13,66 %, 39,28 % y 91,29 % la resistencia a la compresión axial en prisma elaborado con ladrillos de concreto en comparación con el ladrillo patrón (con 0 % de adición de vidrio crudo molido reciclado). Por tanto, la adición de vidrio tuvo un efecto positivo en la resistencia de compresión axial en prisma.

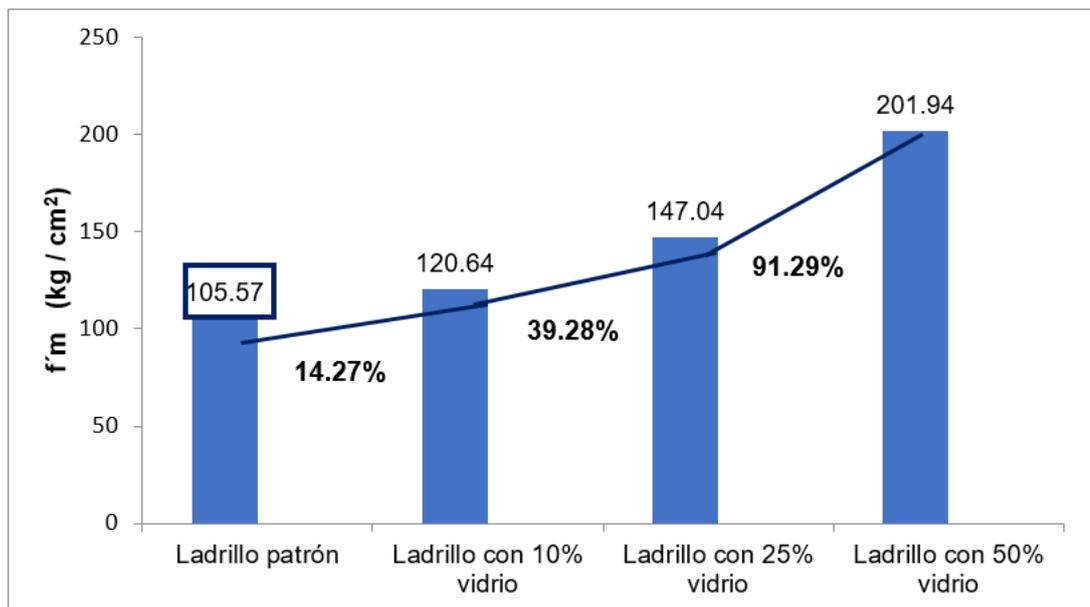


Figura 193. Discusión de ensayo compresión en prisma de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

Con la adición de vidrio crudo molido reciclado del 10 %, 25 % y 50 % se incrementó en 5,26 %, 20,80 % y 22,44 % la resistencia de compresión diagonal de murete elaborado con ladrillos de concreto en comparación con el ladrillo patrón (con 0% de adición de vidrio crudo molido reciclado). Por tanto, la adición de vidrio tuvo un efecto positivo en la resistencia de compresión diagonal de murete (figura 194).

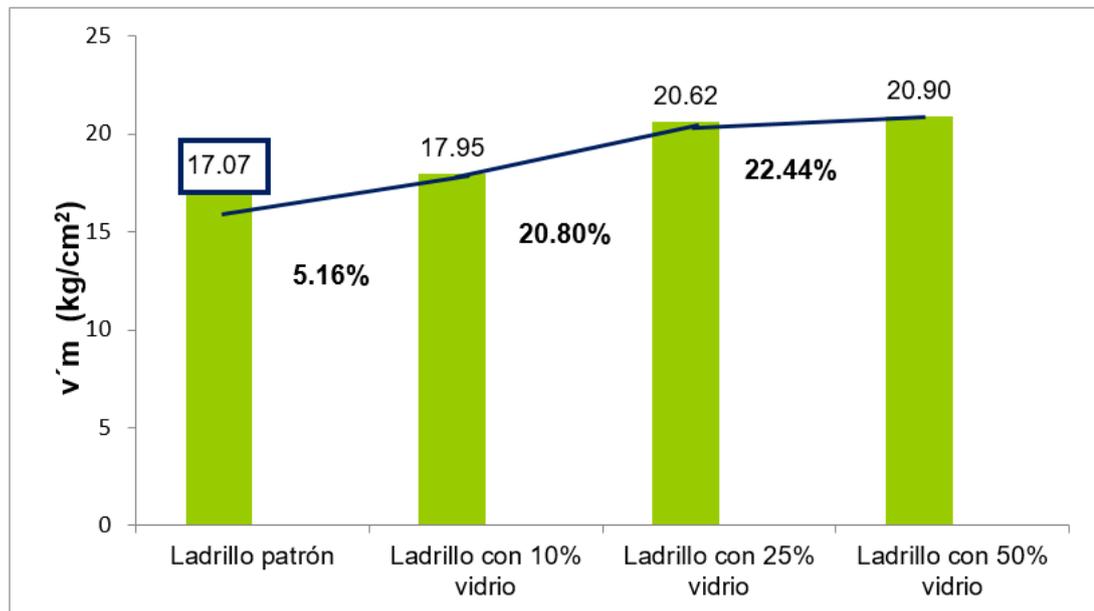


Figura 194. Discusión de ensayo compresión en muretes de ladrillo de concreto
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La influencia del vidrio crudo molido en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto tuvo un efecto positivo, ya que la absorción mejoró en 23,52 %, la succión mejoró en 58,71 %, la resistencia a la compresión simple del ladrillo ($f'b$) mejoró en 19,34 %, la resistencia en compresión axial en prismas ($f'm$) mejoró en 91,29 % y la resistencia a la compresión diagonal de muretes ($v'm$) mejoró en 22,44 %.

El porcentaje de absorción en el ladrillo con adición de vidrio crudo molido del 10 %, 25 % y 50 % mejoró. Sin embargo, el ladrillo de concreto con 50% de adición de vidrio crudo molido obtuvo mejor resultado (5,95 %), pues redujo la absorción en 23,52 % en comparación con el ladrillo patrón, que tuvo solo 7,78 %. En la NTP 399.601 se establece que las unidades de concreto no deben presentar más de 10 % de absorción.

Los ladrillos con adición de vidrio crudo molido del 10 %, 25 % y 50 % tuvieron menos succión. Sin embargo, el ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido obtuvo mejor resultado (15,87 g/200cm³-min), pues redujo la succión en 58,75 % en comparación con el ladrillo patrón que tuvo solo 38,47 g/200 cm³-min. En el R.N.E E.070 se establece que los ladrillos de concreto solamente se les debe pasar una brocha húmeda o rociarlos con agua en las caras de asiento previo al asentado.

Los ladrillos con adición de vidrio crudo molido del 10 % y 25 % obtuvieron resistencias más altas a la compresión simple ($f'b$). Sin embargo, el ladrillo de concreto con 25 % de adición de vidrio crudo molido obtuvo mejor resultado (359,41 kg/cm³), pues aumentó la compresión en 19,34 % en comparación con el ladrillo patrón tipo 17 y 24, que obtuvo solo 300,82 kg/cm³. Esto implica que superó ampliamente la resistencia del ladrillo según los valores establecidos en la N.T.P 399.605. El resultado se debió a que fue sometido al proceso de vibrado durante su elaboración, como demuestra una investigación realizada por el Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID - UNI), que determinó que la vibración con la mesa vibratoria permite duplicar la resistencia de las unidades en comparación con la compactación de manera manual.

Los ladrillos con adición de vidrio crudo molido del 10 %, 25 % y 50 % obtuvieron mejor resistencia a la compresión axial en prismas ($f'm$). Sin embargo, el ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido reciclado obtuvo mejor resultado ($201,94 \text{ kg/cm}^3$) en resistencia al bloque tipo P según los valores establecido por la RNE E.070. en comparación de los prismas elaborados con el ladrillo patrón que obtuvo $105,57 \text{ kg/cm}^3$; es decir, logró un aumento del 91,29 %.

Los ladrillos con adición de vidrio crudo molido del 10 %, 25 % y 50 % obtuvieron mejor resistencia a la compresión diagonal en muretes ($v'm$). Sin embargo, el ladrillo de concreto con 50 % de adición de vidrio crudo molido obtuvo mejor resultado ($20,90 \text{ kg/cm}^3$) en resistencia al bloque tipo P; es decir, obtuvo un aumento del 22,44 %, según los valores establecido por la RNE E.070.

RECOMENDACIONES

Considerar el uso del ladrillo de concreto con adición de vidrio crudo molido reciclado en zonas de temperaturas bajas, puesto que este tipo de ladrillo absorbe poca humedad del ambiente y el ciclo de hielo – deshielo tendría efectos menos nocivos.

Manipular las unidades de albañilería con adición de vidrio crudo molido con cuidado, ya que podría tener proyecciones de vidrio en las superficies del ladrillo.

Realizar la limpieza del molde del ladrillo cada 6 usos, con el objetivo de evitar atascos entre el molde y la plancha deslizante, así se evitará daños al ladrillo en estado fresco.

Verificar que los alveolos en la parte inferior no estén obstruidos antes del asentado, ya que se trata de ladrillos artesanales y podrían presentar una capa delgada de concreto.

Verificar el alabeo durante el proceso de desmoldado, ya que se puede corregir al presionar ligeramente la unidad, incluso cuando el concreto este fresco.

Continuar la investigación del ladrillo con adición de vidrio crudo molido —en estudio estructurales para determinar cuántos pisos se podrían elaborar con este tipo de ladrillo—, pues en resistencia a compresión en unidades, prismas y muretes obtuvo resultados superiores al muro armado.

Promover, a través del Estado, el uso de este tipo de ladrillo con adición de vidrio crudo molido mediante normas, ya que se demostró que tiene mejores comportamientos físicos y mecánicos, así se incentivará el reciclaje en la industria de la construcción.

Realizar futuras investigaciones sobre los beneficios de vibrado en cuanto al tiempo y frecuencia en la fabricación de ladrillos, ya que el vibrado mejora la resistencia del concreto y podría implicar menor uso de cemento en el diseño.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Abanto Castillo, T. (2019). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Lima: Editorial San Marcos
- Almeida, J. & Trujillo, C. (2017). *Principios básicos de la construcción sostenible utilizando vidrio triturado en la elaboración de hormigones* (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9820>
- Aranda, A. (2019). *Efecto de la sustitución del 10 % del cemento por vidrio molido al 10 % en la resistencia de un ladrillo de concreto 175 kg/cm³* (tesis de pregrado). Universidad de Huánuco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2111>
- Camacho, C. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto con reemplazo de vidrio por agregado fino y fluorita por agregado grueso en diferentes porcentajes, Cajamarca 2017* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_2be37a05550a785b2ef857929b3081f4
- Cano, J. & Cruz, C. (2017). *Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón* (tesis de pregrado). Universidad Libre Pereira, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/876/ANALISIS%20DE%20MEZCLAS%20DE%20CONCRETO.pdf?sequence=1>
- Cenzano, E., Esteire, E. & Madrid A. (2014) *Carpintería metálica y de PVC y vidriería* (1.era edición). Madrid: Editorial AMV Ediciones
- Chavez, C. & Millones, F. (2018). *Influencia de la adición del vidrio triturado reciclado en las propiedades del ladrillo de arcilla artesanal – Distrito de Santa - Ancash – 2018* (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31047>
- Correa, D. & Sarraff, M. (2016). *Sustitución parcial del agregado fino por vidrio para la elaboración de hormigón* (tesis de pregrado).

- Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, República Dominicana.
Recuperado de
<https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/769?show=full>
- Enríquez, J. & Shimabukuro, K. (2019). *Diseño de mezcla de concreto f'cr 210 kg/cm³ mediante la adición de vidrio molido reciclado en reemplazo parcial de cemento tipo I en lima-Perú* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú. Recuperado de
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628155>
- Gallegos, H & Casabonne, C. (2005) *Albañilería estructural* (3.^{era} edición). Lima: Editorial Fondo Editorial PUCP
- INACAL (2002: Rev. 2015). NTP 399.604 [Normas].
- INACAL (2004: Rev. 2015). NTP 399.621 [Normas].
- INACAL (2016). NTP 399.601 [Normas].
- INACAL (2018). NTP 399.605 [Normas].
- Juna, J. & Sánchez, D. (2019). *Incidencia de la adición de tipos de vidrio en el análisis de las propiedades físico-mecánicas de adoquines de hormigón* (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Ecuador. Recuperado de
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19014>
- Montes, Y. (2017). *Evaluación del comportamiento de mezcla de gabros y vidrio reciclado en la producción de ladrillos macizos* (tesis de pregrado). Instituto Superior Minero Metalúrgico, Cuba. Recuperado de
<http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/2599>
- Mora, J. (2018). *El vidrio reciclado y su conversión en material de la construcción. Estudios prospectivos en la provincia de Villa Clara* (tesis de pregrado). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba. Recuperado de
<https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/10516>
- Peñafiel, D. (2016). *Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Recuperado de
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23038>

- San Bartolomé, A, Quiun, D. & Silva, W. (2018) *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Segunda edición. Lima: Editorial Fondo Editorial PUCP.
- Sanjuán, M. & Servando, Y. (xxxx). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento Portland*. Universidad de Alicante, España. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>
- Sencico (2020). *Norma E-040 Vidrio*. Recuperado de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Sencico (2020). *Norma E-070. Albañilería*. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>
- Walhoff, G. (2017). *Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional, Barranca - 2016* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM_2c88fa637232f56dcd50b1ea016932fb

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia	186
Anexo 2 Certificado ISO 9001:2015.....	186
Anexo 3 Informe de materiales	186
Anexo 4 Diseño mezcla ladrillo de concreto	186
Anexo 5 Análisis granulométrico agregado fino	186
Anexo 6 Análisis granulométrico agregado grueso	191
Anexo 7 Análisis granulométrico agregado global	192
Anexo 8. Análisis granulométrico vidrio crudo molido	193
Anexo 9 Resultado ensayo de absorción ladrillo de concreto	194
Anexo 10 Resultado ensayo resistencia a la compresión simple (f' b)	198
Anexo 11 Resultado ensayo resistencia a la compresión en pila (f' m)	202
Anexo 12 Resultado de compresión diagonal en murete (v' m)	206
Anexo 13 Certificado de calibración balanza "A&D GF-20K"	210
Anexo 14 Certificado de calibración horno "RAYPA"	211
Anexo 15 Certificado de calibración prensa "ELE-INTERNATIONAL"	212
Anexo 16 Certificado de calibración prensa "TOKYOKOKI"	214
Anexo 17 Resultado de turnitin	218

Anexo 1 Matriz de consistencia

Matriz de consistencia						
Título de la investigación :	INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO REICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES					
Elaborado por:	Juan Miguel Felix Mescua Yelixia Yosselin Sanchez Alfaro					
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores	Mediciones	Metodología
¿Cómo influye el uso de vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes?	Determinar la influencia del uso de vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes.	El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino mejora las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes.	Vidrio crudo molido reciclado	Curva granulométrica Variación porcentual (%)	Valor numérico Kg	Tipo de Investigación : Aplicada , porque se busca investigar la preparación de un nuevo ladrillo reemplazando vidrio crudo molido reciclado para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Indicadores	Mediciones	Enfoque: Cuantitativo, porque los resultados obtenidos serán numérico. Nivel de Investigación : Descriptivo , porque se realiza los ensayos en laboratorio para proceder con la comparación de resultados mediante tablas y diagramas. Diseño de la Investigación: Experimental , porque se toma los datos de laboratorio. Longitudinal , porque se recolecta datos durante todo el proceso de investigación. Prospectivo , porque se estudiarán los resultados a medida que se va desarrollando la investigación y obteniendo los datos. Población y Muestra : Población : Será un total de 268 ladrillos. Muestra: Es mediana, total de 67 ladrillos. Procedimiento La recolección de materia prima, se realiza en talleres de vidriería y recolección de botellas a pie. Esta presente investigación se apoyo de las siguientes normas técnicas peruanas como: N.T.P 399.601, N.T.P 399.604, N.T.P 399.605, N.T.P 399.621, N.T.P 399.613 y E.070.
¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la absorción del ladrillo de concreto para muros portantes?	Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la absorción del ladrillo de concreto para muros portantes.	El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino disminuye en la absorción del ladrillo de concreto para muros portantes.	Propiedades físicas	Absorción	%	
¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la succión del ladrillo de concreto para muros portantes?	Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la succión del ladrillo de concreto para muros portantes.	El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino disminuye la succión del ladrillo de concreto para muros portantes.		Succión	gr/200cm ² - min	
¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto para muros portantes?	Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto para muros portantes.	El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión simple del ladrillo de concreto para muros portantes .	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería (f' b)	Kg /cm ²	
¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado en la resistencia a la compresión axial en prisma del ladrillo de concreto para muros portantes?	Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia a la compresión axial en prisma del ladrillo de concreto para muros portantes.	El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión axial en prisma del ladrillo de concreto para muros portantes .		Resistencia a la compresión axial en prisma . (f _m)	Kg /cm ²	
¿En qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia de compresión diagonal en muretes del ladrillo de concreto para muros portantes?	Determinar en qué medida influye el vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en la resistencia de compresión diagonal en muretes del ladrillo de concreto para muros portantes.	El vidrio crudo molido reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión diagonal en muretes del ladrillo de concreto para muros portantes		Resistencia a la compresión diagonal en muretes (v'm)	Kg /cm ²	

Anexo 2
Certificado ISO 9001:2015

SGS

Certificate PE13/175222
The management system of

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA -
Laboratorio N° 1
de Ensayos de materiales
de la Facultad de Ingeniería Civil - Ing. Manuel
Gonzáles de la Cotera
Av. Túpac Amaru S/N, Rimac
Lima - Perú

has been assessed and certified as meeting the requirements of

ISO 9001:2015

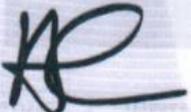
For the following activities

"Ensayos de Materiales de Construcción en Agregados, Concreto, Albañilería, Madera, Acero y Cemento , desde la Solicitud de Servicio hasta la emisión de los Informes de Ensayo de muestras proporcionadas por los clientes externos"

"Building material's Tests in Aggregates, Concrete prisms, Masonry units, Wood, Steel rebars and Cement from the service request to the emission of reports of samples provided by external customers"

This certificate is valid from June 06, 2019 until June 05, 2022
Following a certification audit on April 29, 2019
and remains valid subject to satisfactory surveillance audits.
Re certification audit due before March 05, 2022
Issue 4. Certified since July 25, 2013

Authorised by



SGS United Kingdom Ltd
Rossmore Business Park, Ellesmere Port, Cheshire CH65 3EN UK
t +44 (0)151 350-6666 f +44 (0)151 350-6600 www.sgs.com

HC SGS 9001 2015 0618

Page 1 of 1

IAF
MEMBER OF MULTILATERAL
RECOGNITION ARRANGEMENT


UKAS
MANAGEMENT
SYSTEMS
0005


SGS


SGS

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Certification Services accessible at www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitations of liability, indemnification and jurisdictional issues established therein. The authenticity of this document may be verified at <http://www.sgs.com/en/Our-Company/Certified-Clients-Directories/Certified-Clients-Directories.aspx>. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

Anexo 3.
Informe de materiales

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Camera de Ingeniería Civil Acreditada por
 Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Pág. 1 de 5

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO/JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO REICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"

Ubicación : LIMA
Asunto : Diseño de mezcla $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$
De mortero para la elaboración de adoquines

Expediente N° : 20-1699-1
Recibo N° : 71097
Fecha de emisión : 19/11/2020

1.0 DE LOS MATERIALES

1.1 Cemento:
Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.

1.2 Agregado Fino:
Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera UNICON.
Las características se indican en el ANEXO 1.

1.3 Agregado Grueso:
Consistente en una Muestra de CONFITILLO sin cantera especificada , en UNICON.
Las características se indican en el ANEXO 2.

1.4 Combinación de Agregados:
La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

1.4 Agua:
Se uso agua potable procedente de la red UNI.


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 4 Diseño mezcla ladrillo de concreto



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Camera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET | Engineering Technology Accreditation Commission

Expediente N° : 20-1699-1

Pág. 2 de 5

2.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR (f'c = 180 Kg/cm²) CEMENTO SOL Tipo I

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	f'c = 180	Kg/cm ²
Asentamiento	0" - 1"	
Relación a/c de diseño	0.34	
Relación a/c de obra	0.34	
Proporciones de diseño	1	: 2.19 : 0.12
Proporciones de obra	1	: 2.23 : 0.12

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	623.5	Kg.
Arena	1365.8	Kg.
Piedra	73.3	Kg.
Agua	212.0	L.

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	623.5	Kg.
Arena	1390.3	Kg.
Piedra	73.8	Kg.
Agua	209.5	L.

2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	42.50	Kg.
Arena	94.76	Kg.
Piedra	5.03	Kg.
Agua	14.28	L.

2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	AREIA	PIEDRA
Proporciones	1	: 2.19	: 0.13
Agua	14.28	L/bolsa	

3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : MSc. Ing. C. Villegas M.

Técnico : Sr. E.G.V.



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 5. Análisis granulométrico agregado fino

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Camara de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET | Engineering Technology Accreditation Commission

ANEXO 1 Pág. 3 de 5

EXPEDIENTE N° : 20-1699-1

1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

Consiste en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera UNICON.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	8.1	8.1	91.9	95 - 100
N°8	2.36	21.5	29.6	70.4	80 - 100
N°16	1.18	31.3	61.0	39.1	50 - 85
N°30	0.60	20.7	81.6	18.4	25 - 60
N°50	0.30	9.8	91.4	8.6	5 - 30
N°100	0.15	6.2	97.6	2.5	0 - 10
FONDO		2.5	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA

C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	3.69
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1529
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1689
Peso Específico (g/cm ³)	2.57
Contenido de Humedad (%)	1.79
Porcentaje de Absorción (%)	1.61

2. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : MSc. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. E.G.V.

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.

REVISADO
Ing. E. Villegas M. (MSc.)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SEFATURA

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

LABORATORIO CERTIFICADO ISO 9001

Anexo 6 Análisis granulométrico agregado grueso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Camera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering Technology Accreditation Commission

ANEXO 2 Pág 4 de 5

EXPEDIENTE N° : 20-1699-1

1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

Consiste en una Muestra de CONFITILLO procedente de la cantera UNICON.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO 89
(Pulg)	(mm)				
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	100
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.50	1.9	1.9	98.1	90 - 100
N°4	4.75	88.3	90.2	9.8	20 - 55
FONDO		9.8	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA

C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	5.43
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1386
Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1528
Peso Especifico (g/cm³)	2.62
Contenido de Humedad (%)	0.61
Porcentaje de Absorción (%)	1.65

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : MSc. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. E.G.V.

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 7 Análisis granulométrico agregado global



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Pág. 5 de 5

ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 20-1699-1

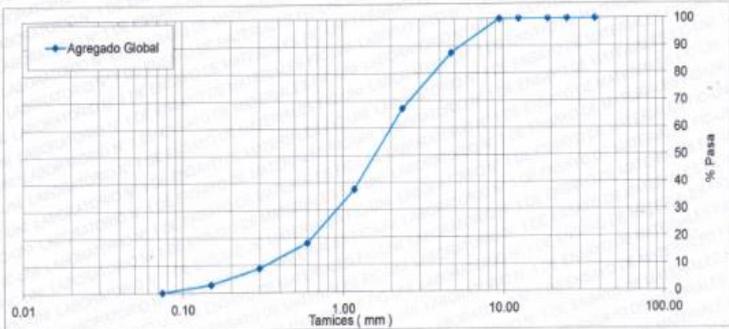
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera UNICON y CONFITILLO procedente de la cantera UNICON.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.1	0.1	99.9
N°4	4.75	12.5	12.6	87.4
N°8	2.36	20.4	32.9	67.1
N°16	1.18	29.6	62.5	37.5
N°30	0.60	19.5	82.1	17.9
N°50	0.30	9.2	91.3	8.7
N°100	0.15	5.8	97.1	2.9
FONDO		2.9	100.0	0.0

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	N°4
Módulo de Fineza	3.79
% Agregado Grueso	5.46
% Agregado Fino	94.54

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : MSc. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. E.G.V.

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 8.
Análisis granulométrico vidrio crudo molido



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Camera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET | Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
Ubicación : LIMA
Asunto : Ensayo de Granulometría en Vidrio crudo molido
Expediente N° : 20-1699-17
Recibo N° : 71097
Fecha de emisión : 10/11/2020

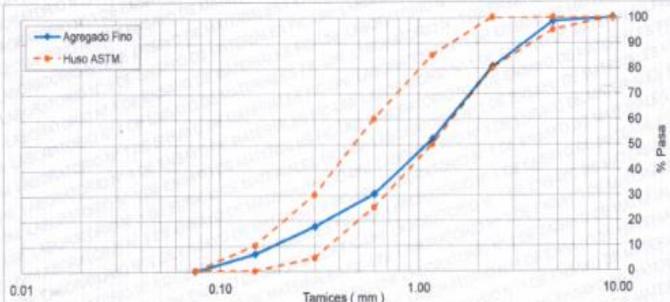
1. DE LA MUESTRA : VIDRIO CRUDO MOLIDO, sin cantera especificada.
2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.012:2018.
Procedimiento interno AT-PR-24.
3. RESULTADOS :

3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		%RET	%RET ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	1.4	1.4	98.6	95 - 100
N°8	2.36	18.0	19.5	80.6	80 - 100
N°16	1.18	28.4	47.9	52.2	50 - 85
N°30	0.60	21.7	69.6	30.4	25 - 60
N°60	0.30	12.9	82.4	17.6	5 - 30
N°100	0.15	10.8	93.2	6.8	0 - 10
FONDO		6.8	100.0	0.0	0

MÓDULO DE FINURA : 3.14

3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA



4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. E.G.V.




MSc. Ing. Isabel Morami 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 9
 Resultado ensayo de absorción ladrillo de concreto



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
 Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"

Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Absorción de 24 horas en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-1
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 14/12/2020

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confitillo (UNICON) y sin vidrio crudo.

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.2002 Revisada el 2015. Procedimiento interno AT-PR-02.

3.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de saturación = 27 °C H.R. = 64.7%

4.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo el 14 de Diciembre del 2020

MUESTRA	ABSORCIÓN 24H (%)
M - 1: 0% de vidrio	8.1
M - 2: 0% de vidrio	7.2
M - 3: 0% de vidrio	7.1
M - 4: 0% de vidrio	7.9
M - 4: 0% de vidrio	8.7
Promedio	7.8

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M
 Técnico : Sr. C.G./E.G.


 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 Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Cámara de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Absorción de 24 horas en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-14
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 14/12/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), conftillo (UNICON) y vidrio crudo.
 2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada el 2015. Procedimiento interno AT-PR-02.
 3.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de saturación = 27 °C H.R. = 64.7%
 4.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo el 14 de Diciembre del 2020

MUESTRA	ABSORCIÓN 24H (%)
M -1: 10% de vidrio	6.8
M -2: 10% de vidrio	6.4
M -3: 10% de vidrio	8.1
M -4: 10% de vidrio	7.7
M -4: 10% de vidrio	7.5
Promedio	7.3

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M
 Técnico : Sr. C.G./E.G.



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





INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
Ubicación : LIMA
Asunto : Ensayo de Absorción de 24 horas en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 20-1699-5
Recibo N° : 71097
Fecha de emisión : 16/12/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confítillo (UNICON) y vidrio crudo.
2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 399 604:2002 Revisada el 2015. Procedimiento interno AT-PR-02.
3.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de saturación = 26 °C H.R. = 64.7%
4.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo el 16 de Diciembre del 2020

MUESTRA	ABSORCIÓN 24H (%)
M - 1: 25% de vidrio	8.8
M - 2: 25% de vidrio	7.4
M - 3: 25% de vidrio	5.5
M - 4: 25% de vidrio	7.0
M - 4: 25% de vidrio	5.8
Promedio	6.9

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M
 Técnico : Sr. C.G./E.G.



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.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Absorción de 24 horas en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-9
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 17/12/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), conchillo (UNICON) y vidrio crudo.
- 2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada el 2015. Procedimiento interno AT-PR-02.
- 3.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de saturación = 27 °C H.R. = 64.7%
- 4.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo el 17 de Diciembre del 2020

MUESTRA	ABSORCIÓN 24H (%)
M - 1: 50% de vidrio	5.4
M - 2: 50% de vidrio	6.2
M - 3: 50% de vidrio	5.7
M - 4: 50% de vidrio	6.1
M - 4: 50% de vidrio	6.3
Promedio	5.9

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M
 Técnico : Sr. C.G./E.G.

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 10
Resultado ensayo resistencia a la compresión simple (f' b)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET | Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-2
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 14/12/2020

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confitillo (UNICON) y sin vidrio crudo.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-046-2020

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.

4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 22.5 °C H.R. = 64.7 %

5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 14 de Diciembre del 2020

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M - 1: 0% de vidrio	21.9	13.1	9.0	286.9	95000	331.1
M - 2: 0% de vidrio	21.8	13.2	9.1	287.8	95000	330.1
M - 3: 0% de vidrio	21.8	13.2	8.9	287.8	77900	270.7
M - 4: 0% de vidrio	21.8	13.1	9.1	285.6	95000	332.6
M - 4: 0% de vidrio	21.8	13.2	8.9	287.8	68900	239.4

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. C.G./E.G. C.V.M.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Responsable (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





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-14
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 15/12/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confitillo (UNICON) y vidrio crudo.
- 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-046-2020
- 3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento Interno AT-PR-09.
- 4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 22.5 °C H.R. = 64.7 %
- 5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 15 de Diciembre del 2020

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M - 1: 10% de vidrio	21.9	13.2	9.0	289.1	95000	328.6
M - 2: 10% de vidrio	22.0	13.1	9.0	288.2	90900	315.4
M - 3: 10% de vidrio	21.9	13.1	9.0	286.9	94180	328.3
M - 4: 10% de vidrio	21.9	13.1	9.1	286.9	92400	322.1
M - 4: 10% de vidrio	22.0	13.1	9.0	288.2	84050	291.6

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. C.G./E.G.
 C.V.M.



MSc/ Ing. Isabel Moromi Nakata
 Responsable (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





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



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-6
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 14/12/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), conftillo (UNICON) y vidrio crudo.
- 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-046-2020
- 3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.
- 4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 22.5 °C H.R. = 64.7 %
- 5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 14 de Diciembre del 2020

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M - 1: 25% de vidrio	21.6	13.2	9.2	285.1	109200	383.0
M - 2: 25% de vidrio	21.7	13.2	9.1	286.4	98000	342.2
M - 3: 25% de vidrio	21.8	13.3	9.1	289.9	105000	362.2
M - 4: 25% de vidrio	21.7	13.1	9.1	284.3	101000	355.3
M - 4: 25% de vidrio	21.8	13.2	9.2	287.8	102000	354.4

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. C.G./E.G.
 C.V.M.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Responsable (e) del Laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 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





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
Ubicación : LIMA
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 20-1699-10
Recibo N° : 71097
Fecha de emisión : 15/12/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confitillo (UNICON) y vidrio crudo.
- 2.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-046-2020
- 3.0. MÉTODO DE ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.
- 4.0. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura de almacenamiento = 22.5 °C H.R. = 64.7 %
- 5.0. RESULTADOS** : Fecha de ensayo, 15 de Diciembre del 2020

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M - 1: 50% de vidrio	21.1	13.2	8.9	278.5	74996	269.3
M - 2: 50% de vidrio	22.0	13.2	8.9	290.4	97546	335.9
M - 3: 50% de vidrio	21.8	13.2	9.0	287.8	76900	267.2
M - 4: 50% de vidrio	21.8	13.2	9.0	287.8	81563	283.4
M - 4: 50% de vidrio	21.9	13.2	8.9	289.1	95800	331.4

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. C.G./E.G.
 C.V.M.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Responsable (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 sólo 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 11
Resultado ensayo resistencia a la compresión en pila (f'm)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"

Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Pilas de Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-3
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 10/12/2020

1.0. DE LA PILAS : Pilas elaborados en el LEM con ladrillos de concreto, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confitillo (UNICON) y sin vidrio crudo.
 Para el mortero de adherencia se utilizó una proporción en volumen de:

Cemento	Arena
1	4

Espesor de junta: 1.5 cm.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración CMC-046-2020

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTP 399.605.2018.
 Procedimiento interno AT-PR-08.

4.0. RESULTADOS :

MUESTRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA NETA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AREA BRUTA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
			LARGO	ANCHO	ALTURA					
M - 1 - 1 : 0% de vidrio	18/10/2020	10/12/2020	21.7	13.0	40.1	225	18200	1.08	87.0	Separación del frente superficial
M - 1 - 2 : 0% de vidrio	26/10/2020	10/12/2020	21.8	13.0	40.6	227	20500	1.08	97.7	Separación del frente superficial
M - 1 - 3 : 0% de vidrio	26/10/2020	10/12/2020	21.8	13.1	41.1	229	27950	1.08	132.1	Separación del frente superficial

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V./C.G.




MSc. Jabel Moromí 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





INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Pilas de Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-15
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 11/12/2020

1.0. DE LA PILAS : Pilas elaborados en el LEM con ladrillos de concreto, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confilillo (UNICON) y vidrio crudo.

Para el mortero de adherencia se utilizó una proporción en volumen de:

Cemento	Arena
1	4

Espesor de junta: 1,5 cm.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración CMC-046-2020

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTP 399.605:2018.
 Procedimiento interno AT-PR-08.

4.0. RESULTADOS

MUESTRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA NETA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AREA BRUTA (Kg/cm²)	TIPO DE FALLA
			LARGO	ANCHO	ALTURA					
M - 1 - 1 : 10% de vidrio	27/11/2020	11/12/2020	21.8	13.2	41.0	231	27000	1.08	126.0	Separación del frente superficial
M - 1 - 2 : 10% de vidrio	27/11/2020	11/12/2020	21.8	13.2	40.5	231	20000	1.08	93.1	Separación del frente superficial
M - 1 - 3 : 10% de vidrio	27/11/2020	11/12/2020	21.9	13.1	41.7	230	30000	1.09	141.5	Separación del frente superficial

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V./C.G.

MSc. 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.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Pilas de Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-7
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 10/12/2020

1.0. DE LA PILAS : Pilas elaborados en el LEM con ladrillos de concreto, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confililo (UNICON) y vidrio crudo.

Para el mortero de adherencia se utilizó una proporción en volumen de:

Cemento	Arena
1	4

Espesor de junta: 1.5 cm.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración CMC-046-2020

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTP 399.605.2018.
 Procedimiento interno AT-PR-08.

4.0. RESULTADOS

MUESTRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA NETA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AREA BRUTA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
			LARGO	ANCHO	ALTURA					
M-1-1 : 25% de vidrio	01/12/2020	15/12/2020	21.9	13.2	40.5	232	29000	1.06	134.2	Separación del frente superficial
M-1-2 : 25% de vidrio	01/12/2020	15/12/2020	22.0	13.2	40.6	234	28400	1.06	130.8	Separación del frente superficial
M-1-3 : 25% de vidrio	01/12/2020	15/12/2020	21.9	13.2	40.7	232	37600	1.06	174.2	Separación del frente superficial

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V./C.G.

MSc. 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





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"

Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Pilas de Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-11
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 16/12/2020

1.0. DE LA PILAS : Pilas elaborados en el LEM con ladrillos de concreto, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confitillo (UNICON) y vidrio crudo.

Para el mortero de adherencia se utilizó una proporción en volumen de;

Cemento	Arena
1	4

Espesor de junta: 1.5 cm.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración CMC-046-2020

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTP 399.605:2018.
 Procedimiento interno AT-PR-08.

4.0. RESULTADOS :

MUESTRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA NETA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AREA BRUTA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
			LARGO	ANCHO	ALTURA					
M - 1 - 1 : 50% de vidrio	02/12/2020	16/12/2020	21.9	13.2	40.6	232	35000	1.08	162.1	Separación del frente superficial
M - 1 - 2 : 50% de vidrio	02/12/2020	16/12/2020	22.0	13.2	40.5	234	53800	1.08	247.6	Separación del frente superficial
M - 1 - 3 : 50% de vidrio	02/12/2020	16/12/2020	21.8	13.0	40.4	227	40900	1.08	194.7	Separación del frente superficial

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V/J.C.G.

MSc. 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 12.
Resultado de compresión diagonal en murete (v'm)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Camara de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET | Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
Ubicación : LIMA
Asunto : Ensayo de Compresión Diagonal en murete de Albañilería
Expediente N° : 20-1699-4
Recibo N° : 71097
Fecha de emisión : 10/12/2020

1.0. DE LA MUESTRA : Muretes elaborados con ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), conftillo (UNICON) y sin vidrio crudo.
Los muretes fueron elaborados con una proporción en volumen de mortero de 1 : 4 y un espesor de junta de 1.5 cm.

2.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura ambiente = 24.7 °C H.R. = 64.7 %

3.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal, TOKYOKOKI SEIZOSHO
Certificado de Calibración: CMC-046-2020
Se utilizó las escuadras de acero de acuerdo a la NTP 399.621.

4.0. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTP 399.621 y E-070 del RNE.
Procedimiento interno AT-PR-08.

5.0. RESULTADOS :

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DEL MURETE (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO AL CORTE (Kg/cm ²)
		LARGO (l)	ANCHO (h)	ESPESOR (t)			
M - 1 - 1 : 0% de vidrio	10/12/2020	58.1	59.0	13.0	761.2	29850	27.7
M - 1 - 2 : 0% de vidrio	10/12/2020	58.8	60.7	13.3	794.7	18900	16.8
M - 1 - 3 : 0% de vidrio	10/12/2020	58.7	61.0	13.3	796.0	26000	23.1

Compresión Diagonal Promedio (kg/cm²) = 22.5
Desviación Estándar (kg/ cm²) = 5.48
Coeficiente de Variación (%) = 24.3
Resistencia compresión promedio del mortero = 201 (kg/ cm²)

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. E.G.V./C.G.

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.jem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO REICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Compresión Diagonal en murete de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-16
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 11/12/2020

1.0. DE LA MUESTRA : Muretes elaborados con ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), conchillo (UNICON) y vidrio crudo.
 Los muretes fueron elaborados con una proporción en volumen de mortero de 1 : 4 y un espesor de junta de 1.5 cm.

2.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura ambiente = 27 °C H.R. = 64.7 %

3.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de Calibración: CMC-046-2020
 Se utilizó las escuadras de acero de acuerdo a la NTP 399.621.

4.0. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTP 399.621 y E-070 del RNE.
 Procedimiento interno AT-PR-08.

5.0. RESULTADOS

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DEL MURETE (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO AL CORTE (Kg/cm ²)
		LARGO (l)	ANCHO (h)	ESPESOR (t)			
M - 1 - 1 : 10% de vidrio	11/12/2020	58.2	60.5	13.3	789.4	19500	17.5
M - 1 - 2 : 10% de vidrio	11/12/2020	57.9	60.5	13.2	781.4	25600	23.2
M - 1 - 3 : 10% de vidrio	11/12/2020	58.1	60.2	13.3	786.7	28000	25.2

Compresión Diagonal Promedio (kg/cm²) = 21.9
 Desviación Estándar (kg/cm²) = 3.99
 Coeficiente de Variación (%) = 18.2
 Resistencia compresión promedio del mortero = 238.1 (kg/cm²)

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V./C.G.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 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





INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO REICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
Ubicación : LIMA
Asunto : Ensayo de Compresión Diagonal en murete de Albañilería
Expediente N° : 20-1699-8
Recibo N° : 71097
Fecha de emisión : 16/12/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Muretes elaborados con ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), confitillo (UNICON) y vidrio crudo.
 Los muretes fueron elaborados con una proporción en volumen de mortero de 1 : 4 y un espesor de junta de 1.5 cm.
- 2.0. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura ambiente = 27 °C H.R. = 67.5 %
- 3.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo universal, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de Calibración: CMC-046-2020
 Se utilizó las escuadras de acero de acuerdo a la NTP 399.621.
- 4.0. MÉTODO DE ENSAYO** : Normas de referencia NTP 399.621 y E-070 del RNE.
 Procedimiento interno AT-PR-08.
- 5.0. RESULTADOS** :

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DEL MURETE (cm)			ÁREA BRUTA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO AL CORTE (Kg/cm²)
		LARGO (l)	ANCHO (h)	ESPESOR (t)			
M - 1 - 1 : 25% de vidrio	16/12/2020	58.2	60.5	13.3	789.4	31400	28.1
M - 1 - 2 : 25% de vidrio	16/12/2020	58.1	60.2	13.2	780.8	34500	31.2
M - 1 - 3 : 25% de vidrio	16/12/2020	57.9	60.4	13.2	780.8	22050	20.0

Compresión Diagonal Promedio (kg/cm²) = 26.4
 Desviación Estándar (kg/cm²) = 5.82
 Coeficiente de Variación (%) = 22.0
 Resistencia compresión promedio del mortero = 202.3 (kg/cm²)

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V./C.G.



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.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YELIXIA YOSSELIN SANCHEZ ALFARO / JUAN MIGUEL FELIX MESCUA
 Obra : TESIS: "INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO REICLADO COMO AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES"
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Compresión Diagonal en murete de Albañilería
 Expediente N° : 20-1699-12
 Recibo N° : 71097
 Fecha de emisión : 16/12/2020

1.0. DE LA MUESTRA : Muretes elaborados con ladrillos de concreto elaborados en el LEM, a base de cemento Sol Tipo I, arena gruesa (UNICON), conftillo (UNICON) y vidrio crudo.
 Los muretes fueron elaborados con una proporción en volumen de mortero de 1 : 4 y un espesor de junta de 1.5 cm.

2.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura ambiente = 27 °C H.R. = 64.7 %

3.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de Calibración: CMC-046-2020
 Se utilizó las escuadras de acero de acuerdo a la NTP 399.621.

4.0. MÉTODO DE ENSAYO : Normas de referencia NTP 399.621 y E-070 del RNE.
 Procedimiento interno AT-PR-08.

5.0. RESULTADOS

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DEL MURETE (cm)			ÁREA BRUTA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO AL CORTE (Kg/cm²)
		LARGO (l)	ANCHO (h)	ESPESOR (t)			
M - 1 - 1 : 50% de vidrio	16/12/2020	57.9	60.1	13.2	778.8	34950	31.7
M - 1 - 2 : 50% de vidrio	16/12/2020	58.1	60.1	13.3	786.0	23700	21.3
M - 1 - 3 : 50% de vidrio	16/12/2020	58.2	59.9	13.2	779.5	28000	25.4

Compresión Diagonal Promedio (kg/cm²) = 26.1
 Desviación Estándar (kg/ cm²) = 5.25
 Coeficiente de Variación (%) = 20.1
 Resistencia compresión promedio del mortero = 210.8 (kg/ cm²)

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V./C.G.



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 13
Certificado de calibración balanza "A&D GF-20K"



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



CERTIFICADO DE CALIBRACION
TC - 15351 - 2020

PROFORMA : 4362A Fecha de emisión: 2020-11-10

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DIRECCIÓN : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 LIMA-LIMA-RÍMAC

INSTRUMENTO : PESA
Valor Nominal : 20 kg
Marca : No Indica
Material : Hierro Fundido
Clase de Exactitud : M2
Cantidad : 1
Procedencia : No Indica
Identificación : PVBL-3
Fecha de Calibración : 2020-11-09

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa con nuestra pesa patrón según el procedimiento PC-008 "Procedimiento para la calibración de pesas de trabajo clases M2, M2-3 y M3. Segunda Edición - Enero 2009. SNM - INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	54,0 %	54,3%
Presión	1 003,2 hPa	1 003,2 hPa

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Anexo 14
Certificado de calibración horno "RAYPA"

INFORME TÉCNICO
IT - 14148 - 2020

Proforma : 4389A Fecha de emisión : 2020-12-04 Página : 1 de 1

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DIRECCIÓN : Av. Tupac Amaru Nro. 210 Lima-Lima-Rímac

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : HORNO
Marca : RAYPA
Modelo : DAF-635
N° de Serie : 53471
Intervalo de Indicación : 250 °C
Resolución : 1 °C
Procedencia : No Indica
N° de Parte : 532262690012
Identificación : 1387
Ubicación : ÁREA DE AGREGADOS

3. FECHA Y LUGAR DE REVISIÓN TÉCNICA.
La revisión se realizó el día 28 de Noviembre del 2020 en las instalaciones de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

4. MOTIVO DE LA INTERVENCIÓN
El cliente requiere servicio de mantenimiento preventivo.

5. INTERVENCIÓN TÉCNICA.
Se realizó limpieza externa e interna del equipo.
Se verificó el estado de la resistencia eléctrica.
Se verificó el correcto funcionamiento del contactor.
Se verificó el correcto funcionamiento del sensor.
Se realizó prueba de tiempo de estabilización al controlador.



6. CONCLUSIONES.
EL EQUIPO QUEDÓ OPERATIVO Y EN FUNCIONAMIENTO.



Christian Gahona Lume
Técnico Mantenimiento

Anexo 15
Certificado de calibración prensa " ELE-INTERNATIONAL



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-020-2020**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería
Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería
Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera "
FIC - UNI Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.
Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica
Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. ó 113 TN)
División de escala : 0.1 kN
Marca : ELE - INTERNATIONAL
Modelo : 36-0650/06
N° de serie del equipo : 9913 Código UNI : PHEC-4
Lector digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL
N° de serie lector digital : 1887-1-00089
Procedencia : USA
Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 27.2°C / 61%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 27.2°C / 61%
Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2020-02-25

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2020-02-27	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CMC-020-2020

Página 1 de 2

Av. Circunvalación s/n Mz. B Lt. 1 Urb. Praderas de Huachipa Lurigancho - Chosica Telf.: (01) 540 7661 e-mail: servicios@celda.com.pe

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
9	100	100.23	100.52	100.24	100.33	-0.3	0.1
18	200	200.09	200.97	200.51	200.52	-0.3	0.1
27	300	299.74	300.25	299.77	299.92	0.0	0.1
36	400	400.00	399.61	399.75	399.79	0.1	0.1
45	500	500.78	501.36	501.37	501.17	-0.2	0.1
54	600	600.85	600.88	601.04	600.92	-0.2	0.1
63	700	701.68	701.54	700.93	701.38	-0.2	0.1
72	800	800.61	801.20	800.91	800.91	-0.1	0.1
81	900	900.61	901.28	901.21	901.03	-0.1	0.1
90	1000	1000.85	1001.37	1001.28	1001.17	-0.1	0.1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2 y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.



Anexo 16
 Certificado de calibración prensa "TOKYOKOKI"



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CMC-046-2020**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería
 Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería
 Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.
 Tipo de equipo : Máquina Universal N° 2
 Capacidad del equipo : 20,000 kgf ; 50,000 kgf; 10,000 kgf ; 5,000 kgf ; 100,000 kgf.
 División de escala : 20 kgf; 100 kgf; 10 kgf ; 10 kgf ; 100 kgf.
 Marca : TOKYOKOKI SEIZOSHO
 N° de serie del equipo : 177 T 128
 Código Interno UNI : MUNV-2
 Panel digital : Analógico.
 Número serie panel digital : N.I.
 Procedencia : JAPAN.
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 18.4°C / 74%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 18.4°C / 74%
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518
 Número de páginas : 4
 Fecha de calibración : 2020-08-24

Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

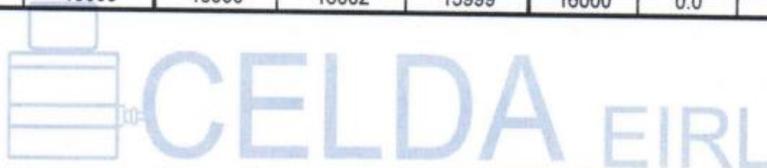
Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2020-08-31	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286



Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión Escala : 20000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	2000	2042	2044	2042	2043	-2.1	0.3
20	4000	4029	4037	4040	4035	-0.9	0.1
30	6000	6026	6000	6017	6014	-0.2	0.1
40	8000	8013	7997	8004	8005	-0.1	0.1
50	10000	10030	10015	10038	10028	-0.3	0.1
60	12000	12054	11970	11988	12004	0.0	0.1
70	14000	14014	14006	14033	14018	-0.1	0.1
80	16000	15999	16002	15999	16000	0.0	0.1



Dirección de carga : Compresión Escala : 50000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	5000	4956	4925	4940	4940	1.2	0.2
20	10000	9924	9920	9931	9925	0.8	0.1
30	15000	14989	15050	15038	15026	-0.2	0.1
40	20000	20026	19953	20064	20014	-0.1	0.1
50	25000	25175	25254	25191	25207	-0.8	0.1
60	30000	30226	30198	30189	30204	-0.7	0.1
70	35000	35254	35239	35279	35257	-0.7	0.1
80	40000	40262	40305	40258	40275	-0.7	0.1





Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión Escala : 10000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	1000	1016	1024	1011	1017	-1.7	0.3
20	2000	1993	1993	1983	1990	0.5	0.1
30	3000	3006	2999	2983	2996	0.1	0.1
40	4000	4002	3996	3991	3996	0.1	0.1
50	5000	4960	4987	4975	4974	0.5	0.1
60	6000	5993	5957	5974	5975	0.4	0.1
70	7000	6992	6994	6977	6988	0.2	0.1
80	8000	7994	7965	7967	7975	0.3	0.1



Dirección de carga : Compresión Escala : 5000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	500	505	512	510	509	-1.8	0.3
20	1000	1006	1006	1002	1005	-0.5	0.1
30	1500	1501	1500	1497	1499	0.0	0.1
40	2000	2005	2000	1994	2000	0.0	0.1
50	2500	2503	2499	2491	2498	0.1	0.1
60	3000	2997	2994	2981	2991	0.3	0.1
70	3500	3494	3493	3508	3498	0.0	0.1
80	4000	3995	3994	3999	3996	0.1	0.1



Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Escala : 100000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	10000	9996	10024	10068	10029	-0.3	0.1
20	20000	19963	19873	19882	19906	0.5	0.1
30	30000	29887	29892	29906	29895	0.4	0.1
40	40000	39712	39673	39791	39725	0.7	0.1
50	50000	49716	50491	49807	50005	0.0	0.1
60	60000	59559	59474	59684	59572	0.7	0.1
70	70000	69555	69461	69536	69517	0.7	0.1
80	80000	79398	79281	79400	79360	0.8	0.1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado



Anexo 17
Resultado de turnitin

INFLUENCIA DEL VIDRIO CRUDO MOLIDO RECICLADO

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE
INTERNET

1%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

1%

7

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%