



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Robinson, German Indalecio

Jairo David, Perez Verde

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y por ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día, para lograr mis objetivos.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por todo su amor. Y a todos aquellos que ayudaron directa o indirectamente a realizar mi tesis.

A mi asesor, Ing. Rubén Vásquez Díaz, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mi tesis, por haberme transmitidos los conocimientos obtenidos y haberme llevado paso a paso en el aprendizaje.

Gracias a todos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor, Ing. Rubén Vásquez Díaz, quien a lo largo de este tiempo ha puesto a prueba mis capacidades y conocimientos en el desarrollo de mi tesis. A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Gracias a todos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	8
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES DE ANEXO	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN	15
1.1 Realidad problemática.....	15
1.2 Formulación del problema	20
1.3 Justificación.....	20
1.4 Limitaciones	21
1.5 Objetivos	22
CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes	23
2.2 Bases teóricas	32
2.3 Hipótesis	78
CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA	79
3.1 Tipo de investigación	79
3.2 Definición y operacionalización de variables	79
3.3 Diseño de investigación	81
3.4 Unidad de estudio.....	81
3.5 Población y muestra	82
3.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	84
3.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	86
CAPÍTULO 4 : RESULTADOS.....	93
4.1 Presentación de resultados	93
CAPÍTULO 5 : DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	136
5.1 Discusión.....	136
5.2 Conclusiones	148
RECOMENDACIONES.....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	151
ANEXOS	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes adicionales de la limadura de hierro	33
Tabla 2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	37
Tabla 3. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	38
Tabla 4. Factores de correlación de $f'm$ por esbeltez	41
Tabla 5. Incremento de $V'm$ por edad de curado	45
Tabla 6. Granulometría de la arena gruesa para mortero	50
Tabla 7. Tipos de mortero	50
Tabla 8. Ensayo de la resistencia de mortero	51
Tabla 9. Granulometría del agregado fino	61
Tabla 10. Granulometría del confitillo	62
Tabla 11. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado	66
Tabla 12. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	69
Tabla 13. Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos	70
Tabla 14. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	70
Tabla 15. Consistencia, asentamiento y trabajabilidad del concreto	71
Tabla 16. Volumen unitario de agua	72
Tabla 17. Contenido de aire atrapado	73
Tabla 18. Contenido de aire incorporado y total	74
Tabla 19. Relación agua/cemento por resistencia	75
Tabla 20. Módulo de fineza de la combinación de agregados	76
Tabla 21. Operacionalización de variable dependiente	80
Tabla 22. Operacionalización de variable independiente	80
Tabla 23. Resultados de la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto con adiciones plástico reciclado	82
Tabla 24. Muestreo de unidades de albañilería con limadura de hierro	84
Tabla 25. Resultados de las características físicas del agregado fino	93
Tabla 26. Resultados del ensayo de análisis granulométrico del agregado fino	94
Tabla 27. Resultados de las características físicas del agregado grueso	95
Tabla 28. Resultados del ensayo de análisis granulométrico de agregado grueso	96
Tabla 29. Resultados de las características físicas de la limadura de hierro	97

Tabla 30. Resultados del ensayo de análisis granulométrico de la limadura de hierro	98
Tabla 31. Resultados del diseño de mezcla – Método módulo de fineza de combinación de agregados	99
Tabla 32. Cantidad de material por 1m ³ , concreto patrón ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)	100
Tabla 33. Cantidad de material por 1m ³ , con 2.5% limadura de hierro ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)	100
Tabla 34. Cantidad de material por 1m ³ , con 5.0% limadura de hierro ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)	101
Tabla 35. Cantidad de material por 1m ³ , con 7.5% limadura de hierro ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)	101
Tabla 36. Cantidad de material por 1m ³ , mortero Tipo P2	102
Tabla 37. Cantidad de ladrillos de concreto según el tipo ensayo	104
Tabla 38. Resultados del ensayo de variación dimensional (Muestra patrón)	105
Tabla 39. Resultados del ensayo de variación dimensional (2.5% Limadura de hierro)	105
Tabla 40. Resultados del ensayo de variación dimensional (5.0 % Limadura de hierro)	106
Tabla 41. Resultados del ensayo de variación dimensional (7.5 % Limadura de hierro)	106
Tabla 42. Resultados del ensayo de alabeo de los ladrillos de concreto	108
Tabla 43. Resultados del ensayo de absorción de los ladrillos de concreto	109
Tabla 44. Resultados del ensayo de densidad de los ladrillos de concreto	110
Tabla 45. Resultados del ensayo de succión de los ladrillos de concreto	111
Tabla 46. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial del mortero	112
Tabla 47. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de ladrillos	113
Tabla 48. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos	114
Tabla 49. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes	115
Tabla 50. Resistencia acorte de muretes	115
Tabla 51. Diferencias entre cálculos prácticos y teóricos del $f'm$, E_n y D_m	116
Tabla 52. Prueba de Normalidad – Absorción de ladrillos	118
Tabla 53. Prueba de Normalidad – Densidad de ladrillos	119
Tabla 54. Prueba de Normalidad – Succión de ladrillos	120
Tabla 55. Prueba de Normalidad – Resistencia a la compresión axial de ladrillos	121
Tabla 56. Prueba de Normalidad – Resistencia a la compresión axial de pilas	122
Tabla 57. Prueba de Normalidad – Resistencia a la compresión diagonal de muretes	123
Tabla 58. Análisis de varianza – Absorción de ladrillos	124
Tabla 59. Análisis de varianza – Densidad de ladrillos	125
Tabla 60. Análisis de varianza – Succión de ladrillos	126
Tabla 61. Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial de ladrillos	127
Tabla 62. Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial de pilas	128
Tabla 63. Análisis de varianza – Resistencia a la compresión diagonal de muretes	129
Tabla 64. Análisis ANOVA – Absorción de ladrillos	130

Tabla 65. Análisis ANOVA – Densidad de ladrillos.....	131
Tabla 66. Análisis ANOVA – Succión de ladrillos.....	132
Tabla 67. Análisis ANOVA – Resistencia a la compresión axial de ladrillos	133
Tabla 68. Análisis ANOVA – Resistencia a la compresión axial de pilas.....	134
Tabla 69. Análisis ANOVA – Resistencia a la compresión diagonal muretes.....	135
Tabla 70. Resultados de las características físicas de los agregados.....	136
Tabla 71. Características físicas de la limadura de hierro	139
Tabla 72. Análisis granulométrico del agregado fino.....	160
Tabla 73. Análisis granulométrico de agregado grueso	161
Tabla 74. Material más fino que pasa por el tamiz N°200	163
Tabla 75. Peso específico y absorción del agregado fino.....	165
Tabla 76. Peso específico y absorción del agregado grueso (confitillo)	167
Tabla 77. Peso unitario suelto del agregado fino y grueso.....	168
Tabla 78. Peso unitario compactado del agregado fino y grueso	170
Tabla 79. Contenido de humedad del agregado fino y grueso	171
Tabla 80. Análisis granulométrico de la limadura de hierro	172
Tabla 81. Peso específico de la limadura de hierro	173
Tabla 82. Peso unitario de la limadura de hierro.....	174
Tabla 83. Ensayo de variación dimensional	179
Tabla 84. Ensayo de alabeo	180
Tabla 85. Ensayo de absorción.....	181
Tabla 86. Ensayo de densidad	182
Tabla 87. Ensayo de succión	183
Tabla 88. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero.....	185
Tabla 89. Ensayo de resistencia a compresión axial de ladrillos.....	187
Tabla 90. Factores de correlación de f'_m por esbeltez.....	188
Tabla 91. Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas	189
Tabla 92. Ensayo de compresión diagonal de muretes.....	190

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Limadura de hierro	32
Ilustración 2: Dimensiones de los ladrillos de concreto	34
Ilustración 3: Ensayo de alabeo y dimensiones de Cuña.....	38
Ilustración 4: Esfuerzos en el ladrillo y en el mortero por efecto de la carga axial.....	42
Ilustración 5: Tipos de fallas en muretes	44
Ilustración 6: Ensayo de corte y esquema de deformación	47
Ilustración 7: Muro portante	48
Ilustración 8: Muro confinado	49
Ilustración 9: Concreto reforzado con fibra de acero	54
Ilustración 10: Concreto reforzado con fibra de vidrio	55
Ilustración 11: Concreto reforzado con fibra sintética	56
Ilustración 12: Concreto reforzado con sistema múltiple de fibras	56
Ilustración 13: Concreto reforzado con viruta de acero	57
Ilustración 14: Limadura de hierro	58
Ilustración 15: Tipos de marcas de cemento	58
Ilustración 16: Tipos de Cemento.....	59
Ilustración 17: Recolección de agregado fino con maquinaria.....	61
Ilustración 18: Agregado grueso (confitillo)	62
Ilustración 19: Tipo de aditivos para el concreto	67
Ilustración 20: Dimensiones de la unidad de albañilería de concreto	81
Ilustración 21: Proceso de análisis de datos	87
Ilustración 22: Curva granulométrica del agregado fino	94
Ilustración 23: Curva granulométrica del agregado grueso.....	96
Ilustración 24: Curva granulométrica de la limadura de hierro.....	98
Ilustración 25: Detalle de la geometría de los ladrillos de concreto.....	103
Ilustración 26: Variación dimensional.....	107
Ilustración 27: Alabeo de los ladrillos de concreto	108
Ilustración 28: Absorción de los ladrillos de concreto	109
Ilustración 29: Densidad de los ladrillos de concreto.....	110
Ilustración 30: Succión de los ladrillos de concreto	111
Ilustración 31: Resistencia a la compresión axial de ladrillos	113
Ilustración 32: Resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos	114
Ilustración 33: Resistencia a la compresión diagonal de muretes	116
Ilustración 34: Análisis de varianza – Absorción de ladrillos	124
Ilustración 35: Análisis de varianza – Densidad de ladrillos.....	125

Ilustración 36: Análisis de varianza – Succión de ladrillos.....	126
Ilustración 37: Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial	127
Ilustración 38: Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial de pilas.....	128
Ilustración 39: Análisis de varianza – Resistencia a la compresión	129
Ilustración 40: Curva granulométrica del agregado fino	137
Ilustración 41: Variación dimensional vs Porcentaje de limadura de hierro.....	141
Ilustración 42: Alabeo vs Porcentajes de limadura de hierro	141
Ilustración 43: Absorción vs Porcentajes de limadura de hierro	142
Ilustración 44: Densidad vs Porcentajes de limadura de hierro.....	143
Ilustración 45: Succión vs Porcentajes de limadura de hierro.....	144
Ilustración 46: Resistencia a compresión vs Porcentajes de limadura de hierro.....	145
Ilustración 47: Resistencia a compresión en pilas vs Porcentajes de limadura de hierro.....	146
Ilustración 48: Resistencia a compresión diagonal en muretes vs Porcentajes de limadura de hierro	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES DE ANEXO

Ilustración 49: Diagrama del proceso de recolección de datos	157
Ilustración 50: Ubicación de la Cantera Los Mellizos - Trujillo	158
Ilustración 51: Flujograma de proceso de proceso de ladrillo de concreto Fuente: Adaptado de Arrieta y Peñaherrera (2001)	178
Ilustración 52: Ensayo granulométrico del agregado fino	226
Ilustración 53: Ensayo granulométrico del agregado grueso (confitillo)	226
Ilustración 54: Material más fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado fino	227
Ilustración 55: Material más fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso	227
Ilustración 56: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino	228
Ilustración 57: Peso específico y absorción del agregado grueso	228
Ilustración 58: Peso unitario suelto del agregado fino	229
Ilustración 59: Peso unitario suelto del agregado grueso	229
Ilustración 60: Peso unitario compactado del agregado fino	230
Ilustración 61: Peso unitario compactado del agregado grueso	230
Ilustración 62: Contenido de humedad del agregado fino	231
Ilustración 63: Contenido de humedad del agregado grueso	231
Ilustración 64: Ensayo granulométrico de la limadura de hierro	232
Ilustración 65: Ensayo de peso unitario de la limadura de hierro	232
Ilustración 66: Ensayo de peso específico de la limadura de hierro	233
Ilustración 67: Almacenado del material	234
Ilustración 68: Mezclado	234
Ilustración 69: Moldeado de la unidad de albañilería	235
Ilustración 70: Curado de las unidades de albañilería	235
Ilustración 71: Ensayo de variación dimensional	236
Ilustración 72: Ensayo de alabeo	236
Ilustración 73: Secado de ladrillos al horno	237
Ilustración 74: Ensayo de absorción de las unidades de albañilería	237
Ilustración 75: Ensayo de densidad de las unidades de albañilería	238
Ilustración 76: Ensayo de succión de las unidades de albañilería	238
Ilustración 77: Curado del mortero	239
Ilustración 78: Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero	239
Ilustración 79: Capeo de la unidad de albañilería	240
Ilustración 80: Ensayo de compresión axial de la unidad de albañilería	240
Ilustración 81: Ensayo de compresión axial de pilas de ladrillos	240
Ilustración 82: Ensayo de compresión diagonal de muretes	241

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Variación dimensional.....	39
Ecuación 2: Absorción.....	39
Ecuación 3: Succión	40
Ecuación 4: Densidad	40
Ecuación 5: Resistencia a compresión axial.....	41
Ecuación 6: Resistencia a compresión axial de pilas	41
Ecuación 7: Resistencia al corte de muretes.....	46
Ecuación 8: Resistencia a compresión del mortero	51
Ecuación 9: Módulo de finura	63
Ecuación 10: Material más fino que pasa por el tamiz N°200	64
Ecuación 11: Peso específico de masa	64
Ecuación 12: Peso específico saturado con superficie seca	64
Ecuación 13: Peso específico aparente.....	64
Ecuación 14: Volumen del recipiente.....	65
Ecuación 15: Peso unitario	65
Ecuación 16: Porcentaje de absorción.....	65
Ecuación 17: Porcentaje de humedad.....	66
Ecuación 18: Volumen de agua.....	72
Ecuación 19: Cantidad de cemento	75
Ecuación 20: Volumen de cemento	75
Ecuación 21: Porcentaje de agregado fino	77
Ecuación 22: Volumen total de agregados	77
Ecuación 23: Peso de agregado húmedo	77
Ecuación 24: Humedad de agregados.....	77
Ecuación 25: Peso agua efectiva	77
Ecuación 26: Cálculo del tamaño de muestra.....	83
Ecuación 27: Media aritmética.....	90
Ecuación 28: Varianza.....	91
Ecuación 29: Desviación estándar.....	91
Ecuación 30: Coeficiente de variación	92
Ecuación 31: Módulo de finura	160
Ecuación 32: Módulo de finura	161
Ecuación 33: Material más fino que pasa por el tamiz N°200	162
Ecuación 34: Peso específico de masa	164
Ecuación 35: Peso específico saturado con superficie seca	164

Ecuación 36: Peso específico aparente.....	164
Ecuación 37: Porcentaje de absorción.....	164
Ecuación 38: Peso específico de masa	166
Ecuación 39: Peso específico saturado con superficie seca	166
Ecuación 40: Peso específico aparente.....	166
Ecuación 41: Porcentaje de absorción.....	166
Ecuación 42: Volumen del recipiente.....	168
Ecuación 43: Peso unitario suelto.....	168
Ecuación 44: Volumen del recipiente.....	169
Ecuación 45: Peso unitario compactado.....	169
Ecuación 46: Porcentaje de humedad.....	170
Ecuación 47: Módulo de finura	172
Ecuación 48: Volumen del recipiente.....	174
Ecuación 49: Peso unitario	174
Ecuación 50: Variación dimensional.....	179
Ecuación 51: Absorción.....	181
Ecuación 52: Densidad	182
Ecuación 53: Succión	183
Ecuación 54: Resistencia a compresión axial del mortero	185
Ecuación 55: Resistencia a compresión axial de ladrillos.....	186
Ecuación 56: Resistencia a compresión axial de pilas	188
Ecuación 57: Resistencia a compresión axial de pilas	188
Ecuación 58: Resistencia al corte de muretes.....	190
Ecuación 59: Resistencia al corte de muretes.....	190

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Trujillo. Con el objetivo de determinar la influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente. Para esta investigación se utilizó un diseño experimental puro con un muestreo probabilístico – transversal, la recolección se hizo mediante la técnica de la observación, el instrumento utilizado fue la guía de observación y para el análisis de datos se empleó la estadística inferencial. El problema se debe a que la ciudad de Trujillo alberga viviendas de albañilería construidas con ladrillos de baja resistencia a la compresión axial y diagonal, lo cual podría ocasionar riesgo de agrietamiento en los muros, colapso de la estructura y pérdidas de vidas humanas ante un evento sísmico de mediana magnitud, por ello es que se busca mejorar las propiedades de los ladrillos de concreto, adicionándole limadura de hierro. Obteniendo como resultados que al adicionar 5% de limadura de hierro incrementa al máximo la resistencia a la compresión axial simple, pilas y diagonal a $f'_b = 141.60 \text{ kg/cm}^2$, $f'_m = 47.37 \text{ kg/cm}^2$ y $v'_m = 9.32 \text{ kg/cm}^2$; a partir de un concreto patrón de $f'_b = 131.30 \text{ kg/cm}^2$, $f'_m = 41.09$ y $v'_m = 8.25 \text{ kg/cm}^2$; después de 28 días de curado. Lográndose determinar la influencia que tiene este material en los ladrillos de concreto.

Palabras clave: Ladrillo de concreto, limadura de hierro, propiedades físicas y mecánicas.

ABSTRACT

This research was carried out at the Universidad Privada del Norte in the city of Trujillo, The aim of this investigation is to determinate the influence of iron filing on the physical and mechanical properties of the concrete masonry units manufactured by hand. For this investigation was used a pure experimental design with a probabilistic - transversal sampling, the data collection was made by the observation technique, the instrument used was the observation guide and for the data analysis was the inferential statistics.

The problem is that the city of Trujillo has masonry houses, built with bricks of low resistance to axial and diagonal compression, which could cause risk of cracking in the walls, collapse of the structure and lost of human lives during a medium magnitude seismic event, that is why it is sought to improve the properties of concrete bricks, adding iron filings.

The problem is that the city of Trujillo is home to masonry houses, built with bricks of low resistance to axial and diagonal compression, which could cause risk of cracking in the walls, collapse of the structure and loss of human lives between a seismic event of medium magnitude, that is why it is sought to improve the properties of concrete bricks, adding iron filings. Obtaining as results that when adding 5% of iron filing to increase to the maximum the simple axial compression resistance, piles and diagonal to $f'b = 141.60 \text{ kg/cm}^2$, $f'm = 47.37 \text{ kg/cm}^2$ and $v'm = 9.32 \text{ kg/cm}^2$; from a concrete pattern of $f'b = 131.30 \text{ kg/cm}^2$, $f'm = 41.09$ and $v'm = 8.25 \text{ kg/cm}^2$; after 28 days of curing. It was possible to determine the influence that this material has on the concrete bricks.

Keywords: Concrete brick, iron filings, masonry, physical and mechanical properties.

CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En los últimos años, los constructores siempre han buscado mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto utilizando materiales de alta resistencia. Es por ello, que a lo largo de todo este tiempo se ha venido investigando y analizando nuevos materiales que mejoren estas propiedades. Como se sabe, el concreto es un material compuesto muy utilizado en el sector de la construcción, siendo uno de ellos para la elaboración de bloques de concreto, los cuales son usados para la construcción de muros estructurales de viviendas, edificaciones comerciales e industriales. Por ello, que es de gran importancia investigar cuál es el porcentaje de limadura de hierro que mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto, logrando de esta manera que los bloques de concreto sean más resistentes al momento de soportar cargas gravitatorias y sísmicas, ya que de ello depende el agrietamiento de los muros frente a estas cargas. Debido a esto, se ha venido realizando diversas investigaciones acerca de cómo mejorar la resistencia a la compresión del concreto.

En España, **Mármol (2010)** menciona que los HRF (Hormigones reforzados con fibra) se utilizan más cada día debido a las ventajas que ofrecen para su aplicación, según la función del tipo de fibras se mejoran en general las características mecánicas del hormigón. Los hormigones al tener fibras de acero, llegan a tener una rotura a flexo tracción dúctil que aumenta mucho la tenacidad e igualmente mejora considerablemente la resistencia a la fatiga, además se determinó que los hormigones con fibra de acero pueden trabajar estructuralmente, pero no sustituyen al acero convencional en la mayoría de sus aplicaciones.

En Chile, **García (2013)** realizó una investigación acerca del comportamiento a compresión uniaxial de bloques huecos de concreto con una resistencia de 10 Mpa y 30 Mpa, donde se evidencia que tanto para el concreto convencional como para los bloques prefabricados, la curva esfuerzo - deformación unitaria es dependiente de la magnitud de su resistencia a la compresión uniaxial, y que aunque el proceso constructivo de ambos materiales difiera, su desempeño estructural bajo cargas de compresión uniaxial es similar.

En Colombia, **Rivera (s.f.)** menciona que la resistencia que puede producir un determinado cemento depende fundamentalmente de su composición química; por ejemplo, con un cemento con alto contenido de C3S se obtendrán buenas resistencias y en un tiempo relativamente corto, acompañadas por un desprendimiento de calor relativamente alto durante el endurecimiento, en tanto que un cemento rico en C2S producirá altas resistencias pero en un tiempo relativamente largo, con un moderado calor de hidratación, lo cual conlleva a una mejor resistencia a los ataques químicos.

De igual manera, en Perú también se tienen importantes investigaciones acerca del uso de la limadura de hierro. Entre ellos tenemos:

En Lima, **Montalvo (2015)** comparó de manera teórica las propiedades mecánicas: flexión, compresión, módulo elástico y físicas del concreto sin refuerzo y el concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF1, como también comparar sus espesores, del cual resultó que las fibras tienen una ventaja con respecto a las losas de concreto simple, ya que contribuyen en todo su espesor gracias a la distribución tridimensional de las fibras dándole al piso una mayor resistencia a las sollicitaciones de carga durante su vida útil.

En Trujillo, **Velarde (2017)** menciona que después de haber adicionado polvo de aluminio fundido a una mezcla de concreto ligero de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se obtuvo un asentamiento de 4" con una resistencia de 224 kg/cm^2 a 28 días, luego con la incorporación del aditivo superplastificante EUCO37 al 1% del peso del cemento se logró un asentamiento de 4.50" con una resistencia de 214 kg/cm^2 a 28 días. Así mismo una densidad en estado endurecido de 2267.69 kg/m^3 . Por otro lado, añadiendo el 1.5 % con superplastificante al 1% da como resultado un asentamiento de 4.00" y alcanza una resistencia a compresión de 236 kg/cm^2 a 28 días y una densidad seca encontrada a 28 días de 1783.16 kg/m^3 , lográndose así un concreto más ligero.

Por otro lado, las normativas y/o entidades que normalizan la resistencia a la compresión de los bloques de concreto, son a nivel nacional la NORMA TECNICA PERUANA y a nivel internacional la ASTM, ya que aborda el uso del concreto desde el diseño, hasta la dosificación, mezclado, transporte, colado, consolidación, acabado y curado del espécimen.

Por lo tanto, es evidente que en la actualidad se continúa investigando acerca de cómo mejorar las propiedades del concreto. Teniendo a diversos autores los cuales afirman que añadiendo virutas de acero o limaduras de hierro se logra mejorar positivamente la resistencia a la compresión de los concretos ensayados a 28 días de curado. Siendo uno de estos autores, **Duran y Leiva (2018)** ya que evaluaron las propiedades mecánicas del concreto reemplazando el agregado fino por viruta de acero, teniendo resultados satisfactorios, porque era evidentemente que las virutas de acero modificaban positivamente las propiedades mecánicas del concreto estando dentro de ellas la resistencia a la compresión.

Debido a ello, **Chávez (2014)** que deja de entrever que utilizando 4% de limadura de hierro fundido en probetas cilíndricas de concreto de 15cm x 30 cm, se logra aumentar la resistencia a la compresión. De igual similitud, Pacheco (2016) al analizar la resistencia a compresión axial del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ incorporando diferentes porcentajes de viruta de acero para ser ensayados a diferentes edades, pudo determinar que al agregar un 6% de viruta de acero a un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ se puede obtener una resistencia de 202 kg/cm^2 al culminar los 28 días de curado.

Por último, **Valentina y Plinio (2016)** dedujeron que agregando 14% de fibras de acero a un concreto de igual resistencia a las anteriores, se aumenta en un 44.16% su resistencia a la compresión, en especímenes cilíndricos ensayados después de 28 días de curado. En conclusión, las dos primeras investigaciones garantizan que agregando el 10% de viruta de acero se logra aumentar significativamente la resistencia a la compresión, pero su porcentaje de incremento no es del todo claro.

Pues bien, a partir de ello, se hace evidente que, añadiendo partículas de hierro a la mezcla de concreto, se logra aumentan la resistencia, sin importar cuál sea el tamaño o el porcentaje utilizado.

En la actualidad, existen varias empresas dedicadas a la elaboración de bloques de concreto. Siendo uno de estos casos la empresa **UNICON**, ubicada en el sector de San Juan de Miraflores del departamento de Lima. Esta empresa se dedica al desarrollo de una amplia gama de concretos convencionales y a la producción de adoquines, bloques y ladrillos de concreto. Los cuales son sometidos a pruebas de control de calidad, exigidas por normas de calidad y seguridad vigentes, como las NTP y ASTM. Actualmente, la empresa tiene una capacidad de producción anual de hasta 28 millones

de unidades de los diferentes productos. Con esta nueva planta, Cementos Lima y UNICON pretenden contribuir con el desarrollo del sector construcción y la generación de puestos de trabajos directos e indirectos, como consecuencia de una cadena de valor comercial.

De manera similar, **PACASMAYO** es una de las empresas cementera más grandes del norte de Perú. Actualmente, la compañía tiene 3 plantas de cemento en Piura, Pacasmayo y otra en Rioja con una capacidad total anual de 4.9 millones de toneladas de cemento. Además, esta empresa se dedica a la elaboración de elementos prefabricados de concreto que se utilizan como solución en la construcción de muros estructurales, ya que tienen una gran resistencia a la compresión debido a sus agregados y adiciones metálicos. Lo cual permite mayor velocidad y rendimiento en el proceso constructivo generando un ahorro considerable en materiales y mano de obra para nuestros clientes.

Por otro lado, en el norte, la empresa de **CEMENTO QHUNA** es la empresa cementera de menor producción anual de cemento, ya que actualmente según estudios de mercado esta empresa produce 220 mil toneladas de cemento anuales. Actualmente cuenta con una sola planta en Salaverry, Trujillo. Además, esta empresa pertenece al GRUPO SAN ANTONIO, la cual produce acero, ladrillos, cemento premezclado, pegamento en polvo, agregado y tuberías.

Hoy en día, la ciudad de Trujillo alberga bastantes viviendas de albañilería confinada construidas con materiales que no cumplen con los requisitos mínimos de la Norma E-070, ya que en su mayoría son construidas de manera informal. Siendo la resistencia a la compresión de los ladrillos uno de los factores que más afecta la resistencia de estructural de las viviendas, debido a que son construidas con muros de ladrillo King Kong macizo artesanal en el primer nivel y en los pisos superiores con ladrillo pandereta. Siendo esta metodología incorrecta, porque una de las propiedades fundamentales es que los muros deben tener una buena resistencia ante eventos sismos, debido a que la ciudad de Trujillo está ubicada una zona altamente sísmica.

Esto se debe, que a lo largo del tiempo los maestros de obra, albañiles y hasta uno mismo viene construyendo sin tener un control de calidad adecuado, construyen según experiencia o a lo que han podido observar, ya que no nace por parte de ellos capacitarse constantemente en diversas charlas brindadas por empresas dedicadas al

rubro de construcción. Además, que los mismos dueños de las obras prefieren contratar un maestro de obra y no a un ingeniero civil que haga el diseño estructural, el cual puede determinar las dimensiones necesarias y la resistencia de los elementos estructurales (columnas, vigas, ladrillos).

Por otro lado, en la ciudad de Trujillo la limadura de hierro es un material producido como un sub producto del trabajo con piezas metálicas en las empresas manufactureras que brindan servicio de torno en general, lo cual al no dar un uso a estos residuos se está contaminando el medio ambiente y desperdiciando un material muy beneficio para la elaboración de ladrillos de concretos.

Es por ello, que la presente investigación busca determinar la influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo - 2020. Con el fin de poder determinar cuál es el porcentaje que mejora las propiedades de las unidades de albañilería, para que de esta manera estos especímenes soporten una mayor carga axial ante eventos sísmicos de gran magnitud, ya que formaran parte de la construcción de muros estructurales de diversas edificaciones.

Por otro lado, una de las consecuencias de no realizar la presente investigación, sería que debido a la falta de conocimiento no se utilizara o se adicionara poco o demasiado porcentaje de limadura de hierro a la mezcla de concreto, lo cual, en vez de mejorar las propiedades de los ladrillos de concreto, este afectaría negativamente.

Otra de las consecuencias a tener en cuenta, que, al utilizar ladrillos o bloques de concreto de poca resistencia a la compresión axial, los muros estructurales podrían presentar fisuras, rajaduras o grietas, que provocarían reparaciones costosas y peligrosas en dichos elementos.

De igual manera, es de vital importancia mejorar la resistencia a la compresión axial de los bloques de concreto, ya que las edificaciones del Perú se encuentran expuestas a eventos sísmicos que provocarían daños estructurales, pérdidas humanas y económicas, si estas estructuras llegasen a fallar.

Por otro lado, según los registros obtenidos en promedio cada empresa manufacturera (tornos), ubicadas en el Mercado El Mayoristas del Distrito de Trujillo,

se producen entre 10 a 15 kg de limadura de hierro quincenalmente, las cuales son provenientes de corte y rectificaciones de piezas de acero.

Por último, utilizando la limadura de hierro se busca reducir la contaminación ambiental, ya que dichos residuos no se desechan en lugares autorizados, sino son arrojados en la calle, contaminando de esta manera la vía pública del Mercado Mayorista del Distrito de Trujillo. Por otro lado, si se utilizara como aditivo en la mezcla de concreto, este podría ser de gran importancia, ya que podría mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, estando entre una de ellas la resistencia a compresión axial de los ladrillos de concreto.

1.2 Formulación del problema

¿De qué manera influye la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo - 2020?

1.3 Justificación

En la actualidad, la ciudad de Trujillo alberga bastantes viviendas de albañilería confinada construidas con materiales de construcción inadecuados, ya que los muros estructurales son construidos con ladrillos king kong macizo y ladrillos pandereta, los cuales en su mayoría no cumplen los requerimientos mínimos de la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Siendo esto incorrecto, debido a que una de las propiedades fundamentales de los muros estructurales, es que estos deben tener una buena resistencia a la compresión axial y diagonal ante cualquier evento sísmico, ya que la ciudad de Trujillo está ubicada una zona altamente sísmica.

Por otro lado, en la ciudad de Trujillo la limadura de hierro es un material producido como un sub producto del trabajo con piezas metálicas en las empresas manufactureras que brindan servicio de torno en general, lo cual al no dar un uso a estos residuos se desechan en las calles, contaminado de esta manera el medio ambiente y desperdiciando un material muy beneficio para la elaboración de los ladrillos de concretos.

Es por ello, que la presente investigación busca añadir limadura de hierro a un concreto convencional, con la finalidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

El desarrollo de esta investigación beneficiará a empresas públicas y privadas dedicadas a la fabricación de ladrillos de concreto y al rubro de la construcción, sobre cómo mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente con limadura de hierro, debido que servirá como fuente para desarrollar nuevas metodologías de diseño de mezclas con limadura de hierro.

Finalmente, al culminar esta investigación se concluirá si la adición de la limadura de hierro mejorar o no las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de concreto fabricadas artesanalmente. Esperando con ello, motivar a realizar nuevas investigaciones acerca de variación del porcentaje de limadura de hierro, así como en su influencia en más propiedades, siendo beneficioso para empresas constructoras que quieran elaborar este concreto.

1.4 Limitaciones

Para el desarrollo de la presente investigación una de las principales limitaciones fue la escasa información sobre la adición de limadura de hierro en las unidades de albañilería de concreto, ya que en nuestro país no se cuenta con abundante información. Por ello, se utilizó gran parte de la información de países desarrollados donde se vienen investigando las propiedades que mejora la adición de la limadura de hierro en un concreto convencional.

Otra de las limitaciones fue que debido a la pandemia del Covid19, no se pudo recolectar de manera adecuada y rápida la limadura de hierro, ya que las empresas manufactureras (tornos) del Mercado Mayorista del Distrito de Trujillo no brindaban atención y no estaba permitido la libre circulación.

Además de ello, para realizar los ensayos de compresión simple, compresión en pilas y compresión diagonal en muretes se tuvo que contratar un laboratorio privado, ya que el laboratorio de la Universidad Privada Del Norte no brindaba atención, lo cual dificultó aún más el desarrollo del trabajo.

1.5 Objetivos

Objetivo general

Determinar la influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo - 2020.

Objetivos específicos

1. Realizar el diseño de mezcla para una resistencia de $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$, de concreto convencional y con adiciones 2.5%, 5.0% y 7.5% de limadura de hierro.
2. Fabricar artesanalmente unidades de albañilería de 9 x 13 x 24 cm, utilizando concreto convencional y con adiciones 2.5%, 5.0% y 7.5% de limadura de hierro.
3. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto convencional y con adiciones de limadura de hierro a los 28 días curado.
4. Verificar si las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente cumplen con los requisitos mínimos de la Norma E070.

CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Actualmente, la industria de la construcción se encuentra en constante desarrollo, buscando nuevos materiales que permitan obtener productos de mayor calidad a menores costo; así mismo, el cuidado del medio ambiente va cobrando cada vez más importancia en el desarrollo de las actividades humanas, es por ello que, se viene realizando numerosas investigaciones que buscan utilizar materiales reciclados como la limadura de hierro en la elaboración del concreto, con el fin de mejorar las propiedades del concreto, y a la vez disminuir la contaminación que supone la eliminación inapropiada de estos materiales de desecho.

A continuación, se presenta un resumen de investigaciones realizadas a nivel mundial, en las cuales se emplearon materiales residuales obtenidos como subproducto del trabajo con metales.

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

“Resistencia a compresión axial del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de diferentes porcentajes de viruta metálica, UPN - 2015”

Vera (2015), esta investigación busca determinar si el uso de los agregados de la cantera del Río Chonta y la adición de diferentes porcentajes de viruta metálica, influye en la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c = 210$ kg/cm².

Para ello, se preparó mezclas de concreto con una resistencia de 210 kg/cm² adicionándole distintos porcentajes de Viruta Metálica con respecto al peso del agregado fino (5%, 10% y 15%), para posteriormente evaluarlas a 7,14 y 28 días de curado. Teniéndose como resultados los siguientes: Al adicionar el 5% de viruta metálica se obtiene una resistencia $f'c = 270.74$ kg/cm² a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 28.92%; al adicionar el 10% de viruta metálica se obtiene una resistencia $f'c = 260.03$ kg/cm² a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 23.82% y con la adición del 15% de viruta metálica se obtiene una resistencia $f'c = 253.66$ kg/cm² a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 20.79%. Concluyendo que los resultados obtenidos, nos indican que los

concretos adicionados con viruta metálica presentan una resistencia mayor a las del concreto convencional ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curado. (Pág. 97).

Esta investigación nos permitirá tener una idea general para definir el posible porcentaje de la limadura de hierro que mejorará la resistencia del concreto. Así mismo este estudio nos brinda una guía preliminar del comportamiento mecánico del concreto, lo cual permite formular algunas hipótesis preliminares.

“Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba”

Anyapoma (2015), esta investigación estudia las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, Perú. En esta investigación se seleccionó 30 unidades, 3 pilas y 2 muretes de las dos ladrilleras, se realizaron ensayos clasificatorios (variación dimensional, alabeo, compresión simple) y ensayos no clasificatorios (succión, absorción), ensayos de pilas y muertes, ensayos de mortero (compresión axial), determinándose la resistencia de los ladrillos (fb), resistencia de pilas (fm), resistencia al corte (v'm) y los módulos de elasticidad de ladrillo (Eb), pilas (Em) y de módulo de corte (Gm). El resultado arrojó que los ladrillos artesanales clasifican como tipo I de ambas ladrilleras de acuerdo a la norma E – 070. Con ello, se pudo concluir que los dos tipos de ladrillo no cumplen con las especificaciones proporcionados por el fabricante, pero calificaron como unidades sólidas aptas para ser empleadas en la construcción de muros portantes de acuerdo a la norma E- 070. (Pág. 73-74).

Esta investigación nos permite estimar la cantidad de unidades de albañilería que se van a necesitar para evaluar las propiedades físicas y mecánicas. Además, nos da una idea de que ensayos se debe realizar para determinar dichas propiedades.

“Resistencia a compresión axial del concreto $f'c=175$ kg/cm² incorporando diferentes porcentajes de viruta de acero ensayadas a diferentes edades, UPN – 2016”.

Pacheco (2016), esta investigación tiene como objetivo principal de esta investigación es determinar la resistencia a compresión axial del concreto $f'c=175$ kg/cm² con la incorporación de diferentes porcentajes de viruta de acero ensayada a diferentes edades. Teniendo como metodología de investigación, preparar

mezclas de concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, incorporando distintos porcentajes de viruta de acero (2%, 4% y 6%), para posteriormente ser ensayados a los 7, 14 y 28 días. Obteniéndose los siguientes resultados: Al incorporar el 2% de viruta de acero se obtuvo una resistencia $f'c = 190.79 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días, a este porcentaje de incorporación corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 9.02%; al incorporar el 4% de viruta de acero se obtuvo una resistencia $f'c = 196.82 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días, a este porcentaje de incorporación corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 12.47% y al incorporar del 6% de viruta metálica se obtiene una resistencia $f'c = 202.26 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 15.58%. Concluyendo que los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero presentan una resistencia mayor a las del concreto convencional ensayadas a los 7, 14 y 28 días. (Pág. 82).

Esta investigación nos permitirá tener una idea general para definir el posible porcentaje de la limadura de hierro que mejora la resistencia a la compresión de los bloques de concreto. Además, este estudio nos brinda una guía preliminar sobre el comportamiento mecánico del concreto, lo cual nos permite formular algunas posibles hipótesis.

“Resistencia a la compresión de un concreto con adición de limaduras de hierro fundido”.

Chávez (2014), esta investigación tiene como objetivo de la investigación es determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto al añadir tres porcentajes (4%, 6% y 8%) de limaduras de hierro fundido en peso del agregado fino. La investigación consistió en emplear limaduras de hierro fundido en tres dosificaciones: 4%, 6% y 8% en peso del agregado fino para incrementar la resistencia a la compresión del concreto. Se elaboraron 18 probetas por cada tratamiento y 18 probetas control (sin adición de limaduras) con una resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, las cuales se ensayaron a compresión en las edades de 7, 14 y 28 días, para determinar cuál es el incremento de la resistencia respecto a la resistencia de diseño, en función al porcentaje de adición de limaduras. Los resultados de los ensayos a compresión permitieron determinar que para el 4% de adición de limaduras, la resistencia a la compresión se incrementa en un 57%

(331.69 kg/cm²) respecto a la resistencia de diseño. La resistencia disminuyó para porcentajes mayores de adición de limaduras, siendo siempre superior a la resistencia de diseño; por lo tanto, la conclusión más importante es que el uso de limaduras de hierro fundido en pequeñas proporciones incrementa la resistencia a la compresión del concreto. (Pág. 107).

Esta investigación nos permite definir qué adicionando pequeñas proporciones de limadura de hierro se logra aumentar la resistencia a la compresión del concreto y si esta proporción es bastante grande, la resistencia disminuyes drásticamente.

“Evaluación de las variaciones de resistencia a flexión por adherencia, compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con ladrillo tipo bloque asentados con morteros normalizados tipo P2 y NP según la norma E.070”

Medina y Huarca (2017), esta investigación busca determinar las variaciones de las propiedades de resistencia a la flexión por adherencia, resistencia a la compresión axial en pilas y resistencia a compresión diagonal en muros; de los morteros normalizados P2 y NP, según la norma E.070, evaluados a través de especímenes prismáticos de albañilería.

Para ello, se utilizó 90 especímenes, los cuales se utilizaron 30 para flexión por adherencia, 30 para compresión axial y 30 en la compresión diagonal donde se realizó muretes de 60cmx60cm, además se realizaron morteros para posteriormente ser ensayados a 28 días a compresión. Concluyendo que los resultados obtenidos, nos indican que el tipo P2 es mucho mejor que el tipo NP. (Pág. 215).

Esta investigación nos permitirá tener una idea general de lo importante que es el mortero al momento de realizar los ensayos de compresión axial en pilas y la compresión diagonal. Así mismo este estudio nos brinda una guía preliminar del comportamiento mecánico, lo cual permite formular algunas hipótesis preliminares.

“Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de arcilla fabricada artesanalmente en la ciudad de Huánuco durante el año 2017”.

Ríos (2018), esta investigación tiene como objetivo describir las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería cumpliendo con los requisitos de la Norma E.070 de la RNE. La investigación consistió en determinar los ensayos de variación dimensional, absorción, alabeo y resistencia a la compresión. Se escogió 30 ladrillos por cada ladrillera, la cual se obtuvo un total de 30 ladrillos, para manejar los resultados se representó en función al porcentaje de los ensayos realizados. Los resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánica permitieron determinar si cumple de acuerdo con el RNE E.070 de albañilería respecto a sus valores mínimos específicos debido a que la resistencia a la compresión es el ensayo más importante ya que determinara el grado de resistencia y durabilidad de la edificación. (Pág. 72-74)

Esta investigación nos permite conocer que la calidad de los agregados puede intervenir en la fabricación de los ladrillos y los resultados podrían ser muy diferente de lo esperado.

“Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto”.

Núñez (2019), esta investigación tiene como objetivo de la investigación es determinar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto. La investigación consistió en determinar las propiedades físicas (alabeo, absorción, succión y variación dimensional) y mecánicas (resistencia a compresión) de los ladrillos artesanales de arcilla y concreto. Se utilizaron 40 ladrillos de arcilla y 40 ladrillos de concreto para cada ensayo realizado en la investigación según lo estipulado en la NTP. Para determinar cuál es el incremento de la resistencia respecto a la resistencia de diseño, en función al porcentaje obtenido entre los ladrillos de arcilla y concreto. Los resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas permitieron determinar que los ladrillos de concreto presentaron mejores resultados que los ladrillos de arcilla en lo que respecta los ensayos de variabilidad dimensional, succión, absorción y la

resistencia a la compresión tuvo una variación de 27.5% a favor del ladrillo de arcilla. (Pág. 67).

Esta investigación nos permite definir la diferencia entre los ladrillos artesanales de concreto y arcilla, donde es necesario tener en cuenta, un buen diseño, así como la realización adecuada de los ensayos.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

“Evaluación de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla recocida, elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México”

Gonzales y Mendiola (2015), la presente investigación analizó las propiedades físicas mecánicas de los ladrillos de cerámica roja fabricados con adiciones de residuos agrícolas en Chiapas, México. Las proporciones utilizadas en la mezcla con la arcilla fueron 0%, 4%, 8% y 12% en peso, a temperaturas de cocción de 800°C, 900°C, y 1,000°C, en un horno tipo industrial. Las características evaluadas fueron la resistencia a la compresión y absorción, lo cual fue comparado con los parámetros establecidos en la normatividad nacional para ladrillos estructurales y no estructurales de México. Obteniendo como resultados que todas las ladrilleras cumplen con lo especificado en la norma de albañilería simple y ladrillos no estructurales, pero no cumplen con la norma de albañilería estructural. Estos resultados permitieron concluir que es factible adicionar residuos agrícolas en la fabricación de ladrillos. Además, que para la resistencia a la compresión y de absorción de un ladrillo estructural, es necesario elevar la temperatura de cocción alrededor de 1,000°C. En cambio, para el ladrillo no estructural, es suficiente elevar la temperatura a 900°C; este último permite la adición de hasta 4% en peso de cascabillo de café, y olote de maíz, con excepción de la cascara de coco que no cumple con los requerimientos mínimos de absorción. (Pág. 100).

Esta investigación nos permite predecir que la mayoría de ladrillos artesanales cumplen con las normativas de albañilería simple, pero no con las de albañilería estructural. Además, nos permite estimar que la proporción adecuado para la mezcla está cerca del 4%.

“Validación de las propiedades físico-mecánicas de bloques h-10 fabricados en Ocaña Norte de Santander y la región”

García; Bolívar y Flórez (2016), esta investigación evaluó las propiedades físicas y mecánicas de los bloques H-10 fabricados en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander y la región. Se seleccionó una empresa dedicada a la producción de estos materiales, para recolectar información y proceder a la elaboración de los ensayos en el laboratorio de resistencia de materiales y sísmica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Colombia NTC 4017, con lo cual se realizó mediciones de absorción de agua, morfología, compresión y flexión. Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros establecidos por la norma NTC 4205 y analizados con el software Stargraphics Centurion, con lo cual se logró validar la calidad de los bloques para su uso como productos de mampostería no estructural para uso interior o exterior. Concluyendo, que los bloques H-10 no cumplen con los lineamientos de la Norma Técnica Colombia NTC 4017, por lo cual no deben ser empleados en la mampostería estructural. (Pág. 25).

Esta investigación nos brinda una guía preliminar de la metodología que se debe seguir para evaluar correctamente las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de mampostería, con lo cual se puede determinar si estos cumplen con lo especificado en las Normas Técnicas.

“Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionado con viruta de acero en porcentajes de 10 y 12 % respecto al agregado fino de la mezcla”

Angarita y Rincón (2017), esta investigación, pretende evaluar las propiedades mecánicas del concreto adicionado con viruta de acero en los porcentajes de 10 y 12% respecto al agregado fino de la mezcla mediante ensayos de laboratorio, para confirmar un aumento en su desempeño. Por ello, en el presente trabajo de investigación se realizaron pruebas de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad estático y relación de Poisson a cilindros, así mismo, de resistencia a la flexión de vigas con adiciones del 10% y 12% de viruta de acero, comparándolas con una muestra patrón ensayadas a los 7, 14 y 28 días para observar y analizar estadísticamente los valores obtenidos, resultando útil para nuevas investigaciones.

Teniéndose como resultados que adicionando el 10% de viruta, se logra un mejor comportamiento mecánico en comparación al 12% de adición y la muestra patrón. Se concluye entonces que, existe una mejora en la resistencia a la compresión de los cilindros con fibra de acero con respecto a los cilindros sin fibra, notándose que la mezcla con adición del 14 % fue la más alta, obteniendo una resistencia promedio 24500 kg-f o de 4324 psi, superando en un 13,65 % la capacidad de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto sin adición. (Pág. 146).

Esta investigación, nos permite estimar que adicionando un 14% de fibra de acero, se logra aumentar en un 14% la resistencia a la compresión del concreto, después de 28 días de curado.

“Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%”.

Sarta y Silva (2017), la presente investigación, pretende realizar para un concreto de resistencia a la compresión de 3000 Psi, un análisis comparativo de la resistencia a la compresión, tensión indirecta y flexión del concreto convencional y el concreto reforzado con la adición de fibras de acero del 4% y 6% en busca de una mejor resistencia a los esfuerzos. En este estudio se diseñarán mezclas de concreto simple y reforzado; el concreto reforzado se diseñará con diferentes porcentajes de fibra de acero respecto al agregado fino, con el fin de demostrar experimentalmente el comportamiento que tienen los cilindros y viguetas de concreto sometidos a compresión axial y a flexión, después de 7, 14 y 28 días de curado. Teniendo como resultados que después de 28 días de curado y con una adición de 6% de fibra de acero, la resistencia máxima que se obtiene es de 306.82 kg/cm², siendo esta la mayor resistencia obtenida a comparación de todos los ensayos realizados. Concluyendo, que la resistencia a la compresión de los cilindros de concreto fallados a las edades de 7,14 y 28 días para un concreto de 3000 PSI, presentaron una mejoría debido a la adición de fibras de acero, trayendo consigo beneficios mecánicos y un aumento de su resistencia en 17,54% a la edad de 28 días. (Pág. 57).

Esta investigación, nos permite estimar que adicionando un 6% de fibra de acero, se logra aumentar considerablemente la resistencia a la compresión del concreto y que a los 28 días de curado es cuando se obtiene dicho valor.

“Concreto con adición de fibras para confección de anillos prefijados segmentados para revestimiento de túnel de metro”.

Róseo y Bezerra (2018), el objetivo de esta investigación es producir un concreto con fibras de acero en un contenido apropiado para promover un aumento del refuerzo post-fisuración del concreto, y fibras de polipropileno en cantidad suficiente para minimizar el riesgo de fisuración plástica, además de proteger contra daños físicos en el caso ocurrencia de incendios. Se estudiaron concretos reforzados con tres diferentes niveles de fibras de acero (25 kg/m³, 35 kg/m³ y 40 kg/m³) para evaluar parámetros mecánicos de tenacidad, así como tres niveles de fibras de polipropileno (0,5 kg/m³, 1,0 kg/m³ y 1,5 kg/m³) para evaluar los parámetros mecánicos del hormigón sometido a altas temperaturas. Para el análisis de los resultados se utilizó una prueba estadística (ANOVA), donde se demostró una ganancia de hasta un 12,89% de resistencia a la compresión a medida que se añadieron la fibra de acero, mientras que, para la tenacidad, los resultados revelaron acrecimientos de hasta el 108,9% del factor de tenacidad. En cuanto al análisis del comportamiento del concreto frente a altas temperaturas se constató que la adopción de fibras de polipropileno actuó de forma eficiente en el combate al spalling, sin embargo, provocó una acentuada reducción de la resistencia residual. La incorporación de la fibra de acero provocó diferencias significativas en la resistencia a la compresión promoviendo la resistencia a la compresión en relación al concreto de referencia de hasta el 12,89% para el contenido de 40 kg/m³. Además, conforme a la ecuación de la correlación entre el factor de tenacidad y el consumo de fibra de acero, se puede estimar el contenido óptimo de fibra de acero en aproximadamente 23 kg/m³ para atender al requisito del factor de tenacidad propuesto al proyecto. (Pág. 10).

Mediante esta investigación se puede afirmar que la incorporación de la fibra de acero provoca diferencias significativas en la resistencia a la compresión, lo cual aumenta la resistencia del concreto hasta en 12,89% con una adición de 40 kg/m³.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Limadura de hierro

a) Definición

La limadura de hierro es un material formado por pequeñas partículas de hierro metálico. Estas partículas son pequeñas y tienden a parecer una arena negra, la cual exhibe propiedades muy interesantes como respuesta de su interacción a un campo magnético.

Según Reyes y Rodríguez (2010), la limadura es un residuo sólido proveniente de procesos industrializados elaborados con el hierro gris, por lo tanto, presenta su mismo color y textura. Su tamaño se encuentra distribuido, en gran porcentaje, entre el tamiz de 1.18 mm (No 16) y O. 075 mm (N°200). Es un material dúctil y maleable debido a que presentan características físicas muy similares a las del hierro gris.



Ilustración 1: Limadura de hierro

Fuente: Reyes y Rodríguez (2010)

b) Propiedades de la limadura de hierro

Las propiedades físicas y químicas de las limaduras de hierro son las siguientes:

- **Propiedades físicas**

El hierro puro es un metal blanco plateado, fácil de trabajar y dar forma, y suficientemente suave como para ser cortarlo con bastante dificultad. Puede martillar la plancha en láminas y estirla en alambres. Como la mayoría de los metales, el hierro conduce la electricidad y el calor muy bien, además de ser muy fácil de magnetizar.

• **Propiedades químicas**

La razón por la que raramente vemos el hierro puro, es debido a su mayor inconveniente como material de construcción, ya que reacciona con el aire húmedo (en un proceso llamado corrosión) para formar el óxido escamoso de color marrón rojizo. El hierro también reacciona de muchas otras maneras, con elementos como el carbono, el azufre y el silicio hasta halógenos como el cloro. En términos generales, los compuestos de hierro se pueden dividir en dos grupos conocidos como ferrosos y férricos (los nombres antiguos) o hierro (II) y hierro (III); siempre se puede sustituir "hierro (II)" por "ferroso" y "hierro (III)" por "férrico" en los nombres compuestos.

- En los compuestos de hierro (II), el hierro tiene una valencia (capacidad de combinación química) de +2. Algunos ejemplos son el óxido de hierro (FeO), un pigmento (colorante químico); el cloruro de hierro (FeCl₂), utilizado en medicina como "tintura de hierro"; y un importante colorante químico llamado sulfato de hierro (FeSO₄).
- En compuestos de hierro (III), la valencia del hierro es +3. Los ejemplos incluyen el óxido de hierro (III) (Fe₂O₃), utilizado como material magnético en cosas como cintas de cassette y discos duros de ordenador y también como pigmento de pintura; y el cloruro de hierro (III) (FeCl₃), utilizado para fabricar muchos productos químicos industriales.
- Algunas veces el hierro (II) y el hierro (III) están presentes en el mismo compuesto. Un pigmento de pintura llamado azul de Prusia es en realidad un compuesto complejo de hierro (II), hierro (III) y cianuro con la fórmula química Fe₄ [Fe (CN)₆]₃.

Tabla 1.

Componentes adicionales de la limadura de hierro

Elemento	Símbolo	Cantidad ASTM A247-10
Carbono	C	3.2% - 3.6%
Silicio	Si	1.8% - 2.4%
Azufre	S	0.12% - 0.15%

Nota: Símbolo químico y porcentaje de los componentes de la limadura de hierro.

c) Proceso de recolección de la limadura de hierro

En la ciudad de Trujillo el material es procedente como una fuente del trabajo con piezas metálicas de empresas que ofrecen servicio de torno y empresas rectificadoras.

Para la presente investigación se emplearon limadura de hierro recolectadas de las empresas ubicadas en el Mercado Mayorista de la ciudad de Trujillo, las cual produce en promedio entre 10 a 15 kg de limadura de hierro cada 15 días, en cada una de las empresas.

Ladrillos de concreto

a) Definición

Los ladrillos de concreto son unidades de albañilería elaborados con cemento portland Tipo I, agregados y agua. Estos pueden ser ladrillos o bloques, que pueden fabricarse en los tipos sólido y hueco que pueden ser manipuladas con una sola mano. El moldeo es asistido por presión o vibración, sino por ambas (Gallegos y Casabonne, 2005).

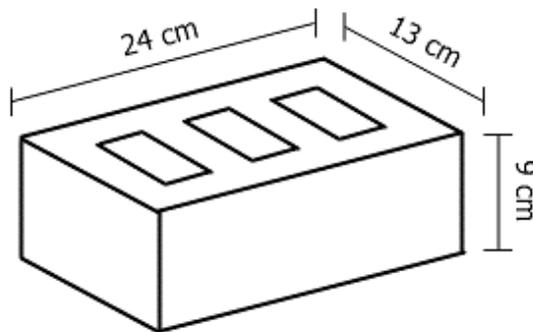


Ilustración 2: Dimensiones de los ladrillos de concreto

Fuente: Elaboración propia (2020)

b) Características de los ladrillos de concreto

Los ladrillos se usan mayormente en la construcción de muros, tabiques, suelos, por lo que debe ser altamente resistente a la intemperie y tener alta resistencia a la compresión (Barranzuela y Lescano, 2014).

La ventaja de estas unidades de concreto es que solo dependen de cemento, arena, confitillo y agua, las cuales pueden lograr una resistencia dependiendo del uso (San Bartolomé, 1994).

c) Proceso de fabricación de los ladrillos de concreto

Según Arrieta y Peñaherrera (2001), los bloques y ladrillos de concreto se fabrican vertiendo una mezcla de cemento, arena y agregados pétreos (normalmente calizos) en moldes metálicos, donde sufren un proceso de vibrado para compactar el material. Es habitual el uso de aditivos en la mezcla para modificar sus propiedades de resistencia, textura o color.

Para cualquier modalidad de fabricación de las unidades, las etapas son básicamente las siguientes:

- **Selección y almacenamiento de materiales:** debe buscarse fuentes o proveedores que aseguren un suministro constante en volumen y procedencia de los materiales para garantizar la uniformidad de la mezcla y como consecuencia la de las unidades.
- **Dosificación de la mezcla:** en el proceso debe contarse con una báscula para pesar adecuadamente los materiales. La medida debe hacerse correcta y uniformemente. La dosificación debe ser tal que pueda obtenerse una unidad con las características siguientes:
 - Cohesión en estado fresco para ser desmoldados y transportados sin que se deformen o dañen.
 - Máxima compactación para que su absorción sea mínima.
 - Resistencia esperada según uso y acabado superficial deseado.
 - Acabado superficial deseado.
- **Elaboración de la mezcla:** se utiliza una mezcladora especial para concreto con la siguiente secuencia: colocar el agregado grueso y las tres cuartas partes del agua a utilizar en la mezcladora y mezclarlo por treinta segundos, luego adicionar el cemento, para finalmente agregar el resto de agua y arena para completar la mezcla.
- **Elaboración de los ladrillos:** primero se revisa que el molde esté en buen estado y limpio. Luego se coloca la tolva alimentadora y se llena. Se aplica la vibración al molde por un promedio de tres segundos para acomodar la mezcla. Si se deja mucho tiempo puede producirse segregación de los agregados.

Se vuelve a llenar el molde hasta el ras y se quitan los excesos con la tabla o bandeja. Ésta se puede recubrir con aceite quemado o polvillo selecto para evitar que los bloques se peguen a ella. Se voltea el molde de modo que la tabla o bandeja quede debajo, y se bajan los martillos compactadores antes de aplicar la vibración para que la mezcla se compacte suficiente.

- **Fraguado de los ladrillos:** los ladrillos recién fabricados deben permanecer quietos en un lugar que les garantice protección del sol y del viento, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse.

Las tablas deben colocarse en el piso o estanterías y dejarse fraguar hasta que lleguen a una resistencia suficiente para ser manipulados (entre 12 y 24 horas).

- **Curado de los ladrillos:** el curado consiste en mantener las unidades, durante los primeros siete días por lo menos, en condiciones de humedad y temperatura de 17 °C; necesarios para que se desarrolle la resistencia y otras propiedades deseadas.

Una manera de curarlos es rociarlos con manguera (preferiblemente con atomizador) de manera que no se sequen en ningún momento. Otra forma de curarlos es recubrirlos con brines o mantas de algodón mojadas permanentemente, o con láminas de plástico que formen un ambiente hermético que evite la pérdida de humedad por evaporación. La cobertura con plásticos negros y exposición al sol acelera el desarrollo de resistencia siempre que las unidades se mantengan húmedos.

- **Manejo de los ladrillos:** Las unidades deben tratarse con cuidado, no deben tirarse, sino deben ser colocados de manera organizada sin afectar su forma final. El manejo debe realizarse de manera individual o agrupada. Es recomendable usar carretillas especiales para transportarlos por mayor número y más cómodamente.

- **Almacenaje de los ladrillos:** Se puede almacenar un máximo de siete filas de ladrillos y no es recomendable despachar los ladrillos antes de ocho días de edad.

d) Tipos de los ladrillos

Según la Norma E.070 (2006), se especifican 5 tipos de ladrillo:

- **Tipo I:** Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- **Tipo II:** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.
- **Tipo III:** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.
- **Tipo IV:** Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.
- **Tipo V:** Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente muy rigurosas.

Donde para el diseño estructural, las unidades de albañilería tienen las siguientes características indicadas en la siguiente Tabla.

Tabla 2.

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'b mínimo en (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	50
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	70
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	95
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	130
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	180
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	50
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	20

Nota: Tabla de caracterización del Norma E.070 (2006).

e) Limitaciones en su aplicación

Las aplicaciones de las unidades de albañilería están condicionadas según indica a continuación, a la vez indica al tipo de zona sísmica que se utilizara. En caso de ser exceptuadas las condiciones mínimas estas deben ser respaldadas por un informe y memoria de cálculo por un ingeniero civil.

Tabla 3.

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

TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si
Solido industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si	Si	Si
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Nota: Tabla de caracterización del Norma E.070 (2006).

f) Propiedades físicas de los ladrillos

Según la Norma E.070 (2006), los ladrillos deben ser sometidos a las siguientes pruebas:

- **Alabeo (NTP 399.613)**

En el ensayo de alabeo se realiza para determinar la concavidad y convexidad de la unidad de albañilería, las cuales se utiliza una regla y una cuña graduada (Gallegos y Cassabonne, 2005).

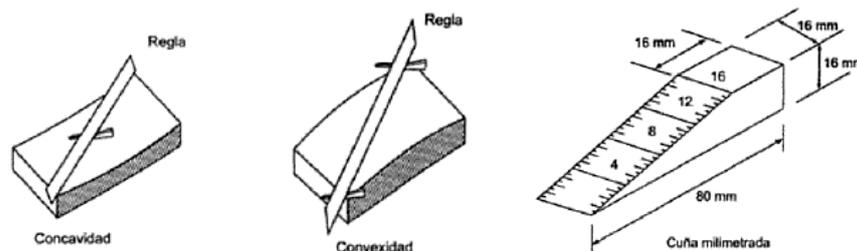


Ilustración 3: Ensayo de alabeo y dimensiones de Cuña

Fuente: Gallegos y Cassabonne (2005)

- **Variación dimensional (NTP 399.613)**

EL ensayo de variación dimensional se realiza para medir las alturas de las unidades de albañilería elaboradas, las cuales pueden presentar menor altura por consecuencia se llega a usar mayor junta de mortero, reduciendo su resistencia a la compresión (Gallegos y Cassabonne, 2005).

Ecuación 1: Variación dimensional

$$V \% = \frac{Me - Mp}{Me} \times 100$$

Donde:

V%: Variación dimensional (%).

Me: Medida especificada por el fabricante (mm).

Mp: Medida promedio (mm).

- **Absorción (NTP 399.604)**

El ensayo de absorción se realiza para conocer la capacidad de absorción de la unidad de albañilería cuando alcanza su estado de saturación (Gallegos y Cassabonne, 2005).

Ecuación 2: Absorción

$$Ab \% = \frac{Ws - Wd}{Wd} \times 100$$

Donde:

Ab%: Porcentaje de absorción (%).

Wd: Peso seco al horno del espécimen (gr).

Ws: Peso saturado del espécimen (gr).

- **Succión (NTP 399.613)**

El ensayo de succión se utiliza para determinar el tiempo de adherencia del agua en la unidad de albañilería en su plano referencial de asentamiento, lo cual es importante para el proceso constructivo (Gallegos y Cassabonne, 2005).

Ecuación 3: Succión

$$S = \frac{P2 - P1}{A} \times 200$$

Donde:

S: Succión (gr/200 cm² - min).

P2: Peso del espécimen luego de la inmersión en agua (gr).

P1: Peso del espécimen seco (gr).

A: Área de contacto del espécimen con el agua (cm²).

- **Densidad (NTP 399.604)**

El ensayo de densidad se determina para calcular el peso de la unidad de albañilería.

Ecuación 4: Densidad

$$D = \frac{Wd}{Ws - Wi} \times 1000$$

Donde:

D: Densidad (kg/m³).

Wd: Peso seco al horno del espécimen (gr).

Ws: Peso saturado del espécimen (gr).

Wi: Peso sumergido del espécimen (gr).

g) Propiedades mecánicas de los ladrillos

Según la Norma E.070 (2006), los ladrillos deben ser sometidos a las siguientes pruebas:

- **Resistencia a compresión axial (NTP 399.604)**

El ensayo de compresión axial se determina mediante una carga perpendicular a la superficie de asiento. Según la norma E.070, para determinar su resistencia, se divide la carga entre el área bruta y así poder evitar errores (Gallegos & Cassabonne, 2005).

Ecuación 5: Resistencia a compresión axial

$$f'b = \frac{P}{A}$$

Donde:

f'b: Resistencia a compresión (kg/cm²).

P: Carga de compresión máxima (kg).

A: Área bruta (cm²).

• **Compresión axial de pilas (NTP 399.605)**

La compresión axial de pilas consiste en unidades asentadas sobre otra, donde se establece que su esbeltez y altura mínima de los prismas dependen de si la albañilería es de ladrillos o bloques.

Cuando son de ladrillos su relación alto/ancho esta entre 2 y 5, y su altura no será menor de 30 cm. Los prismas no se curan, solo se humedecen las primeras 24 horas y luego se resguarda hasta que sean ensayados, lo cual es entre 7 y 28 días. Según la Norma E.070, se utiliza el área bruta en unidades huecas de albañilería para obtener la resistencia axial de la pila.

Tabla 4.

Factores de correlación de f'm por esbeltez

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: Norma E.070 (2006)

Una vez ensayada todas las pilas, se obtiene el valor promedio (fm) y la desviación estándar (σ) de la muestra ensayada, para después evaluar, de acuerdo a la Norma E070, la resistencia característica (f'm), restando al valor promedio la desviación estándar

Ecuación 6: Resistencia a compresión axial de pilas

$$fm = \frac{P}{A} \quad f'm = fm - \sigma$$

Donde:

fm: Resistencia a la compresión axial (kg/cm²).

P: Carga de compresión máxima (kg).

A: Área de contacto (cm²).

El restar una desviación estándar al valor promedio estadísticamente significa que el 84% de las pilas ensayadas tendrán una resistencia mayor que el valor característico. Paralelamente, puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como $100(\sigma/fm)$. Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

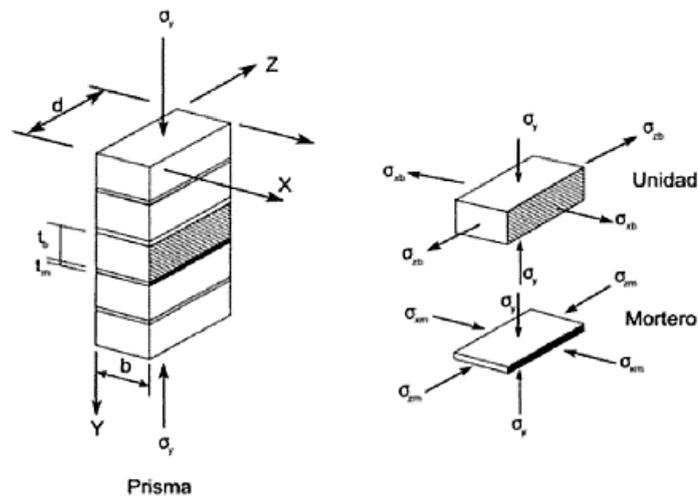


Ilustración 4: Esfuerzos en el ladrillo y en el mortero por efecto de la carga axial

Fuente: Gallegos y Casabonne (2005)

- **Formas de falla**

El comportamiento y el tipo de falla de las pilas ante cargas axiales están influenciados por la interacción que se desarrolla entre las caras de asiento de las unidades y el mortero. Las unidades y el mortero tienen diferente rigidez, entonces al ser sometidas al mismo esfuerzo normal, y al estar integrado los materiales, el material menos deformable (generalmente las unidades) restringen las deformaciones transversales del material más deformable (el mortero), introduciéndole esfuerzos de compresión en la dirección transversal, que se traducen en tracciones laterales sobre la unidad, que dan lugar a las grietas verticales. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

Según San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., (2011) existen tres tipos de fallas en pilas de albañilería:

- Falla por grieta vertical en la cara de menor dimensión, que corta unidad y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral (efecto de Poisson) causada por la compresión aplicada.
- Falla por trituración de las unidades son indeseables por ser frágiles y explosivas, esta falla se presenta por lo general cuando se utilizan unidades huecas.
- Falla por aplastamiento en una zona localizada de la pila, o aplastamiento por pandeo de la pila, también puede ocurrir cuando existen efectos distintos a los de compresión pura, particularmente cuando aparecen componentes de flexión (pandeo). Esta se da por: imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica del espécimen, por una falta de paralelismo entre las caras del asiento extremas, o por la falta de alineamiento ente el eje de carga y el je longitudinal de la pila.

- **Módulo de elasticidad de la albañilería (E_m)**

El módulo de elasticidad es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria, para su determinación es necesario la determinación de las deformaciones que se generan al incrementar la carga, para ello es necesario la instrumentación con equipos que nos permitan captar estas deformaciones. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

$$E_m = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Para calcular E_m se trabaja con la parte más lineal de la gráfica carga vs deformación, y se elimina la porción inicial que contempla el reacomodo de los instrumentos. Usualmente la porción de la gráfica en análisis está comprendida entre el 10% y 50% de la carga de rotura.

- **Compresión diagonal de muretes (NTP 399.621)**

La compresión diagonal de muretes consiste en unidades de albañilería apiladas en un área de 60 x 60 cm, estos especímenes no se mueven durante 7 días desde que se elaboran, se ensayaran entre 7 y 28 días (Gallegos & Cassabonne, 2005).

Fallas de corte diagonal: Las fallas pueden producirse por corte o tracción diagonal, puede ocurrir de manera frágil al producirse la primera grieta. Cuando las unidades son huecas o perforadas, el espécimen puede fallar por aplastamiento. La falla tiende a seguir las juntas horizontales y verticales a un ángulo de 45° (Gallegos y Casabonne, 2005).

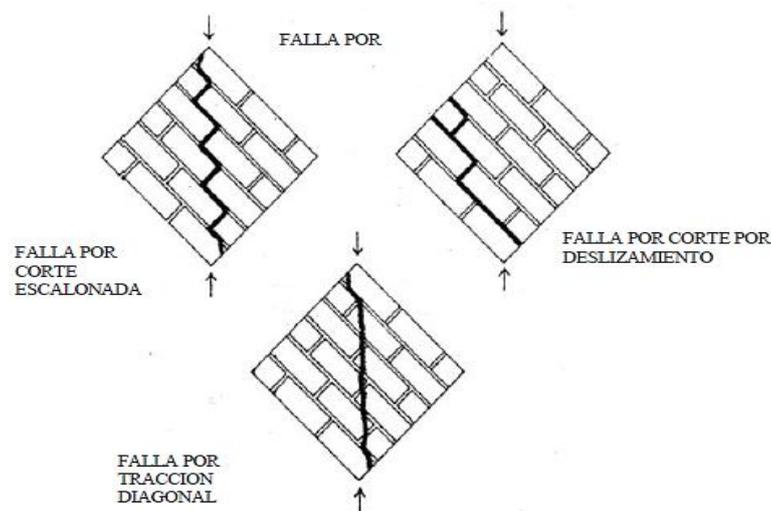


Ilustración 5: Tipos de fallas en muretes

Fuente: Gallegos y Casabonne (2005)

Según la Norma E.070 (2006), se debe seguir las siguientes especificaciones para una construcción:

- Cuando se construya edificios, la resistencia f'_m y V_m se deberá comprobar mediante ensayos en laboratorio previo o durante la obra. Los ensayos están compuestos por 5 especímenes, los cuales serán comprobadas por los siguientes criterios.

- Cuando se construya edificaciones de hasta dos pisos en zonas sísmicas de 3 y 2, el $f'm$ será verificado por tres especímenes de pilas por cada 500 m² de área techada y $V'm$ por tres muretes por cada 1000 m² de área techada.
- Cuando se construya edificaciones de tres o más pisos en zonas sísmicas de 3 y 2, el $f'm$ será verificado con ensayos de tres especímenes de pilas por cada 500m² de área techada y el $V'm$ por tres muretes por cada 500m² de área techada.
- Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, el mismo mortero, espesor de junta y calidad de mano de obra que se usara en la construcción.
- Cuando se trate de unidades de albañilería que serán rellenas de concreto líquido, los alveolos o vacíos de los prismas y muretes se llenaran con este concreto. Por otro lado, las unidades de albañilería que no son rellenas, los alveolos de los prismas y muretes quedaran vacíos.
- Los prismas tienen un refrentado de cemento – yeso con espesor que permita corregir la irregular de la unidad.
- Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días.
- Los prismas serán ensayados a una edad normal de 28 días, pero no menor 14 días, en caso de ensayarla en días 14 y 21, se seguirá lo indicado en la tabla.

Tabla 5.

Incremento de $V'm$ por edad de curado

Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05

Nota: Factores para la resistencia al corte según los días de curado. Norma E.070 (2006).

La resistencia característica ($V'm$) en muretes, se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar Norma E.070. El valor de $V'm$ para diseño no será mayor de $\sqrt{f_m}$ (kg/cm²). El resultado del ensayo es el valor nominal unitario de corte ($V'm$) obtenido a partir de las siguientes fórmulas:

Ecuación 7: Resistencia al corte de muretes

$$Vm = \frac{P/\sqrt{2}}{Ab}$$

$$Ab = \left(\frac{L1 + L2}{2} \right) \times t$$

Donde:

Vm: Resistencia unitaria al corte (kg/cm²).

P: Carga máxima (kg).

Ab: Área del espécimen (cm²).

L1: Largo del murete (cm).

L2: Altura del murete (cm).

t: Espesor del murete (cm).

Una vez ensayados todos los muretes, se obtiene el valor promedio (vm) y la desviación estándar (σ) de la muestra ensayada, para después evaluar, de acuerdo a la Norma E.070, la resistencia característica, restando al valor promedio la desviación estándar.

$$V'm = Vm - \sigma$$

El restar la desviación estándar al valor promedio, estadísticamente, significa que el 84% de los muretes ensayados tendrán una resistencia mayor que el valor característico. Paralelamente puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como: $100(\sigma/vm)$. Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

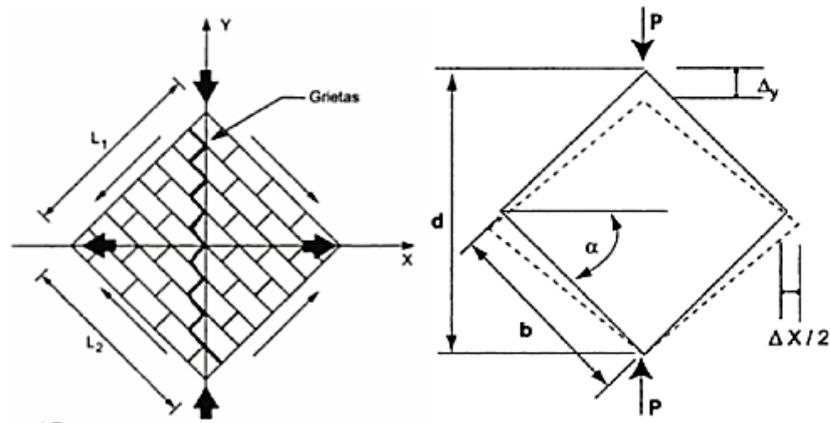


Ilustración 6: Ensayo de corte y esquema de deformación

Fuente: Gallegos y Casabonne (2005)

Módulo de elasticidad (E_m) y módulo de corte (G_m)

Los módulos de elasticidad y de corte, influyen directamente en la rigidez de la estructura, y por lo tanto en la distribución de esfuerzos y sus propiedades dinámicas. A su vez tiene influencia en la demanda sísmica, por tal motivo es de gran importancia la correcta estimación de estos parámetros de deformabilidad. (Aguilar, 2013).

h) Aceptación de la unidad

Según la Norma E.070 (2006), las unidades de albañilerías serán aceptadas por tener las siguientes características.

- La muestra presenta más del 20% de dispersión en unidades industriales o 40% en unidades artesanales en los resultados, se ensayará otra muestra.
- Para el ensayo de absorción de las unidades de albañilería fabricadas de arcilla y silico calcáreas no será mayor a 22%. En lo que respecta el bloque de concreto clase P, no será mayor a 12% y el bloque de concreto NP, no será mayor al 15%.
- El espesor mínimo de las caras laterales correspondiente a la superficie de asentado será 25mm para el bloque clase P y 12mm para el bloque clase NP.
- Las unidades de albañilería no tendrán materias extrañas en su superficie o interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá color uniforme y no presentará vitrificaciones.
- Las unidades de albañilería no tendrán resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas que degraden su durabilidad o resistencia.
- La unidad de albañilería no tendrá machas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

i) Formas de los ladrillos de concreto

La forma de los ladrillos varía según su diseño y utilidad, pero la forma del ladrillo más usado es 9x13x24cm. Según la Norma E.070 (2006), las unidades de albañilería solida o maciza son aquellas unidades cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

j) Usos de los ladrillos de concreto en la albañilería

• **Por su función estructural**

Muros portantes: Es el armazón que funciona como un elemento estructural de una edificación, es decir, soporta los elementos que conforma la estructura, tales como: vigas, viguetas. Este tipo de estructura es construido de tal manera que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de niveles superiores a niveles inferiores o la misma base la cual es la cimentación.

Se debe tener en cuenta que la estructura del muro debe tener una continuidad vertical. (Norma E.070, 2006).

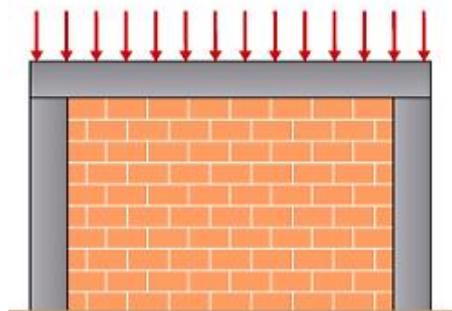


Ilustración 7: Muro portante

Fuente: Acero Arequipa (s.f.)

- **Por su distribución de refuerzo**

Muros confinados: Sistema estructural tradicional empleado en casi toda Latinoamérica para la construcción de edificaciones de hasta 5 pisos. Esta se define por un muro de albañilería simple enmarcado por una serie de concreto armado. Mayormente se emplea conexiones dentadas entre el muro y la columna. El pórtico que rodea el muro sirve para ductilizar el sistema, así mismo funciona como un sistema de arriostre cuando se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano (San Bartolomé, 1994).

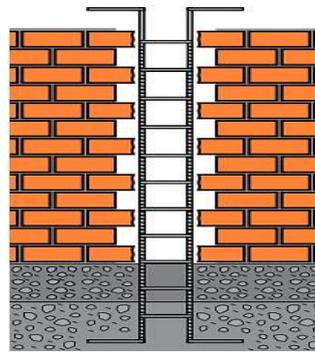


Ilustración 8: Muro confinado

Fuente: Acero Arequipa (s.f.)

2.2.2 Mortero

a) Definición

El mortero está formado por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá una máxima cantidad de agua para proporcionar una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero se guiará de las siguientes Normas NTP 399.607 y 399.610.

b) Componentes del mortero

- **Cemento:** Se usa básicamente el cemento portland tipo I y tipo II (resistente a los sulfatos).
- **Agregado fino:** Según la NTP 399.610, está formado por arena gruesa natural, sin materia orgánica y sales, con las características indicadas en la tabla 6.

Tabla 6.
Granulometría de la arena gruesa para mortero

Malla ASTM	% Que pasa
N° 4	100
N° 8	95 a 100
N° 16	70 a 100
N° 30	40 a 75
N° 50	10 a 35
N° 100	2 a 15
N° 200	Menos de 2

Nota: Tabla granulométrica del agregado fino de la Norma E.070 (2006).

No deberá quedar retenido más de 50% de arena entre dos mallas consecutivas.

El módulo de finura estará comprendido entre 1.6 y 2.5.

El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% de peso.

No deberá emplearse arena de mar.

- **Agua:** El agua será potable y libre de sustancia deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica (NTP 399.610, 2003).

c) Tipos de morteros

Los morteros se clasifican como: Tipo P, se emplea para muros portantes y NP, que se emplea en muros no portantes. Así mismo las proporciones del mortero son indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 7.
Tipos de mortero

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a ¼	3 a 3 ½	Muro Portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muro Portante
NP	1	-	Hasta 6	Muro No Portante

Nota: Tabla de clasificación de los morteros de la Norma E.070 (2006).

Según la Norma E.070 (2006):

- Se podrá emplear otras composiciones de morteros, las cuales son embolsados o pre-mezclados, siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcione resistencia igual o mayor a las específicas en los planos.
- De no contar con cal hidratada normalizada, se usa la proporción cemento-arena indicadas en la tabla.

d) Resistencia a la compresión de los morteros

Se llena el mortero realizado en el molde de dimensiones de 5 cm x 5 cm x 5 cm, luego se pondrá a curar en un recipiente con agua hasta llegar a la edad establecida, la cual tiene un tiempo establecido para ensayarlo (NTP 399.607 y 399.610).

Tabla 8.

Ensayo de la resistencia de mortero

Edad del cubo	Tolerancia permisible
24 horas	± 1/2 hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Nota: Tabla de tolerancia de ensayos de morteros de la NTP 334.051.

e) Esfuerzo a compresión del mortero

La resistencia a la compresión del mortero se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 8: Resistencia a compresión del mortero

$$f_{mo} = \frac{P}{A}$$

Donde:

f_m: Resistencia a compresión (kg/cm²).

P: Carga máxima (kg).

A: Área de superficie de carga (cm²).

2.2.3 Concreto vibrado

a) Definición

El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua, agregados y eventualmente se incorpora un cuarto componente designado como aditivo. Después esta mezcla se endurece en forma lenta con la forma y dimensiones deseadas. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso. El cemento y agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida (Nilson, 2000).

b) Estados del concreto

Pasquel (1998) define los estados del concreto como:

- **Estado fresco:** En este estado el concreto parece una masa blanda que puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas, permaneciendo así durante la colocación y la compactación. Teniendo como propiedades más importantes la trabajabilidad y la cohesividad.
- **Estado fraguado:** En este estado el concreto empieza a ponerse rígido, ya no está blando, también conocido como fraguado del concreto. Este estado ocurre después de la compactación y durante el acabado.
- **Estado endurecido:** Después del estado de fraguado empieza el estado de endurecido, donde el concreto empieza a ganar resistencia y se endurece. Teniendo como propiedades más importantes la resistencia y durabilidad.

c) Propiedades del concreto vibrado

Según Arrieta y Peñaherrera (2001), las propiedades del concreto vibrado son:

- **Compacidad:** Al amasar un concreto se emplea una cantidad de agua superior a la que el cemento necesita para su perfecta hidratación y que es muy inferior al volumen de agua empleado normalmente en el amasado. Absorbida el agua de combinación por el cemento, la cantidad restante, y que se añade exclusivamente para dar trabajabilidad al concreto, tiende a evaporarse, dejando de ese modo una gran cantidad de poros, resultando un concreto con una compacidad más o menos acusada, según sea la cantidad de agua evaporada. Esta situación trae como exigencia la necesidad de reducir

en lo posible la cantidad de agua de amasado con el fin de conseguir un concreto de gran compacidad.

- **Impermeabilidad:** Ésta propiedad está en función de su compacidad. La granulometría juega un papel muy importante en la impermeabilidad. Con una granulometría continua y un elevado dosaje de cemento, completados por una enérgica vibración, se obtiene un concreto altamente impermeable. La absorción de humedad del concreto vibrado es aproximadamente la mitad de la correspondiente al concreto ordinario.
- **Resistencia mecánica:** Es el factor más importante dentro de las propiedades del concreto. La resistencia del concreto aumenta considerablemente si se aplica una vibración intensa.
- **Resistencia a la abrasión y congelamiento:** La resistencia del concreto vibrado a las acciones extremas se deriva de su propia compacidad; la resistencia al desgaste es mayor. Otra ventaja es su resistencia a las heladas por tener menos agua de amasado y ser más compacto.
- **Desmolde rápido.** En la fabricación de elementos prefabricados de concreto vibrado puede conseguir un desmolde inmediato si el concreto es de granulometría adecuada y se ha amasado con poca agua. Si al efectuar esta operación la pieza se rompe, se puede afirmar que la causa se encuentra en un exceso de agua o de material fino. La rotura puede sobrevenir también al no estar suficientemente consolidado el concreto, es decir, la vibración ha sido de poca duración.

d) Tipos de concreto reforzados

Según la empresa colombiana Grupo Argos (s.f.) menciona que en la actualidad encontramos diferentes tipos de concretos reforzados, estando entre los principales los siguientes:

- **Concreto reforzado con fibras de acero**

Las fibras de acero son pequeños pedazos discontinuos de acero con un aspecto o esbeltez (relación entre longitud y diámetro) que varía entre 20 y 100 y con muchas secciones transversales. Algunas fibras de acero tienen extremos conformados para mejorar la resistencia al arrancamiento de la

matriz a base de cemento. Presentan módulo de elasticidad relativamente alto y se puede aumentar su adherencia unión con la matriz de cemento a través del anclaje mecánico o de la rugosidad superficial. Las fibras de acero se usan comúnmente en pavimentos de aeropuertos y en las capas de revestimiento de las pistas. También se usan en los tableros de puentes, pisos industriales y pavimentos de autopistas.

El concreto con fibras de acero en estructuras sometidas al agua en alta velocidad han mostrado que pueden durar hasta tres veces más que las alternativas en concreto convencionales. El concreto reforzado con fibras de acero se emplea además en prefabricados de concreto donde sea necesario el aumento de la resistencia al impacto o a la tenacidad. Las fibras de acero también se usan ampliamente en el concreto lanzado en aplicaciones de capas delgadas, especialmente en la estabilización de la inclinación de taludes y revestimiento de túneles.



Ilustración 9: Concreto reforzado con fibra de acero

Fuente: Grupo Argos (s.f.)

- **Concreto reforzado con fibras de vidrio**

Los materiales compuestos generados por las fibras de vidrio, son conocidos con el nombre de GRC (Glass Fiber Reinforced Cement), su matriz resistente es un mortero de cemento hidráulico armado con fibras de vidrio. Están especialmente diseñadas para ser compatibles con el ambiente alcalino de la matriz del concreto.

Este tipo de fibras aumenta la durabilidad abarcando a su vez revestimientos químicos, formulados para ayudar en el combate de la rigidización inducida por la hidratación y en el uso de una lechada con humo de sílice para rellenar los vacíos entre las fibras, reduciendo la capacidad de infiltración del hidróxido de calcio. La mayor aplicación del concreto reforzado con fibras de vidrio es la producción de paneles de fachada.



Ilustración 10: Concreto reforzado con fibra de vidrio

Fuente: Grupo Argos (s.f.)

- **Concreto reforzado con fibras sintéticas**

Las fibras sintéticas son las que se fabrican por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Los tipos de fibras usadas en concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno.

Las fibras sintéticas pueden reducir la contracción plástica y, consecuentemente, la fisuración; además pueden ayudar al concreto después que se fisura. Se producen como monofilamentos cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas o como filmes y cintas. Estas fibras se componen de finas fibrillas de sección transversal rectangular.

Las fibras sintéticas son generalmente utilizadas en: tabloncillos de cemento, la producción de tejas, mortero, concreto pretensado, entre otros. Una aplicación importante de las fibras sintéticas es, además, el Whitetopping ultra delgado, para retardar el desarrollo de baches en esta estructura de pavimento.



Ilustración 11: Concreto reforzado con fibra sintética

Fuente: Grupo TOXEMENT (2018)

- **Concreto reforzado sistema múltiple de fibras**

En un sistema múltiple (mixto) de fibras, se mezclan dos o más tipos de fibras. El concreto con fibras híbridas combina macro y micro fibras de acero. El uso de una mezcla de macro fibras y el recientemente desarrollado micro fibras de acero, las cuales tienen menos de 10 mm de longitud y menos de 100 micrómetros de diámetro, conduce a un menor espaciamiento entre las fibras, lo que puede reducir la microfisuración y aumentar la resistencia a tensión del concreto.

La combinación permite mejorar la tenacidad y la resistencia al impacto del concreto reforzado con fibras de acero, con la reducción de la fisuración por contracción plástica de los concretos con fibras de polipropileno.



Ilustración 12: Concreto reforzado con sistema múltiple de fibras

Fuente: Grupo Argos (s.f.)

- **Concreto reforzado con viruta de acero**

Trabajos de tesis elaboradas en Perú incluyeron el uso de viruta de acero en la mezcla de concreto para mejorar su resistencia a la compresión. Se probaron distintos porcentajes de dosificación de viruta de acero con respecto al peso del agregado fino, con porcentaje que van desde el 2% al 14%. Teniendo como resultados que al adicionar entre 2% y 6% de viruta de acero se logra mejorar entre 10% a 20% la resistencia a la compresión con respecto a la muestra patrón después de 28 días de curado. Evidenciando que con porcentajes mayores al 10% de adición de viruta de acero, la resistencia a la compresión tiende a disminuir (Pacheco, 2016; Angarita y Rincón, 2017).



Ilustración 13: Concreto reforzado con viruta de acero

Fuente: Carlos y Cando (2018)

- **Concreto reforzado de limadura de hierro**

En Perú, Chávez (2014) afirma que al añadir 4%, 6% y 8% de limadura de hierro fundido en remplazo del peso del agregado fino, a la mezcla de concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y comprimirlo después de 7, 14 y 28 días de curado, se logra incrementar la resistencia a la compresión del concreto. Teniendo como resultados que para el 4% de adición de limaduras, la resistencia a la compresión se incrementa en un 57% (331.69 kg/cm^2) respecto a la resistencia de diseño y que la resistencia disminuye para porcentajes mayores de adición de limaduras, pero siendo siempre este superior a la resistencia de diseño; por lo tanto se logra evidenciar que incluso el uso de limaduras de hierro fundido en pequeñas proporciones incrementan la resistencia a la compresión del concreto.



Ilustración 14: Limadura de hierro

Fuente: Chávez (2014)

2.2.4 Cemento

a) Definición

Material pulverizado que por incorporación de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo del agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos (RNE, 2006).



Ilustración 15: Tipos de marcas de cemento

Fuente: UNACEM (2017)

b) Proceso de fabricación del cemento

Los ingredientes básicos para elaborar el cemento portland son la cal, sílice y alúmina, las cuales se pueden encontrar en la naturaleza en distintas formas. Existen dos métodos de fabricaciones que son: la vía húmeda y la vía seca. La vía húmeda es transportada por medio de tuberías y la seca se transporta por corrientes de aire.

c) Tipos y usos del cemento

En la actualidad existen diferentes tipos de cementos, UMACON (2017) define los siguientes tipos de cemento:

- **Tipo I:** Se trata de un cemento normal y se obtiene tras mezclar el clinker con el yeso. Se usa generalmente en las obras de ingeniería.
- **Tipo II:** Nos encontramos ante un cemento modificado. Su acción es moderada a la resistencia de los sulfatos y es conveniente emplearlo cuando demandamos calor un tanto moderado de hidratación. Dicho cemento va adquiriendo resistencia con más lentitud que el nombrado anteriormente, finalmente lo iguala y, por lo tanto, obtiene la misma resistencia. Es empleado frecuentemente en alcantarillados, tubos y zonas industriales.
- **Tipo III:** Tal cemento consta de una elevada resistencia inicial y es tremendamente recomendable cuando necesitamos una resistencia acelerada. En un caso en concreto y en lo que a la construcción se refiere. El hormigón Portland realizado con el cemento tipo III aumentará increíblemente la resistencia al compararlo con el tipo I y el II. Hay que tener presente que el cemento tipo III incrementa la resistencia inicial a niveles muy altos.
- **Tipo IV:** Tiene un bajo calor de hidratación y tal suceso se consigue si limitamos los compuestos que más pueden influir, es decir, C3A y C3S. Dicho cemento gana resistencia lentamente. Se utiliza habitualmente en grandes obras, presas y túneles.
- **Tipo V:** Una de las características del cemento Portland tipo V es su resistencia a la acción de los sulfatos, por tanto, lo emplearemos en estructuras hidráulicas y plataformas marinas. ¿Cómo lograremos la resistencia al sulfato? Lógicamente al minimizar el contenido C3A, ya que dicho compuesto es muy susceptible a lo que se refiere al sulfato.



Ilustración 16: Tipos de Cemento

Fuente: Cementos Pacasmayo (s.f.)

2.2.5 Agregados

a) Definición

Son partículas de diferentes tamaños que se encuentran en la naturaleza, ya sea en finos, arenas y gravas o triturando rocas. Siendo las más utilizadas en la construcción son las que derivan de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

b) Tipos

- **Agregado fino**

La Norma NTP 400.037, define al agregado fino como el proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8”) y que queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200).

Rivva (2013) señala que el agregado fino debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.
- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente
- continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, y N°1 00 de la serie Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10.



Ilustración 17: Recolección de agregado fino con maquinaria

Fuente: Grupo Argos (s.f.)

Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

Tabla 9.

Granulometría del agregado fino

Tamiz	% Que pasa
9.50 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 – 100
2.36 mm (N° 8)	80 – 100
1.18 mm (N° 16)	50 – 85
0.60 mm (N° 30)	25 – 60
0.30 mm (N° 50)	05 – 30
0.15 mm (N° 100)	0 – 10

Nota. Porcentaje de peso limite que pasa, según el número de tamices usados.

- **Agregado grueso (confitillo)**

La Norma NTP 400.011, define al agregado grueso como el material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y que además cumple los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

En cuanto al agregado grueso, Rivva (2013) señala que éste deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

Además, indica que es recomendable tener en consideración lo siguiente:

- La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1" y no más del 60% del agregado que pasa la malla de 1/4".



Ilustración 18: Agregado grueso (confitillo)

Fuente: Google (s.f.)

Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

Tabla 10.

Granulometría del confitillo

Tamiz	% Que pasa
1/2"	100
3/8"	85 a 100
Nº 4	10 a 30
Nº 8	0 a 10
Nº 16	0 a 5

Fuente: Norma E.070 (2006).

Propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas de los agregados fino y grueso son las siguientes:

- **Granulometría (NTP 400.012)**

Según la NTP 339.047, representa la distribución de los tamaños que posee el agregado, donde se obtiene la masa en cada tamiz y se calcula la masa retenida y lo que pasa, así como los porcentajes.

- **Tamaño máximo nominal**

Según la NTP 339.047, es el menor tamiz de la serie utilizada que produce la primera muestra retenida.

- **Tamaño máximo**

Según la NTP 339.047, es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

- **Módulo de finura**

Según la NTP 399.047, es el factor obtenido por la suma de porcentajes acumulados de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100.

Ecuación 9: Módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Peso ret. acumulado (N}^\circ 3", 1\ 1/2", 3/4", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

- **Material más fino que pasa por el tamiz N°200 (NTP 400.018)**

Son las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por agua mediante el lavado, lo cual nos ayuda a determinar el material que pasa por el tamiz normalizado N°200, teniendo como principio evaluar el recubrimiento superficial que puede tener un agregado como consecuencia del material fino es decir su aceptabilidad (NTP 400.037, pág. 10 y 14), y su potencial de perjudicar el comportamiento del concreto, mortero o lo que pueda emplearse (NTP 400.018, pág. 2)

Ecuación 10: Material más fino que pasa por el tamiz N°200

$$A \% = \frac{P_s - P_v}{P_s} \times 100$$

Donde:

A%: Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz N° 200 (%).

Ps: Peso de la muestra seca (gr).

Pv: Peso de la muestra luego del lavado (gr).

- **Peso específico (NTP 400.021 y 400.022)**

El ensayo de peso específico es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto del agua. La mayoría de agregados tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9.

Ecuación 11: Peso específico de masa

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación 12: Peso específico saturado con superficie seca

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C}$$

Ecuación 13: Peso específico aparente

$$P_{ea} = \frac{W_o}{A - C}$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca al aire (gr).

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca al aire (gr).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

- **Peso unitario suelto y compactado (NPT 400.017)**

El ensayo de peso unitario se realiza para calcular el porcentaje de vacíos, la cual afecta a la cantidad de mortero en el diseño de mezcla.

Ecuación 14: Volumen del recipiente

$$V = \frac{W - M}{D}$$

Dónde:

V: Volumen del recipiente (m³).

W: Masa del agua y recipiente (Kg).

M: Masa del recipiente (Kg).

D: Densidad del agua para la temperatura medida (Kg/m³).

Ecuación 15: Peso unitario

$$PUS = \frac{Gs - T}{V}$$

Dónde:

PUS: Peso unitario (Kg/m³).

Gs: Peso del recipiente más el agregado (Kg).

T: Peso del recipiente (Kg).

V: Volumen del recipiente (m³).

- **Porcentaje de absorción (NTP 400.021)**

El agua absorbida en el agregado es de suma importancia, esto influye al comportamiento del concreto en los diversos sistemas climáticos, por ejemplo, para temperaturas heladas, nos especifica agregado con baja absorción menor al 5%.

Ecuación 16: Porcentaje de absorción

$$Ab \% = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca al aire (gr).

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca al aire (gr).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

- **Contenido de humedad (NTP 339.185)**

Este ensayo se realiza con el fin de hacer los ajustes en la cantidad de agua de mezclado.

Ecuación 17: Porcentaje de humedad.

$$W \% = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Dónde:

W%: Porcentaje de humedad (%).

Ph: Peso natural del material (kg).

Ps: Peso seco del material (kg).

2.2.6 Agua

a) Definición

El agua que se emplea en la mezcla debe estar limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas, por lo que se recomienda usar agua potable; donde su papel principal es la de hidratar el cemento, pero a su vez para facilitar el trabajo de la mezcla.

La Norma NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla 11.

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Descripción		Limite Permisible	
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000	Ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	Ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	Ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	Ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1000	Ppm	Máximo
pH	5 a 8	Ppm	Máximo

Fuente: Norma NTP 339.088.

Recomendaciones Adicionales:

- Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ión férrico, será de 1 ppm.
- El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.
- Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados.

2.2.7 Aditivos para el concreto

a) Definición

Los aditivos son sustancias que se agregan al concreto para modificar algunas propiedades, tanto en estado fresco como endurecido. Este material se clasifica en aditivos químicos y aditivos minerales. Entre los primeros se tiene los plastificantes y súper-plastificantes, los incorporados de aire y los controladores de fragua. Entre los aditivos minerales se tiene los aditivos naturales, cenizas volantes, micro sílice y escoria de la producción del acero (Harmsen, 2002).



Ilustración 19: Tipo de aditivos para el concreto

Fuente: Sika (s.f.)

b) Tipos de los aditivos de concreto

No es fácil clasificar los aditivos, debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su empleo; pueden modificar más de una propiedad del concreto; así como a que los diversos productos existentes en el mercado no cumplen las mismas especificaciones.

Adicionalmente debe indicarse que los aditivos comerciales pueden contener en su composición materiales los cuales, separadamente podrían ser incluidos en dos o más grupos, o podrían ser cubiertos por dos o más Normas ASTM o recomendaciones ACI.

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

- **Tipo A:** Reductores de agua.
- **Tipo B:** Retardadores de fragua.
- **Tipo C:** Acelerantes.
- **Tipo D:** Reductores de agua-retardadores de fragua.
- **Tipo E:** Reductores de agua - acelerantes.
- **Tipo F:** Súper Reductores de agua.
- **Tipo G:** Súper Reductores de agua - acelerantes.

c) Usos de los aditivos de concreto

Según (Harmsen, 2002), los aditivos son usados para:

- Mejorar la trabajabilidad del concreto.
- Reducir el agrietamiento por el calor de hidratación.
- Mejorar la durabilidad del concreto a los ataques químicos.
- Reducir su potencial de corrosión.
- Producir concretos de alta resistencia.

2.2.8 Diseño de mezcla – Módulo de fineza de la combinación de agregados

En la actualidad existen distintos Métodos de Diseño de Mezcla Normalizados, los cuales consisten en aplicar técnicamente los conocimientos sobre los componentes para obtener requerimientos particulares del concreto requerido para un determinado proyecto u obra.

Según Gonzales (2003), el método de Modulo de fineza de la combinación de agregados, toma al agregado como variable principal, evaluando íntegramente su granulometría a efectos de poder optimizar sus propiedades. Este método es un complemento de los métodos de diseño utilizados, puesto que la mayoría utiliza también algunas tablas dadas por el ACI, sin embargo, evalúa la calidad granulométrica del agregado mediante su curva granulométrica, y lo controla con el módulo de finura que es un parámetro de mucha ayuda, de manera tal que permita a

la mezcla dar una trabajabilidad adecuada, y en estado endurecido obtener un concreto compacto, con la menor cantidad de cemento posible.

a) Secuencia de diseño – Módulo de fineza de la combinación de agregados

1. Resistencia requerida

Según la Norma E.060 (2009) el concreto debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión f'_{cr} y que ningún concreto estructural debe tener una resistencia menor a $f'_c=170 \text{ kg/cm}^2$.

Además, los registros de ensayos a partir de los cuales se calcula S_s , deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deben representar los materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a las esperadas. Las variaciones en los materiales y en las proporciones dentro de la muestra no deben haber sido más restrictivas que las de la obra propuesta.
- Deben representar a concretos producidos para lograr una resistencia o resistencias especificadas, dentro del rango de $\pm 70 \text{ kg/cm}^2$ de f'_c .
- Deben consistir en al menos 30 ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos totalizando al menos 30 ensayos.

Cuando se tenga registros de ensayos de resistencia en obra para el cálculo de S_s y f'_{cr} debe determinarse de la tabla siguiente:

Tabla 12.

Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, (kg/cm ²)	Resistencia promedio requerida a la compresión, (kg/cm ²)
Si: $f'_c < 350$	Usar el mayor valor: $f'_{cr} = f'_c + 1.34*S_s$ $f'_{cr} = f'_c + 2.33*S_s - 35$
Si: $f'_c > 350$	Usar el mayor valor: $f'_{cr} = f'_c + 1.34*S_s$ $f'_{cr} = 0.9*f'_c + 2.33*S_s$

Nota. Cuando se cuente con datos disponibles entre 15 y 29, el valor de la desviación estándar se debe multiplicar por un factor de amplificación (Norma E.060, 2009).

Cuando no se dispongan de un registro basado entre 15 y 29 ensayos consecutivos, se debe establecer la desviación estándar de la muestra, S_s , como el producto de la desviación estándar calculada de la muestra por el factor de modificación de la siguiente tabla:

Tabla 13.

Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos

Número de ensayos (*)	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra (+)
Menos de 15	(emplear Tabla 16)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Nota. (*) Se permite interpolar para un número de ensayos intermedios. (+) Desviación estándar de la muestra modificada, S_s , para usar en la determinación de la resistencia promedio requerida, f'_{cr} (Norma E.060, 2009).

Cuando no se disponga de registros de ensayos de resistencia a la compresión en obra para el cálculo de S_s , el valor de f'_{cr} debe determinarse de la Tabla siguiente.

Tabla 14.

Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, (kg/cm ²)	Resistencia promedio requerida a la compresión, (kg/cm ²)
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 84$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1.1 * f'_c + 50$

Nota. Cuando se disponga de menos de 15 datos, la resistencia promedio de compresión requerida debe calcularse de acuerdo a las ecuaciones indicadas en la tabla (Norma E.060, 2009).

2. Elección del asentamiento

Según Laura (2006) si en las especificaciones técnicas de obra el concreto debe tener una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido la Tabla siguiente:

Tabla 15.

Consistencia, asentamiento y trabajabilidad del concreto

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" - 2"	Poco trabajable
Plástica	3" - 4"	Trabajable
Húmeda	≥ 5"	Muy trabajable

Nota. Tipo de consistencia y trabajabilidad del concreto según su asentamiento, Laura (2006).

3. Selección del tamaño máximo del agregado

Según la Norma E.060 (2006) del Reglamento Nacional de Edificaciones menciona que el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos

Nota: Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cangrejeras.

4. Estimación del agua de mezclado

Según Torres (2004) docente de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, menciona que la cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se requiere para producir un asentamiento dado, depende del tamaño máximo de agregado, de la forma de las partículas y gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido.

Según la textura y forma del agregado, los requisitos de agua en la mezcla pueden ser mayores o menores que los valores tabulados, pero estos ofrecen suficiente aproximación para una primera mezcla de prueba. Estas diferencias de demanda de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia, puesto que pueden estar involucrados otros factores compensatorios.

La tabla siguiente nos proporciona estimaciones de la cantidad de agua requerida en la mezcla de concreto en función del tamaño máximo de agregado y del asentamiento con aire incluido y sin él:

Tabla 16.
Volumen unitario de agua

Agua en Lt/m³, para TMN de agregado grueso y consistencia indicada								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Nota: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Obtenidos los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procedemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:

Ecuación 18: Volumen de agua

$$Vol. agua (m^3) = \frac{Cont. agua de mezclado (Lts/m^3)}{Peso específico de agua (1000 kg/m^3)}$$

5. Selección del contenido de aire

Según Torres (2004) docente de la Universidad Nacional de Ingeniería, menciona que el aire atrapado varía entre 1% y 3% del volumen de la mezcla y está en función de las características de los materiales que intervienen en la mezcla, especialmente de los agregados en donde el tamaño máximo y la granulometría son fuentes de su variabilidad. También puede contener intencionalmente aire incluido entre 3% a 7% del volumen de la mezcla, haciendo uso de aditivos. La presencia de aire en las mezclas tiende a reducir la resistencia del concreto por incremento en la porosidad del mismo.

El ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

La siguiente tabla indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en un concreto sin aire incluido.

Tabla 17.

Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Nota: Porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso bien graduado.

En el caso del contenido de aire aproximado también presenta una tabla indicando valores aproximados en función además de las condiciones de exposición, suave, moderada y severa. Estos valores indicados en la tabla son aproximaciones, ya que no siempre coinciden con las especificaciones técnicas. Pero muestran los niveles recomendables del contenido promedio de aire para el concreto, cuando el aire se incluye a propósito por razones de durabilidad.

Tabla 18.

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo nominal	Contenido de aire total (%)		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.0
1"	3.0	4.5	6.0
1 ½"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

Nota: Por razones de incremento en la durabilidad del concreto se puede incorporar intencionalmente aire mediante el empleo de aditivos químicos, minúsculas burbujas de aire las cuales se conocen como poros de aire incorporado.

6. Elección de la relación agua/cemento (a/c)

Según ing. Álvarez (s.f.) menciona que la relación agua/cemento se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación agua/cemento, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación agua cemento de los materiales que se usaran realmente.

Además, menciona que para condiciones severas de exposición, la relación agua/cemento deberá mantenerse baja, aun cuando los requisitos de resistencia puedan cumplirse con un valor más alto.

Tabla 19.

Relación agua/cemento por resistencia

f'c (kg/cm2)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Nota: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

7. Cálculo del contenido de cemento

Conociendo el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua /cemento, se puede determinar el factor cemento mediante la división del volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua - cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento de la unidad cúbica de concreto.

Ecuación 19: Cantidad de cemento

$$\text{Cont. cemento (kg/m3)} = \frac{\text{Cont. agua de mezclado (Lts/m3)}}{\text{Relación a/c (Para f'cr)}}$$

Ecuación 20: Volumen de cemento

$$\text{Vol. cemento (kg/m3)} = \frac{\text{Cont. cemento (kg)}}{\text{Peso especif. cemento (kg/m3)}}$$

8. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino

Según Gonzales (2003), el método de Modulo de fineza de la combinación de agregados, toma al agregado como variable principal, evaluando íntegramente su granulometría a efectos de poder optimizar sus propiedades. Este método es un complemento de los métodos de diseño utilizados, ya que evalúa la calidad granulométrica del agregado mediante su curva granulométrica y lo controla con el módulo de finura que es un parámetro de mucha ayuda, de manera tal que permita a la mezcla dar una trabajabilidad adecuada, y en estado endurecido obtener un concreto compacto, con la menor cantidad de cemento posible.

El módulo de fineza de la combinación de agregados depende del tamaño máximo del agregado grueso y del número de sacos por metro cubico de cemento.

Tabla 20.

Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tamaño máximo del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de cemento en, (sacos/m ³)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 ½"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Nota: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Según Rivva (2013) menciona que, como consecuencia de diversas investigaciones, se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de fineza de los agregados finos y agregados gruesos, así como su participación porcentual en el volumen absoluto total del agregado.

Ecuación 21: Porcentaje de agregado fino

$$rf \% = \frac{mg - mc}{mg - mf} \times 100$$

Dónde:

rf%: Porcentaje del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado (%).

mc: Módulo de fineza de la combinación de agregados.

mf: Modulo de fineza del agregado fino.

mg: Modulo de fineza del agregado grueso.

Luego los volúmenes de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto son:

Ecuación 22: Volumen total de agregados

$$Vol. total de agregados = 1 - (Vol. agua + Vol. aire + Vol. cemento)$$

9. Corrección por humedad y absorción de los agregados

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado, si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta aumentando la relación a/c, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión. Por lo tanto, estos efectos deben ser tomados estimados y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta.

Ecuación 23: Peso de agregado húmedo

$$Peso Agregado húmedo (kg) = Peso Agregado seco * \left(1 + \frac{\%W}{100}\right)$$

El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es humedad total menos absorción.

Ecuación 24: Humedad de agregados

$$Humedad de agregados (Lts) = Peso Agregado seco * \left(\frac{\%W - \%A}{100}\right)$$

Ecuación 25: Peso agua efectiva

$$Agua efectiva (Lts) = Agua de diseño - (Humedad de agregados)$$

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente en la ciudad de Trujillo - 2020.

CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Según su propósito: Aplicada

Se considera una investigación Aplicada, ya que esta investigación utiliza normas técnicas para la elaboración de ensayos e información científica para comparar resultados obtenidos.

3.1.2 Según su diseño: Experimental

Se considera una investigación de diseño Experimental, ya que, por medio de la adición de limadura de hierro, se busca mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

3.1.3 Por el nivel: Concluyente

Se considera una investigación de nivel concluyente, ya que la investigación busca probar que la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente y porque los resultados de los ensayos son de carácter cuantitativo.

3.2 Definición y operacionalización de variables

3.2.1 Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto

Propiedades físicas: son aquellas características visibles y medibles que se basan principalmente en la estructura de las unidades de albañilería. Estando entre ellas las siguientes propiedades: Variación dimensional, Alabeo, Absorción, densidad y succión.

Propiedades mecánicas: son aquellas propiedades de las unidades de albañilería que se manifiestan cuando están sometidos a una fuerza externa. Estando entre ellas las siguientes propiedades: Resistencia a la compresión axial, Compresión axial de pilas y Compresión diagonal de muretes.

3.3 Diseño de investigación

3.3.1 Según su tipo de diseño: Diseño Experimental

Esta investigación se encuentra dentro del enfoque Experimental, ya que busca determinar la influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

3.3.2 Según su diseño de investigación: Experimental Puro

Esta investigación es de carácter Experimental Puro, ya que es por aleatoriedad, control local y repeticiones, además se puede controlar o manipular de manera intencional la variable independiente (Limadura de hierro), con la finalidad de analizar sus consecuencias sobre la variable dependiente (Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto), teniendo control de la misma.

Por ello, es que en la presente investigación se fabricará ladrillos de concreto convencional y con adiciones de 2.5%, 5.0% y 7.5% de limadura de hierro, para luego evaluar las propiedades físicas y mecánicas, con la finalidad de poder determinar si la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades de los ladrillos de concreto.



3.4 Unidad de estudio

Una unidad de albañilería de concreto fabricada artesanalmente con dimensiones de 9 x 13 x 24 cm, elaborado con concreto convencional y con adiciones 2.5%, 5.0% y 7.5% de limadura de hierro.

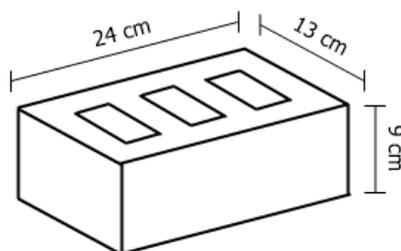


Ilustración 20: Dimensiones de la unidad de albañilería de concreto
Fuente: Elaboración propia (2020)

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La población está compuesta por todas las unidades de albañilería de concreto de 9 x 13 x 24 cm, fabricadas artesanalmente en la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Trujillo, durante el 2020.

3.5.2 Muestra

En la presente investigación se utilizará la técnica de Muestreo Probabilístico – Transversal, porque el proceso de selección de los elementos de la muestra será por medios estadísticos, donde los elementos serán ensayados en un determinado periodo de tiempo.

El tamaño de la muestra se determinó mediante la fórmula utilizada para variables cuantitativas con una población infinita (no se conoce N). Por ello, se trabajó con la variable principal, siendo esta la resistencia a compresión de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente. Luego mediante estudios anteriores se obtuvo la desviación estándar de la variable fundamental (resistencia a la compresión del concreto). Con el cual se determinó el tamaño de la muestra.

Tabla 23.

Resultados de la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto con adiciones plástico reciclado

Plástico (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)
0%	166.88	4.92
3%	136.44	9.36
6%	124.45	5.66
9%	118.03	7.56

Nota. Resultados de la resistencia a la compresión promedio de ladrillos concreto con adiciones de plástico reciclado. Echeverría (2017).

Para estimar el tamaño de muestra se utilizará los datos hallados en una investigación previa, donde se utilizó el plástico reciclado como aditivo para la elaboración de ladrillos de concreto. Pero en la presente investigación por tratarse de otro tipo de aditivo se utilizará la desviación estándar del concreto convencional (0% plástico); ya que en otra investigación se pudo evidenciar que al adicionar entre 2% y 6% de limadura de hierro, la resistencia a la compresión del concreto aumenta y la desviación estándar disminuye.

Ecuación 26: Cálculo del tamaño de muestra

$$n = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 4.92^2}{(0.05 * 166.88)^2}$$

$$n = 1.34 \rightarrow 3 \text{ unidades}$$

Dónde:

- **n:** tamaño de muestra.
- **Z:** 1.96 para nivel de confianza, 95%. Fijado por el investigador para mayor precisión.
- **S:** 4.92 desviación estándar, obtenida por estudios anteriores.
- **E:** 5% error estimado a tolerar. Fijado por el investigador.

Por lo tanto, el tamaño de la muestra será de 308 unidades de albañilería de concreto, 77 unidades serán fabricadas con concreto convencional y 231 unidades con adiciones de 2.5%, 5.0% y 7.5% de limadura de hierro; luego serán ensayadas a 28 días de curado.

Las 308 unidades de albañilería de concreto serán distribuidas en los siguientes ensayos:

Tabla 24.
Muestreo de unidades de albañilería con limadura de hierro

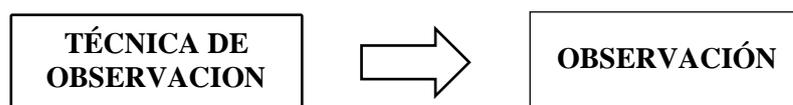
Ensayos	Ladrillos con limadura de hierro			
	0%	2.5%	5.0%	7.5%
Variación dimensional / Alabeo	10	10	10	10
Absorción / Densidad / Succión	5	5	5	5
Resistencia a la compresión axial	5	5	5	5
Compresión axial de pilas	3(4)	3(4)	3(4)	3(4)
Compresión diagonal de muretes	3(15)	3(15)	3(15)	3(15)
Sub Total	77	77	77	77
Total	308 unidades			

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

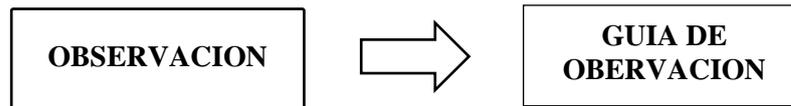
3.6.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada será la guía observación, ya que nos permite ver y registrar de manera más detallada los datos y los sucesos ocurridos en los ensayos de caracterización físicas y mecánicas de los materiales utilizados en el diseño de mezcla y en la elaboración de las unidades de albañilería fabricadas artesanalmente con concreto convencional y con diferentes porcentajes de limadura de hierro (2.5%, 5.0% y 7.5%), los cuales serán ensayados a compresión axial después de 28 días de curado.



3.6.2 Instrumento de recolección de datos

El instrumento para la recolección de datos será la guía de observación, ya que para realizar un análisis estadístico y evaluar el comportamiento de los resultados, se necesita recolectar información acerca de los ensayos de caracterización físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, ensayados a 28 días de curado.



3.6.3 Validación del instrumento de recolección de datos

La validez de los instrumentos de recolección de datos lo realizó el ingeniero **Alberto Vásquez Díaz** con CIP 166228, de acuerdo a su experiencia en la presente área de investigación.

3.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

3.7.1 Métodos

Para el análisis de datos de la presente investigación, se utilizará la estadística inferencial, ya que, a partir de la información obtenida de una muestra, nos permite inducir el comportamiento en una población específica con un margen de error medible en términos probabilísticos. Es decir, las conclusiones obtenidas a partir de una muestra son válidas para toda la población.

3.7.2 Instrumentos

En la presente investigación se utilizará el Software Statistical Package For The Social Sciences (SPSS); para realizar la prueba de Normalidad SHAPIRO-WILK, ya que se tiene una cantidad de datos de análisis menores a 50 por cada variable, con la cual se podrá comprobar que la hipótesis nula de la muestra ha sido extraída de una población con distribución normal.

Para la prueba se considerarán como hipótesis:

- **Hipótesis nula (H0):** La muestra proviene de una distribución normal.

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

- **Hipótesis alterna (H1):** La muestra no proviene de una distribución normal.

$$H_1: X \not\sim N(\mu, \sigma^2)$$

Luego, se hará la prueba ANOVA Unidireccional, ya que se desea comparar y estudiar la varianza de varios grupos con una variable cuantitativa. Tal como es el caso de la presente investigación, ya que se estudiará y comparará las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas artesanalmente con concreto convencional y con adiciones de 2.5%, 5.0% y 7.5% de limadura de hierro, los cuales serán ensayados a 28 días de curado.

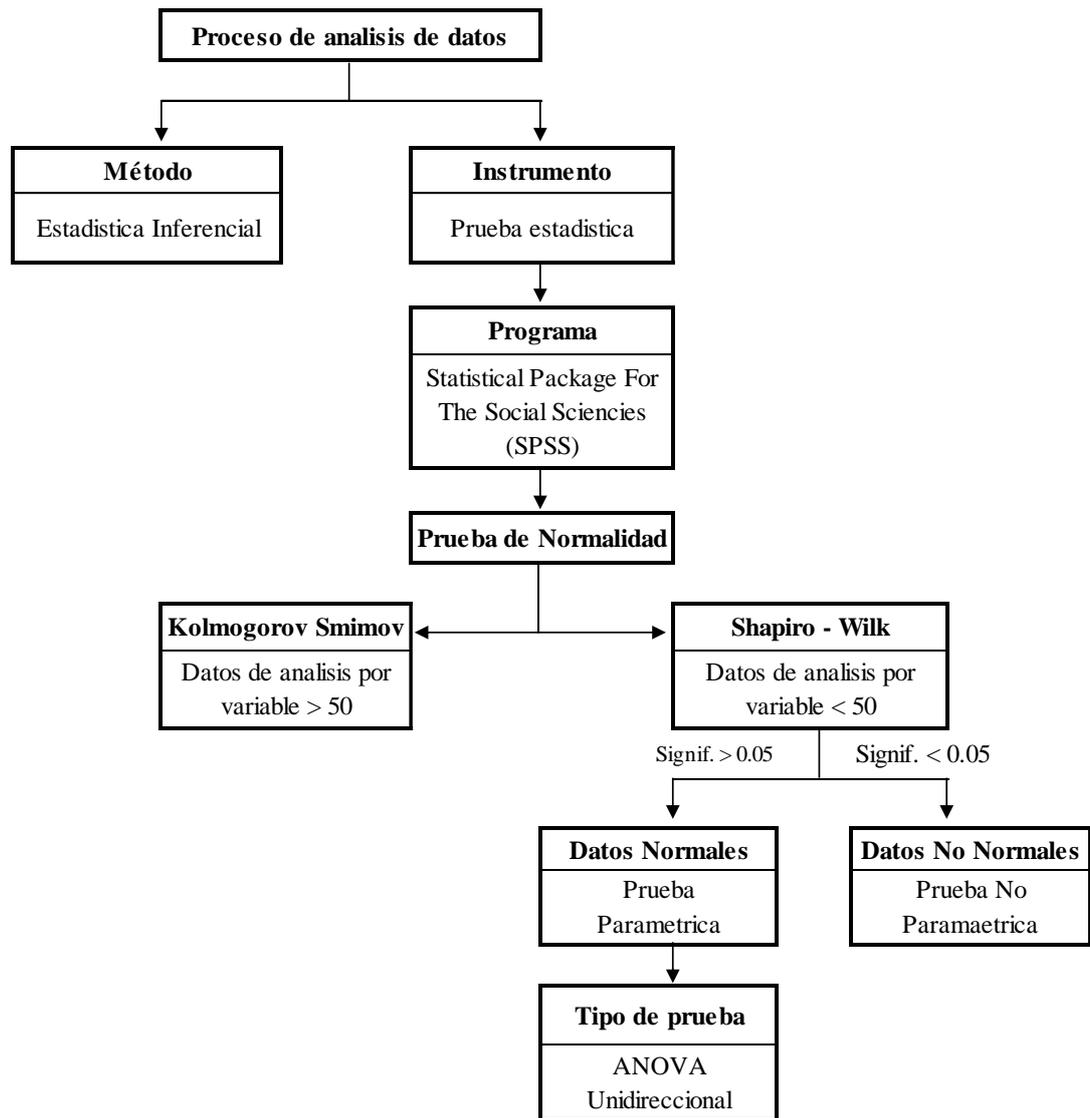


Ilustración 21: Proceso de análisis de datos

Fuente: Elaboración propia (2020)

3.7.3 Procedimiento de análisis de datos

a) Datos previos

- **Grados de libertad**

Grados de libertad de la variable limadura de hierro

$$G. L. = k - 1$$

Grados de libertad del error

$$G. L. = N - k$$

Donde:

k: Número de niveles de la variable.

N: Número de total de muestras.

- **Nivel de significancia**

El nivel de significancia será de $\alpha=0.05$ para un nivel de confianza de 95%, debido a que es un nivel de confianza habitual en investigaciones experimentales, y es un compromiso entre formular premisas con la probabilidad de acertar.

- **Criterio de rechazo**

La hipótesis alterna H_1 se acepta si:

$$F_o > F_{\alpha}, [(a - 1), (n - 1)]$$

F_o se obtiene experimentalmente.

$F_o > F_{\alpha}, [(a-1),(n-1)]$, se obtiene mediante tablas estadísticas.

Donde:

n: Número de niveles.

a: Número de réplicas.

- **Criterio de rechazo**

$$\mu = \bar{X} \pm t * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde:

n: Número de niveles.

σ : Desviación estándar.

\bar{x} : Promedio.

t: t-student.

b) Análisis de varianza

- **Parámetros del modelo**

Suma de cuadrados totales

$$SCT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N}$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SC_{TRAT.} = \sum_{i=1}^b \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y^2}{N}$$

Suma de cuadrados del error

$$SC_E = SCT - SC_{TRAT.}$$

Suma de cuadrados medios

$$CM_{TRAT.} = \frac{SC_{TRAT.}}{k - 1} ; \quad CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$$

- **Tabla de análisis de varianza**

Origen de variaciones	Suma de cuadros	Grados de libertad	Promedio de cuadros	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	$SC_{TRAT.}$	$k - 1$	$CM_{TRAT.}$	F	p	$P(F > F_0)$
Error	SC_E	$N - k$	CM_E			
Total	SCT	$N - 1$				

Fuente: Elaboración propia

Si: $F = \frac{CM_{TRAT.}}{CME.} > F\alpha(k - 1, N - k)$; se rechaza H_0 .

Se demuestra que los valores esperados de los cuadrados medios están dados por:

$$E(CM_{E.}) = \sigma^2 \quad \text{y} \quad E(CM_{TRAT.}) = \sigma^2 + \frac{\sum_{i=1}^k (n_i)r_i^2}{k-1}$$

En estas expresiones se aprecia que cuando la hipótesis nula es verdadera, ambos cuadrados medios estiman la varianza σ^2 , ya que el segundo término de la expresión para el $E(CM_{TRAT.})$ sería igual a cero.

c) Medidas de tendencia central

- **Media aritmética**

También llamada promedio o media aritmética, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

Ecuación 27: Media aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n X_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} : Media aritmética.

Σ : Sumatoria.

X_i : Observación de la muestra.

n : Tamaño d la muestra.

- **Varianza**

La varianza es una medida de dispersión, una medida de cómo los valores de los datos pueden diferir de su media. La varianza es la media aritmética de los cuadrados de las diferencias de los valores individuales de la media.

Ecuación 28: Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Donde:

σ^2 : Varianza.

\bar{x} : Media aritmética.

x_i : Datos.

n : Número total de datos.

- **Desviación estándar**

Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza.

Ecuación 29: Desviación estándar

$$Ds = \sqrt{\sigma^2}$$

Dónde:

Ds : Desviación estándar

σ^2 : Varianza

- **Coefficiente de variación**

El coeficiente de variación es una medida de dispersión que describe la cantidad de variabilidad en relación con la media. A mayor valor de coeficiente de variación mayor heterogeneidad de los valores de la variable, y a menor C.V., mayor homogeneidad en los valores de la variable. El valor de la desviación estándar hallado anteriormente es dividido por la media aritmética y multiplicado por 100 como lo indica la fórmula siguiente:

Ecuación 30: Coeficiente de variación

$$CV = \frac{Ds}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

CV: Coeficiente de variación.

Ds: Desviación estándar.

\bar{x} : Media aritmética.

CAPÍTULO 4 : RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Características físicas de los agregados

A continuación, se presenta los resultados de las características físicas de los agregados fino y grueso obtenidos de la cantera Los Mellizos, ubicado en el del distrito de Huanchaco. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada Del Norte, San Isidro – Trujillo. En el Anexo N°02 se presentan los resultados detallados y a continuación el resumen:

a) Características físicas del agregado fino

Tabla 25.

Resultados de las características físicas del agregado fino

Ensayo	Unidad	Resultado	Norma
Granulometría	-	Ver Tabla 26	NTP 400.012
Módulo de finura	-	2.94	NTP 400.037
Peso específico de masa	(Kg/m ³)	2626	NTP 400.022
Peso específico saturado con superficie seca	(Kg/m ³)	2660	NTP 400.022
Peso específico aparente	(Kg/m ³)	2718	NTP 400.022
Peso unitario suelto	(Kg/m ³)	1733	NTP 400.017
Peso unitario compactado	(Kg/m ³)	1840	NTP 400.017
Porcentaje de absorción	(%)	1.28	NTP 400.022
Contenido de humedad	(%)	0.94	NTP 339.185
Material fino que pasa el tamiz N°200	(%)	3.20	NTP 400.018

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.

Resultados del ensayo de análisis granulométrico del agregado fino

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa	Huso granulom.
3/8"	9.50	0	0	0	100.0	100
4	4.75	102.5	11.0	11.0	89.0	95 – 100
8	2.36	152.7	16.4	27.3	72.7	80 – 100
16	1.18	107.8	11.6	38.9	61.1	50 – 85
30	0.60	127.3	13.6	52.6	47.4	25 – 60
50	0.30	151.7	16.3	68.8	31.2	5 – 30
100	0.15	251.0	26.9	95.7	4.3	0 – 10
200	0.08	33.7	3.6	99.3	0.7	
	Fondo	6.3	0.7	100	0	
	Total	933	100			

Fuente: Elaboración propia

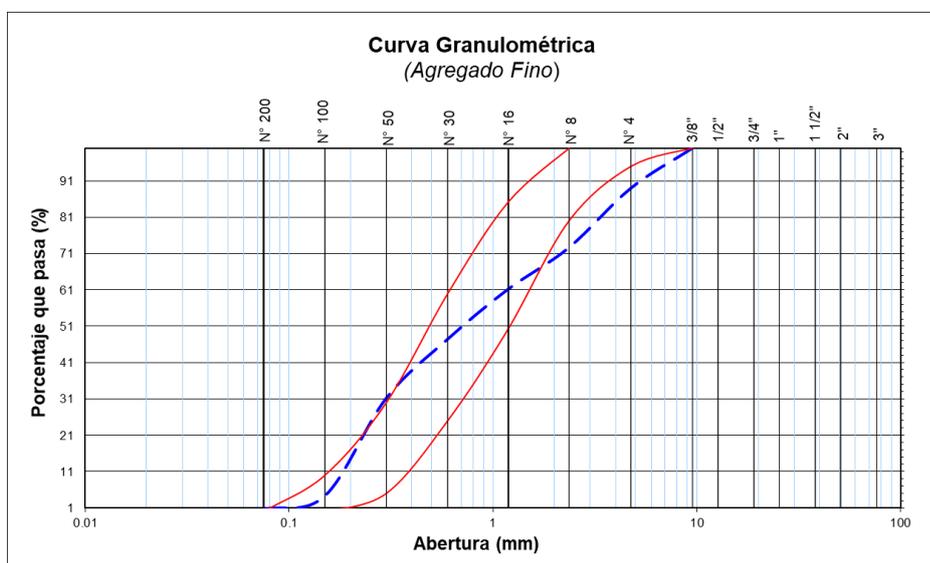


Ilustración 22: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

b) Características físicas del agregado grueso

Tabla 27.

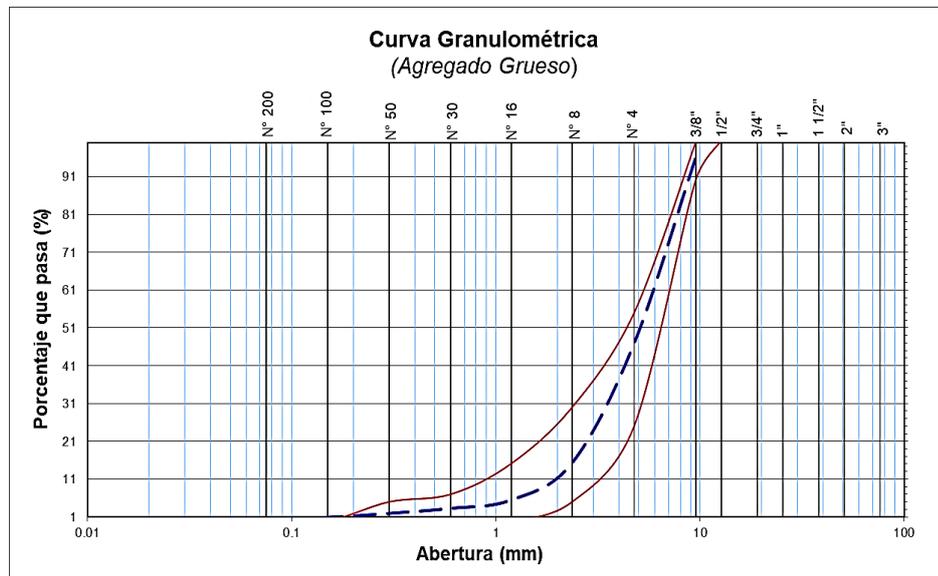
Resultados de las características físicas del agregado grueso

Ensayo	Unidad	Resultado	Norma
Granulometría	-	Ver Tabla 28	NTP 400.012
Módulo de finura	-	5.31	NTP 400.037
Tamaño máximo nominal	(Pulg.)	3/8	NTP 400.012
Peso específico de masa	(Kg/m ³)	2495	NTP 400.021
Peso específico saturado con superficie seca	(Kg/m ³)	2573	NTP 400.021
Peso específico aparente	(Kg/m ³)	2707	NTP 400.021
Peso unitario suelto	(Kg/m ³)	1462	NTP 400.017
Peso unitario compactado	(Kg/m ³)	1520	NTP 400.017
Porcentaje de absorción	(%)	3.14	NTP 400.021
Contenido de humedad	(%)	0.47	NTP 339.185
Material fino que pasa el tamiz N°200	(%)	2.49	NTP 400.018

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.
Resultados del ensayo de análisis granulométrico de agregado grueso

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa	Huso granulom. 89
1/2"	12.70	0	0	0	100	100
3/8"	9.50	43.7	4.4	4.4	95.6	90 – 100
4	4.75	488.4	49.0	53.4	46.6	25 – 55
8	2.36	313.8	31.5	84.9	15.1	5 – 30
16	1.18	97.6	9.8	94.7	5.3	0 – 10
30	0.60	21.4	2.1	96.8	3.2	–
50	0.30	13.3	1.3	98.2	1.8	0 – 5
100	0.15	10.4	1.0	99.2	0.8	
200	0.08	5.0	0.5	99.7	0.3	
Fondo		3.0	0.3	100	0	
Total		997	100			

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23: Curva granulométrica del agregado grueso
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Características físicas de la limadura de hierro

A continuación, se presenta los resultados de las características físicas de la limadura de hierro, obtenidos de las empresas manufactureras (tornos), ubicados en el Mercado El Mayorista del Distrito de Trujillo. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada Del Norte, San Isidro – Trujillo. En el Anexo N°03 se presentan los resultados detallados y a continuación el resumen:

Tabla 29.

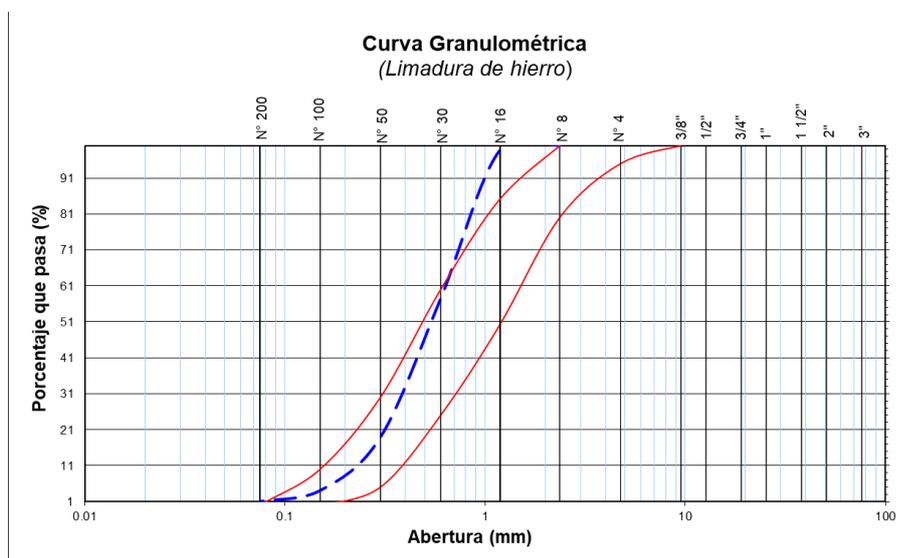
Resultados de las características físicas de la limadura de hierro

Ensayo	Unidad	Resultado	Norma
Granulometría	-	Ver Tabla 52	NTP 400.012
Módulo de finura	-	2.21	NTP 400.037
Peso específico de masa	(Kg/m ³)	3260	NTP 400.022
Peso unitario volumétrico	(Kg/m ³)	2428	NTP 400.017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30.
Resultados del ensayo de análisis granulométrico de la limadura de hierro

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa	Huso granulom. M
3/8"	9.50	0	0	0	100	100
4	4.75	0	0	0	100	95 – 100
8	2.36	0	0	0	100	80 – 100
16	1.18	21.0	1.4	1.4	98.6	50 – 85
30	0.60	616.0	41.1	42.5	57.5	25 – 60
50	0.30	579.0	38.6	81.0	19.0	5 – 30
100	0.15	222.7	14.8	95.9	4.1	0 – 10
200	0.08	46.3	3.1	99.0	1.0	
	Fondo	15.3	1.0	100	0	
	Total	933	100			

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 24: Curva granulométrica de la limadura de hierro
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Diseño de mezcla de las unidades de albañilería de concreto

Al aplicar el método del módulo de fineza de combinación de agregados, se obtuvieron dosificaciones de mezclas arenosas; lo cual garantizaron una buena trabajabilidad y una consistencia seca (slump de 0” – 1”), evitando tener un perfil sobre gravoso y una resistencia mínima de $f'c = 130\text{Kg/cm}^2$ correspondiente a un ladrillo Tipo IV. En el Anexo N°4 se presentan los resultados detallados y a continuación el resumen:

Tabla 31.

Resultados del diseño de mezcla – Método módulo de fineza de combinación de agregados

Material	Cantidad de material por 1m3		
	Peso en seco (kg/m3)	Peso en SSS (kg/m3)	Peso en húmedo (kg/m3)
Cemento	295.77	295.77	295.77
Ag. Fino	938.53	950.54	947.35
Ag. Grueso	772.45	796.70	776.08
Agua	207.00	207.00	230.82

Fuente: Elaboración propia

Utilizando los resultados del diseño de mezcla se procedió al diseño del concreto patrón (sin adiciones de limadura), luego se calculó la equivalencia de los porcentajes (2.5%, 5.0% y 7.5%) de la limadura de hierro en peso seco del agregado fino, y se ajustó el agua efectiva, manteniéndose constantes los valores del cemento y el agregado grueso.

Tabla 32.

Cantidad de material por 1m³, concreto patrón ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)

Material	Cantidad de material por 1m ³			
	Peso en seco (kg/m ³)	Peso en húmedo (kg/m ³)	Proporción Peso	Proporción Volumen
Cemento	295.77	295.77	1.00	1.00
Ag. Fino	938.53	947.35	3.20	2.77
Ag. Grueso	772.45	776.08	2.62	2.69
Agua	207.00	230.82	0.78	33.17 lts/bol.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33.

Cantidad de material por 1m³, con 2.5% limadura de hierro ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)

Material	Cantidad de material por 1m ³			
	Peso en seco (kg/m ³)	Peso en húmedo (kg/m ³)	Proporción Peso	Proporción Volumen
Cemento	295.77	295.77	1.00	1.00
Ag. Fino	913.85	922.44	3.12	2.70
Ag. Grueso	772.45	776.08	2.62	2.69
Agua	207.00	230.82	0.78	33.15 lts/bol.
Lim. de hierro	22.82	22.82	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34.
Cantidad de material por 1m³, con 5.0% limadura de hierro ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)

Material	Cantidad de material por 1m ³			
	Peso en seco (kg/m ³)	Peso en húmedo (kg/m ³)	Proporción Peso	Proporción Volumen
Cemento	295.77	295.77	1.00	1.00
Ag. Fino	890.47	898.84	3.04	2.63
Ag. Grueso	772.45	776.08	2.62	2.69
Agua	207.00	230.65	0.78	33.14 lts/bol.
Lim. de hierro	44.43	44.43	0.15	0.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35.
Cantidad de material por 1m³, con 7.5% limadura de hierro ($f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$)

Material	Cantidad de material por 1m ³			
	Peso en seco (kg/m ³)	Peso en húmedo (kg/m ³)	Proporción Peso	Proporción Volumen
Cemento	295.77	295.77	1.00	1.00
Ag. Fino	868.15	876.31	2.96	2.56
Ag. Grueso	772.45	776.08	2.62	2.69
Agua	207.00	230.58	0.78	33.13 lts/bol.
Lim. de hierro	65.07	65.07	0.22	0.14

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Diseño analítico del mortero

El diseño de mortero se realizó analíticamente, con los datos obtenidos de la granulometría del agregado fino de la cantera Los Mellizos, las propiedades físicas del agregado fino, cemento portland Tipo I (bolsa verde) y agua. El diseño se realizó para un mortero tipo P2 con proporciones de 1:0:4 (cemento: cal: arena) para muros portantes de acuerdo a la Norma E.070. En el Anexo N°5 se presentan los resultados detallados y a continuación el resumen:

Tabla 36.

Cantidad de material por 1m³, mortero Tipo P2

Material	Cantidad de material por 1m ³			
	Peso en seco (kg/m ³)	Peso en húmedo (kg/m ³)	Proporción Peso	Proporción Volumen
Cemento	342.11	342.11	1.00	1.00
Ag. Fino	1583.95	1598.84	4.67	4.04
Agua	256.62	262.01	0.77	32.55 lts/bol.

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Elaboración de unidades de las albañilerías de concreto

Luego de obtener las dosificaciones de las mezclas, se procedió a la fabricación de las unidades de albañilería de concreto de acuerdo a las Normas Peruanas NTP 339.005 y NTP 339.007: “Elementos de concreto. Ladrillos y bloques usados en albañilería”, satisfaciendo las dimensiones modulares para muros portantes y requisitos de resistencia.

Las dimensiones adoptadas para el diseño del ladrillo son las más usadas en el mercado actual: 9x13x24cm, alto, ancho, largo respectivamente; aptas para edificaciones con asientos de cabeza y de soga, con una resistencia $f_b = 130\text{Kg/cm}^2$, mínima para un ladrillo Tipo IV, según la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

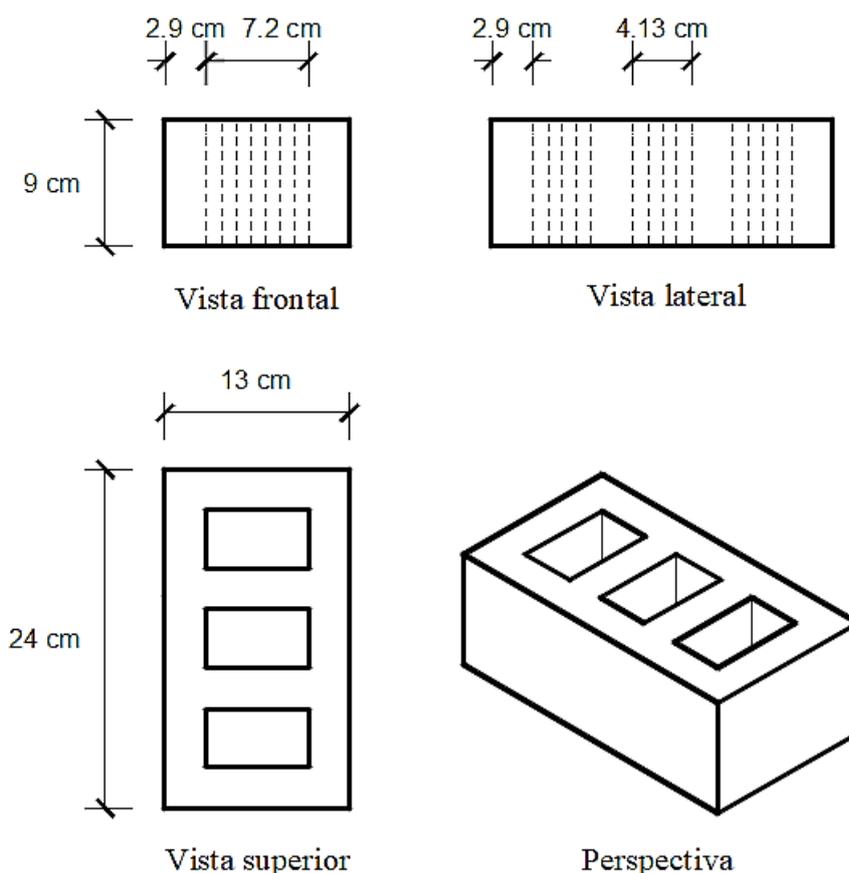


Ilustración 25: Detalle de la geometría de los ladrillos de concreto

Fuente: Elaboración propia

En total se fabricaron 308 ladrillos de concreto, 77 unidades de concreto patrón y 231 unidades de concreto con acciones de limadura de hierro (2.5%, 5.0% y 7.5%), tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 37.

Cantidad de ladrillos de concreto según el tipo ensayo

Ensayos	Ladrillos con limadura de hierro			
	0%	2.5%	5.0%	7.5%
Variación dimensional / Alabeo	10	10	10	10
Absorción / Densidad / Succión	5	5	5	5
Resistencia a la compresión axial	5	5	5	5
Compresión axial de pilas	3(4)	3(4)	3(4)	3(4)
Compresión diagonal de muretes	3(15)	3(15)	3(15)	3(15)
Sub Total	77	77	77	77
Total	308 unidades			

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Características físicas de las unidades de albañilería de concreto

Luego de elaborar los ladrillos de concreto, se procedió a evaluar sus características físicas de acuerdo a la Norma E.070 (2006). En el Anexo N°6 se presentan los resultados detallados y a continuación el resumen:

a) Variación dimensional

Tabla 38.

Resultados del ensayo de variación dimensional (Muestra patrón)

Característica	Largo	Ancho	Alto	Unidad
Dimensión del fabricante	240	130	90	Mm
Dimensión promedio	244.20	133.63	87.45	Mm
Desviación estándar (σ)	0.90	0.79	0.95	Mm
Coefficiente de variación (c.v.)	0.37	0.59	1.09	%
Variación dimensional (V%)	-1.75	-2.79	1.83	%
Clase de ladrillo	Tipo IV			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39.

Resultados del ensayo de variación dimensional (2.5% Limadura de hierro)

Característica	Largo	Ancho	Alto	Unidad
Dimensión del fabricante	240	130	90	Mm
Dimensión promedio	244.18	133.48	88.76	Mm
Desviación estándar (σ)	0.40	0.35	0.52	Mm
Coefficiente de variación (c.v.)	0.16	0.26	0.58	%
Variación dimensional (V%)	-1.74	-2.67	1.38	%
Clase de ladrillo	Tipo IV			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40.

Resultados del ensayo de variación dimensional (5.0 % Limadura de hierro)

Característica	Largo	Ancho	Alto	Unidad
Dimensión del fabricante	240	130	90	Mm
Dimensión promedio	244.21	133.61	87.46	Mm
Desviación estándar (σ)	0.20	0.62	0.54	Mm
Coefficiente de variación (c.v.)	0.08	0.46	0.61	%
Variación dimensional (V%)	-1.76	-2.78	1.71	%
Clase de ladrillo	Tipo IV			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41.

Resultados del ensayo de variación dimensional (7.5 % Limadura de hierro)

Característica	Largo	Ancho	Alto	Unidad
Dimensión del fabricante	240	130	90	Mm
Dimensión promedio	244.53	133.56	87.49	Mm
Desviación estándar (σ)	0.50	0.38	0.70	Mm
Coefficiente de variación (c.v.)	0.20	0.28	0.80	%
Variación dimensional (V%)	-1.89	-2.74	2.79	%
Clase de ladrillo	Tipo IV			

Fuente: Elaboración propia

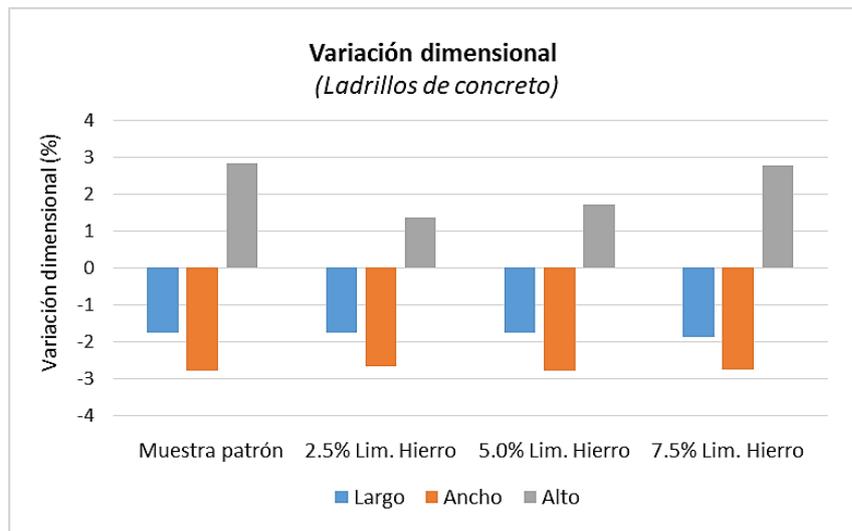


Ilustración 26: Variación dimensional

Fuente: Elaboración propia

b) Alabeo

Tabla 42.

Resultados del ensayo de alabeo de los ladrillos de concreto

Característica	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Clase de ladrillo
Muestra patrón	0.08	1.40	Tipo IV
2.5% Limadura de hierro	0.00	1.15	Tipo IV
5.0% Limadura de hierro	0.03	1.29	Tipo IV
7.5% Limadura de hierro	0.03	1.34	Tipo IV

Fuente: Elaboración propia

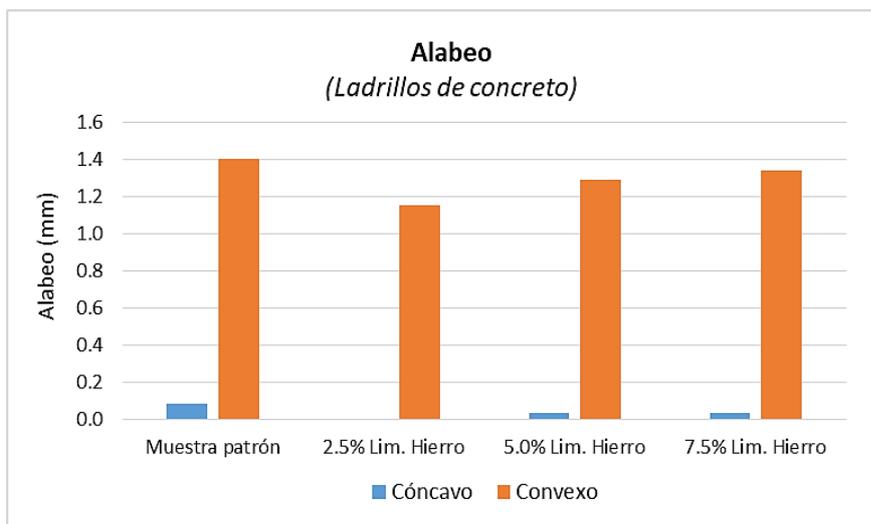


Ilustración 27: Alabeo de los ladrillos de concreto

Fuente: Elaboración propia

c) Absorción

Tabla 43.

Resultados del ensayo de absorción de los ladrillos de concreto

Característica	Muestra Patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Absorción promedio	6.52	5.86	5.81	5.74	%
Desviación estándar (σ)	0.46	0.24	0.29	0.42	%
Coefficiente de variación (c.v.)	6.98	4.09	5.06	7.37	%

Fuente: Elaboración propia

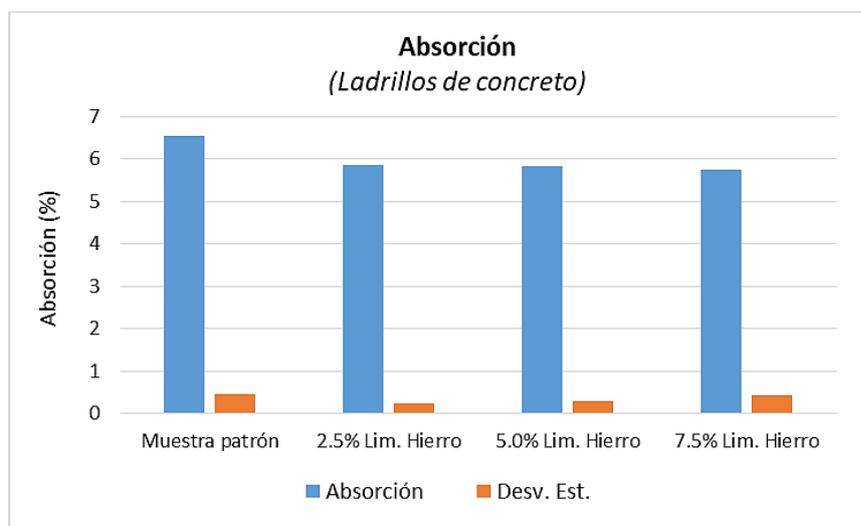


Ilustración 28: Absorción de los ladrillos de concreto

Fuente: Elaboración propia

d) Densidad

Tabla 44.

Resultados del ensayo de densidad de los ladrillos de concreto

Característica	Muestra patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Densidad promedio	2084	2108	2118	2127	kg/m ³
Desviación estándar (σ)	8.89	18.19	16.64	17.66	kg/m ³
Coefficiente de variación (c.v.)	0.43	0.86	0.79	1.30	%

Fuente: Elaboración propia

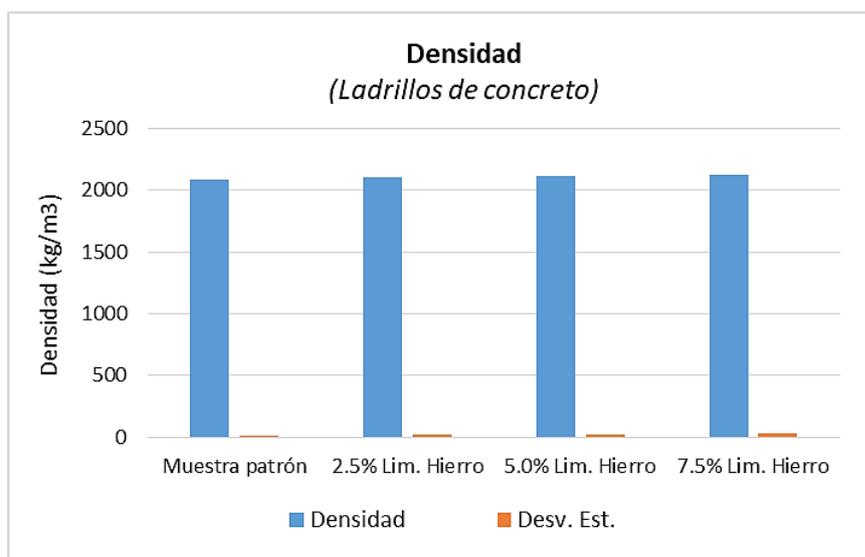


Ilustración 29: Densidad de los ladrillos de concreto

Fuente: Elaboración propia

e) Succión

Tabla 45.

Resultados del ensayo de succión de los ladrillos de concreto

Característica	Muestra patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Succión promedio	14.88	7.17	6.85	6.02	gr/200cm ² -min
Desviación estándar (σ)	1.51	1.77	1.93	1.19	gr/200cm ² -min
Coefficiente de variación (c.v.)	10.13	24.67	28.22	19.82	%

Fuente: Elaboración propia

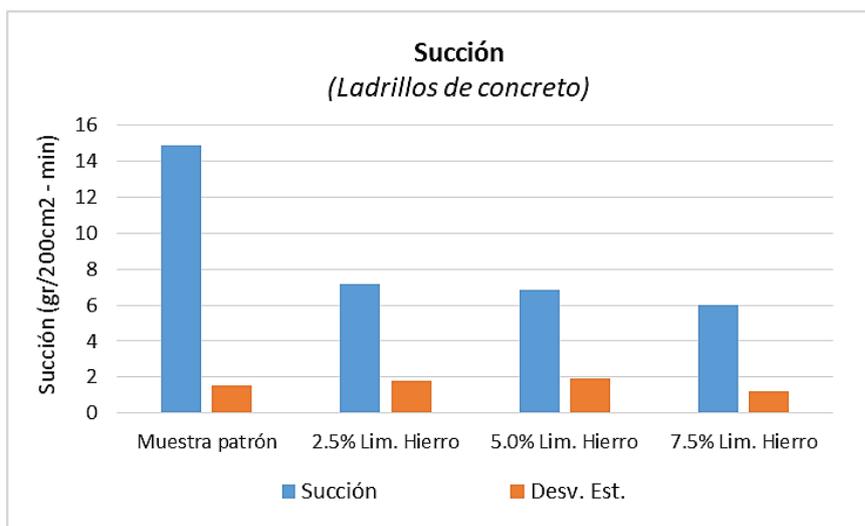


Ilustración 30: Succión de los ladrillos de concreto

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Característica mecánica del mortero

Luego de determinar las características físicas de los ladrillos de concreto, se procedió a evaluar la resistencia a la compresión axial del mortero tipo P2, con una dosificación 1:4 (cemento: arena), de acuerdo a la Norma E.070 (2006). En el Anexo N°7 se presentan los resultados detallados y a continuación el resumen:

a) Resistencia a la compresión axial del mortero

Tabla 46.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial del mortero

Característica	Mortero	Unidad
Resistencia a la compresión promedio (f_c)	215.27	kg/cm ²
Desviación estándar (σ)	11.22	kg/cm ²
Coefficiente de variación (c.v.)	5.21	%
Resistencia a la compresión (f'_c)	204.05	kg/cm ²
Tipo de mortero	Tipo P2	

Fuente: Elaboración propia

4.1.8 Características mecánicas de las unidades de albañilería de concreto

Luego de determinar la resistencia a la compresión axial del mortero, se procedió a evaluar las características mecánicas de los ladrillos de concreto de acuerdo a la Norma E.070 (2006). En el Anexo N°8 se presentan los resultados detallados y a continuación el resumen:

a) Resistencia a la compresión axial de ladrillos

Tabla 47.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de ladrillos

Característica	Muestra patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura a Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Resistencia a la compresión promedio (f_b)	143.35	147.54	152.32	150.85	kg/cm ²
Desviación estándar (σ)	12.05	26.59	10.72	19.18	kg/cm ²
Coefficiente de variación (c.v.)	8.41	18.02	7.04	12.71	%
Resistencia a la compresión ($f' b$)	131.30	120.95	141.60	131.67	kg/cm ²
Clase de ladrillo	Tipo IV	*	Tipo IV	Tipo IV	

Nota: * Según la Norma E.070, clasifica como ladrillo Tipo III.

Fuente: Elaboración propia

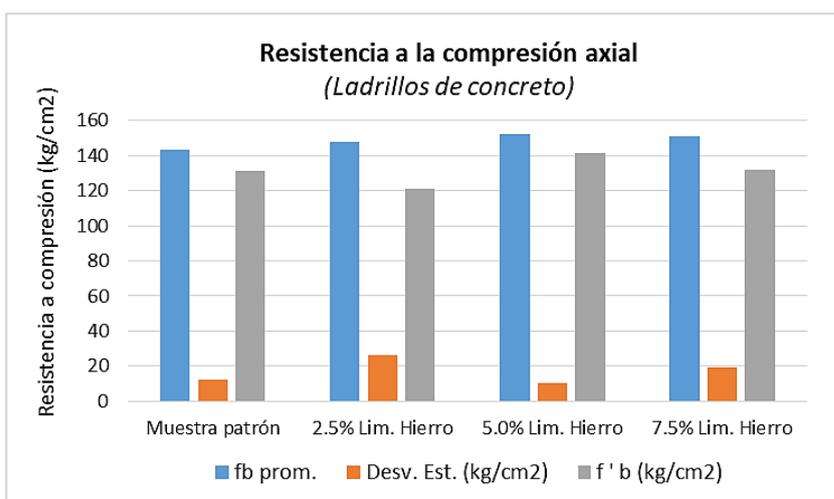


Ilustración 31: Resistencia a la compresión axial de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

b) Compresión axial de pilas de ladrillos

Tabla 48.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos

Característica	Muestra patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Resistencia a la compresión promedio (f_m)	44.32	45.56	51.34	48.09	kg/cm ²
Desviación estándar (σ)	3.23	3.79	3.97	2.80	kg/cm ²
Coefficiente de variación (c.v.)	7.28	8.33	7.74	5.81	%
Resistencia a la compresión (f'_m)	41.09	41.77	47.37	45.29	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

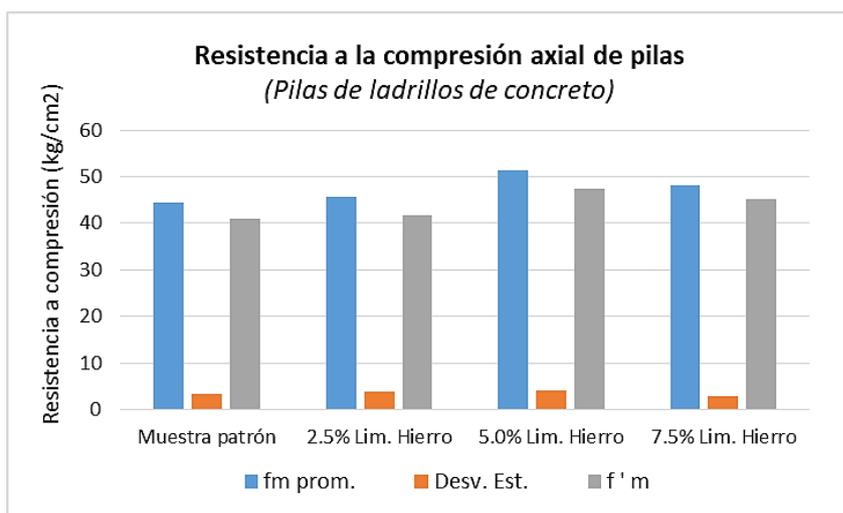


Ilustración 32: Resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

c) Compresión diagonal de muretes

Tabla 49.
Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes

Característica	Muestra patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Resistencia a la compresión promedio (V_m)	9.01	9.50	10.10	9.61	kg/cm ²
Desviación estándar (σ)	0.76	0.51	0.78	1.06	kg/cm ²
Coefficiente de variación (c.v.)	8.45	5.34	7.75	11.08	%
Resistencia a la compresión ($V'm$)	8.25	8.99	9.32	8.55	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50.
Resistencia al corte de muretes

Característica	Muestra patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Resistencia a la compresión ($f'm$)	41.09	41.77	47.37	45.29	kg/cm ²
Resistencia al corte ($V'm$)	8.25	8.99	9.32	8.55	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

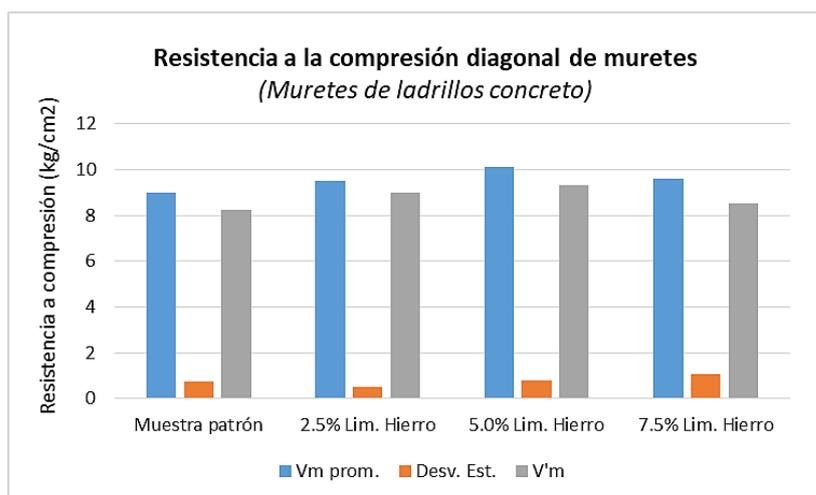


Ilustración 33: Resistencia a la compresión diagonal de muretes

Fuente: Elaboración propia

4.1.9 Comparación de las resistencias de pilas y muretes

Luego de determinar la resistencia de las pilas y muretes, se procedió a comparar y analizar la resistencia a la compresión diagonal de los muretes con la Norma E.070 (2006), ya que relaciona la compresión axial de pilas ($f'm$) con la compresión diagonal de muretes ($V'm$), de la siguiente manera:

$$V'm = \sqrt{f'm}$$

Tabla 51.

Diferencias entre cálculos prácticos y teóricos de la resistencia al corte $V'm$

Característica	Ensayos de laboratorio	Muestra patrón	2.5% Limadura Hierro	5.0% Limadura Hierro	7.5% Limadura Hierro	Unidad
Ensayo de laboratorio	$f'm$	41.09	41.77	47.37	45.29	kg/cm ²
	$V'm$	8.25	8.99	9.32	8.55	kg/cm ²
Norma E.070	$V'm \max = \sqrt{f'm}$	6.41	6.46	6.88	6.73	kg/cm ²
Diferencia con la Norma E.070	$\frac{V'm - V'm \max}{V'm \max}$	28.71	39.16	35.47	27.04	%
Para diseño	$V'm$ diseño	6.41	6.46	6.88	6.73	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

4.2 Análisis de datos

4.2.1 Contracción de hipótesis

- a) **Grupos:** 4 grupos
- b) **Tratamientos:** 4 (0%, 2.5%, 5.0%, 7.5% Limadura de hierro)
- c) **Para el análisis de datos se considerará como hipótesis:**
 - **Hipótesis alternativa (H₁):** La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
 - **Hipótesis nula (H₀):** La utilización de la limadura de hierro No influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
 - **H₁:** Al menos un U_i es #
 - **H₀:** U₁ = U₂ = U₃ = U₄
 - **i :** 1, 2, 3, 4
 - **α :** 5%
 - Muestra aleatoria con distribución normal, varianzas iguales.

4.2.2 Prueba de Normalidad – Shapiro Wilk

a) Absorción

Tabla 52.

Prueba de Normalidad – Absorción de ladrillos

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk)	Muestra Patrón	2.5% Limadura de Hierro	5.0% Limadura de Hierro	7.5% Limadura de Hierro
Nº Datos	5	5	5	5
Promedio (%)	6.52	5.86	5.81	5.74
Varianza (%)	0.21	0.06	0.09	0.18
Desviación Estándar (%)	0.46	0.24	0.29	0.42
Coefficiente de Variación (%)	6.98	4.09	5.06	7.37
Valor estadístico (Shapiro - Wilk)	0.844	0.920	0.904	0.978
Valor crítico (Nivel de sig. 5%)	0.762	0.762	0.762	0.762
P - Valor (Shapiro - Wilk)	0.227	0.475	0.423	0.894

Fuente: Elaboración propia

La prueba de NORMALIDAD da como resultado que los valores estadísticos (Shapiro - Wilk), obtenidos con el software, son mayores al valor crítico (Nivel de sig. 5%) = 0.762, lo cual evidencia que los datos provienen de una distribución normal y permite contractar la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica: Análisis de varianza (ANOVA Unidireccional).

P - Valor (Shapiro-Wilk) > 0.05	→	Datos Normales	Prueba Paramétrica	ANOVA
P - Valor (Shapiro-Wilk) < 0.05	→	Datos no Normales	Prueba no Paramétrica	

b) Densidad
Tabla 53.
Prueba de Normalidad – Densidad de ladrillos

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk)	Muestra Patrón	2.5% Limadura de Hierro	5.0% Limadura de Hierro	7.5% Limadura de Hierro
Nº Datos	5	5	5	5
Promedio (kg/m ³)	2084	2108	2118	2127
Varianza (kg/m ³)	79.02	330.78	277.02	765.11
Desviación Estándar (kg/m ³)	8.89	18.19	16.64	27.66
Coefficiente de Variación (%)	0.43	0.86	0.79	1.30
Valor estadístico (Shapiro - Wilk)	0.855	0.883	0.799	0.928
Valor crítico (Nivel de sig. 5%)	0.762	0.762	0.762	0.762
P - Valor (Shapiro - Wilk)	0.261	0.355	0.078	0.508

Fuente: Elaboración propia

La prueba de NORMALIDAD da como resultado que los valores estadísticos (Shapiro - Wilk), obtenidos con el software, son mayores al valor crítico (Nivel de sig. 5%) = 0.762, lo cual evidencia que los datos provienen de una distribución normal y permite contractar la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica: Análisis de varianza (ANOVA Unidireccional).

P - Valor (Shapiro-Wilk) > 0.05	→	Datos Normales	Prueba Paramétrica	ANOVA
P - Valor (Shapiro-Wilk) < 0.05	→	Datos no Normales	Prueba no Paramétrica	

c) Succión
Tabla 54.
Prueba de Normalidad – Succión de ladrillos

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk)	Muestra Patrón	2.5% Limadura de Hierro	5.0% Limadura de Hierro	7.5% Limadura de Hierro
Nº Datos	5	5	5	5
Promedio (gr/200cm ² - min)	14.88	7.17	6.85	6.02
Varianza (gr/200cm ² - min)	2.27	3.13	3.73	1.42
Desv. Est. (gr/200cm ² - min)	1.51	1.77	1.93	1.19
Coefficiente de Variación (%)	10.13	24.67	28.22	19.82
Valor estadístico (Shapiro - Wilk)	0.839	0.901	0.796	0.780
Valor crítico (Nivel de sig. 5%)	0.762	0.762	0.762	0.762
P - Valor (Shapiro - Wilk)	0.210	0.415	0.089	0.071

Fuente: Elaboración propia

La prueba de NORMALIDAD da como resultado que los valores estadísticos (Shapiro - Wilk), obtenidos con el software, son mayores al valor crítico (Nivel de sig. 5%) = 0.762, lo cual evidencia que los datos provienen de una distribución normal y permite contractar la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica: Análisis de varianza (ANOVA Unidireccional).

P - Valor (Shapiro-Wilk) > 0.05	→	Datos Normales	Prueba Paramétrica	ANOVA
P - Valor (Shapiro-Wilk) < 0.05	→	Datos no Normales	Prueba no Paramétrica	

a) Resistencia a la compresión axial de ladrillos
Tabla 55.
Prueba de Normalidad – Resistencia a la compresión axial de ladrillos

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk)	Muestra Patrón	2.5% Limadura de Hierro	5.0% Limadura de Hierro	7.5% Limadura de Hierro
Nº Datos	5	5	5	5
Promedio (kg/cm ²)	143.35	147.54	152.32	150.85
Varianza (kg/cm ²)	145.31	706.89	114.96	367.73
Desv. Est. (kg/cm ²)	12.05	26.59	10.72	19.18
Coefficiente de Variación (%)	8.41	18.02	7.04	12.71
Valor estadístico (Shapiro - Wilk)	0.981	0.901	0.800	0.850
Valor crítico (Nivel de sig. 5%)	0.762	0.762	0.762	0.762
P - Valor (Shapiro - Wilk)	0.678	0.413	0.093	0.245

Fuente: Elaboración propia

La prueba de NORMALIDAD da como resultado que los valores estadísticos (Shapiro - Wilk), obtenidos con el software, son mayores al valor crítico (Nivel de sig. 5%) = 0.762, lo cual evidencia que los datos provienen de una distribución normal y permite contractar la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica: Análisis de varianza (ANOVA Unidireccional).

P - Valor (Shapiro-Wilk) > 0.05	→	Datos Normales	Prueba Paramétrica	ANOVA
P - Valor (Shapiro-Wilk) < 0.05	→	Datos no Normales	Prueba no Paramétrica	

b) Compresión axial de pilas de ladrillos
Tabla 56.
Prueba de Normalidad – Resistencia a la compresión axial de pilas

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk)	Muestra Patrón	2.5% Limadura de Hierro	5.0% Limadura de Hierro	7.5% Limadura de Hierro
Nº Datos	3	3	3	3
Promedio (kg/cm ²)	44.32	45.56	51.34	48.09
Varianza (kg/cm ²)	10.41	14.39	15.80	7.82
Desv. Est. (kg/cm ²)	3.23	3.79	3.97	2.80
Coefficiente de Variación (%)	7.28	8.33	7.74	5.81
Valor estadístico (Shapiro - Wilk)	0.999	0.986	0.998	0.983
Valor crítico (Nivel de sig. 5%)	0.767	0.767	0.767	0.767
P - Valor (Shapiro - Wilk)	0.915	0.779	0.902	0.744

Fuente: Elaboración propia

La prueba de NORMALIDAD da como resultado que los valores estadísticos (Shapiro - Wilk), obtenidos con el software, son mayores al valor crítico (Nivel de sig. 5%) = 0.767, lo cual evidencia que los datos provienen de una distribución normal y permite contractar la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica: Análisis de varianza (ANOVA Unidireccional).

P - Valor (Shapiro-Wilk) > 0.05	→	Datos Normales	Prueba Paramétrica	ANOVA
P - Valor (Shapiro-Wilk) < 0.05	→	Datos no Normales	Prueba no Paramétrica	

c) Compresión diagonal de muretes
Tabla 57.
Prueba de Normalidad – Resistencia a la compresión diagonal de muretes

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk)	Muestra Patrón	2.5% Limadura de Hierro	5.0% Limadura de Hierro	7.5% Limadura de Hierro
Nº Datos	3	3	3	3
Promedio (kg/cm ²)	9.01	9.50	10.10	9.61
Varianza (kg/cm ²)	0.58	0.26	0.61	1.13
Desv. Est. (kg/cm ²)	0.76	0.51	0.78	1.06
Coefficiente de Variación (%)	8.45	5.34	7.75	11.08
Valor estadístico (Shapiro - Wilk)	0.974	0.866	0.920	0.879
Valor crítico (Nivel de sig. 5%)	0.767	0.767	0.767	0.767
P - Valor (Shapiro - Wilk)	0.654	0.282	0.408	0.312

Fuente: Elaboración propia

La prueba de NORMALIDAD da como resultado que los valores estadísticos (Shapiro - Wilk), obtenidos con el software, son mayores al valor crítico (Nivel de sig. 5%) = 0.767, lo cual evidencia que los datos provienen de una distribución normal y permite contractar la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica: Análisis de varianza (ANOVA Unidireccional).

P - Valor (Shapiro-Wilk) > 0.05	→	Datos Normales	Prueba Paramétrica	ANOVA
P - Valor (Shapiro-Wilk) < 0.05	→	Datos no Normales	Prueba no Paramétrica	

4.2.3 Análisis de varianza

a) Absorción

Tabla 58.

Análisis de varianza – Absorción de ladrillos

Grupos	n	Suma	Promedio	Varianza
Muestra Patrón	5	32.61	6.52	0.21
2.5% Limadura de Hierro	5	29.28	5.86	0.06
5.0% Limadura de Hierro	5	29.05	5.81	0.09
7.5% Limadura de Hierro	5	28.69	5.74	0.18
Total	20	119.63	5.98	0.22

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza da como resultado que existe una recta horizontal que no corta a los cuatro segmentos, lo cual evidencia que las varianzas no son iguales. Además, se pueden observar que la muestra patrón y con 7.5% limadura de hierro, presentan mayor variabilidad en los resultados.

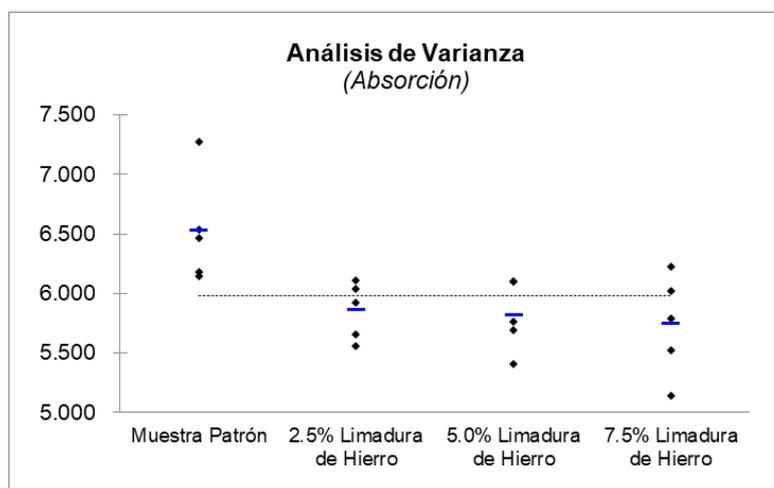


Ilustración 34: Análisis de varianza – Absorción de ladrillos

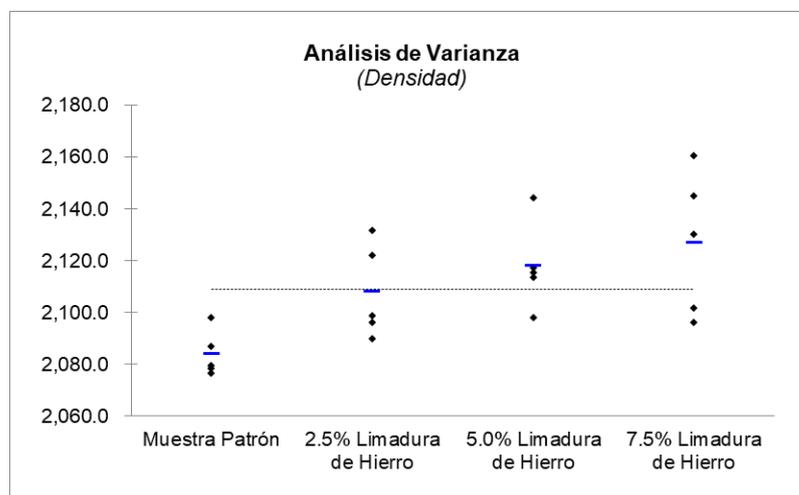
Fuente: Elaboración propia

b) Densidad
Tabla 59.
Análisis de varianza – Densidad de ladrillos

Grupos	n	Suma	Promedio	Varianza
Muestra Patrón	5	10419	2084	79
2.5% Limadura de Hierro	5	10539	2108	331
5.0% Limadura de Hierro	5	10589	2118	277
7.5% Limadura de Hierro	5	10634	2127	765
Total	20	42180	2109	575

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza da como resultado que existe una recta horizontal que no corta a los cuatro segmentos, lo cual evidencia que las varianzas no son iguales. Además, se pueden observar que el grupo con 2.5% y 7.5% limadura de hierro, presentan mayor variabilidad en los resultados.


Ilustración 35: Análisis de varianza – Densidad de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

c) Succión

Tabla 60.

Análisis de varianza – Succión de ladrillos

Grupos	n	Suma	Promedio	Varianza
Muestra Patrón	5	74.42	14.88	2.27
2.5% Limadura de Hierro	5	35.84	7.17	3.13
5.0% Limadura de Hierro	5	34.24	6.85	3.73
7.5% Limadura de Hierro	5	30.09	6.02	1.42
Total	20	174.58	8.73	15.70

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza da como resultado que existe una recta horizontal que no corta a los cuatro segmentos, lo cual evidencia que las varianzas no son iguales. Además, se pueden observar que el grupo con 2.5% y 5.0% limadura de hierro, presenta mayor variabilidad en los resultados.

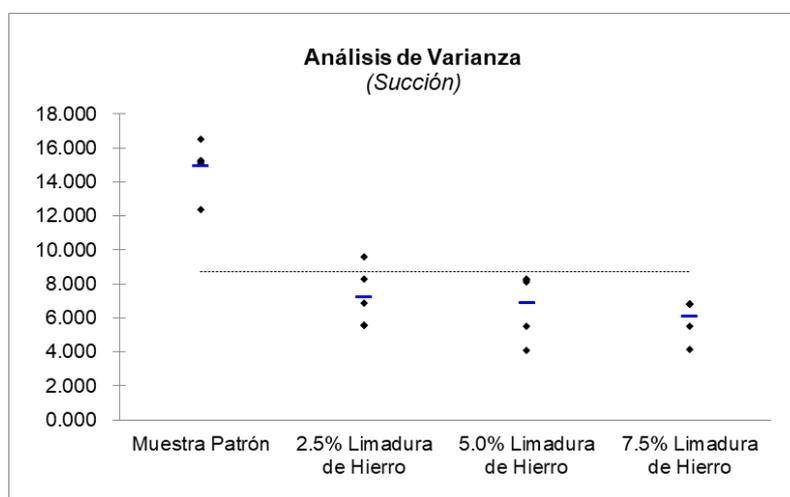


Ilustración 36: Análisis de varianza – Succión de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

d) Resistencia a la compresión axial

Tabla 61.

Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial de ladrillos

Grupos	n	Suma	Promedio	Varianza
Muestra Patrón	5	716.77	143.35	145.31
2.5% Limadura de Hierro	5	737.70	147.54	706.89
5.0% Limadura de Hierro	5	761.61	152.32	114.96
7.5% Limadura de Hierro	5	754.25	150.85	367.73
Total	20	2970.33	148.52	293.54

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza da como resultado que existe una recta horizontal que corta a los cuatro segmentos, lo cual evidencia que las varianzas son iguales. Además, se pueden observar que el grupo con 2.5% y 7.5% limadura de hierro, presentan mayor variabilidad en los resultados.

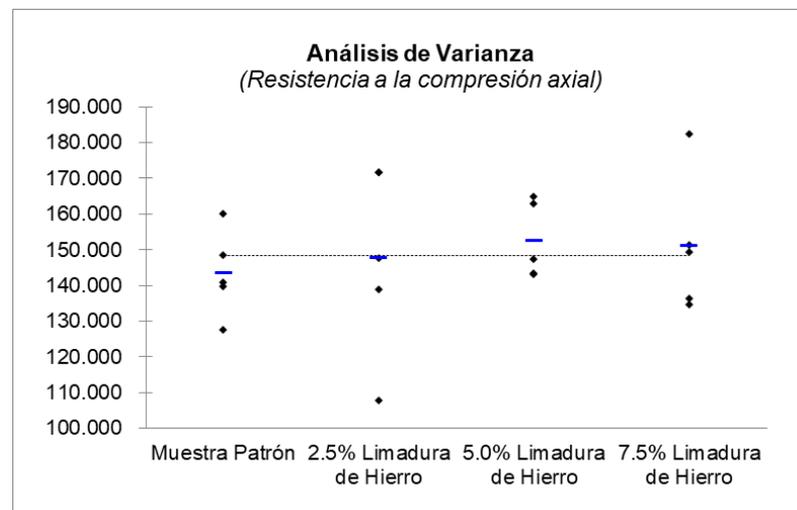


Ilustración 37: Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial

Fuente: Elaboración propia

e) Compresión axial de pilas de ladrillos

Tabla 62.

Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial de pilas

Grupos	n	Suma	Promedio	Varianza
Muestra Patrón	3	132.95	44.32	10.41
2.5% Limadura de Hierro	3	136.68	45.56	14.39
5.0% Limadura de Hierro	3	154.03	51.34	15.80
7.5% Limadura de Hierro	3	144.27	48.09	7.82
Total	12	567.93	47.33	16.68

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza da como resultado que existe una recta horizontal que corta a los cuatro segmentos, lo cual evidencia que las varianzas son iguales. Además, se pueden observar que el grupo con 2.5% y 5.0% limadura de hierro, presentan mayor variabilidad en los resultados.

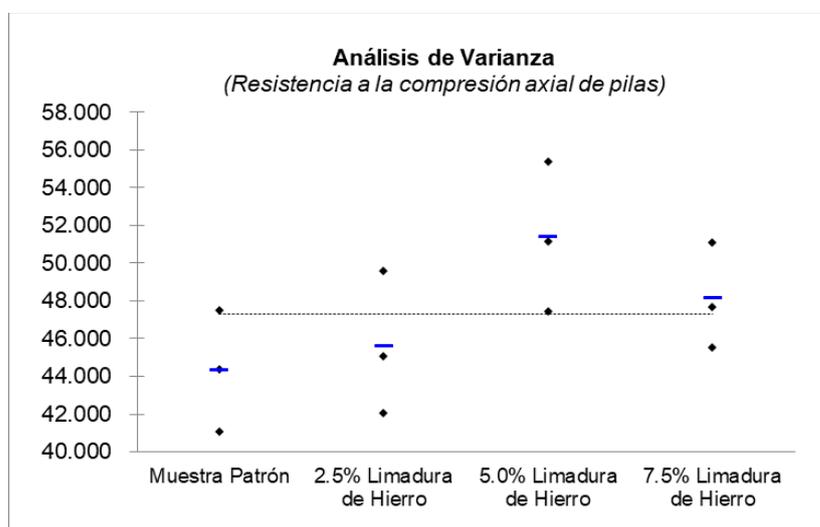


Ilustración 38: Análisis de varianza – Resistencia a la compresión axial de pilas

Fuente: Elaboración propia

f) **Compresión diagonal de muretes**

Tabla 63.

Análisis de varianza – Resistencia a la compresión diagonal de muretes

Grupos	n	Suma	Promedio	Varianza
Muestra Patrón	3	27.04	9.01	0.58
2.5% Limadura de Hierro	3	28.50	9.50	0.26
5.0% Limadura de Hierro	3	30.30	10.10	0.61
7.5% Limadura de Hierro	3	28.83	9.61	1.13
Total	12	114.67	9.56	0.63

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza da como resultado que existe una recta horizontal que corta a los cuatro segmentos, lo cual evidencia que las varianzas son iguales. Además, se pueden observar que el grupo con 5.0% y 7.5% limadura de hierro, presentan mayor variabilidad en los resultados.

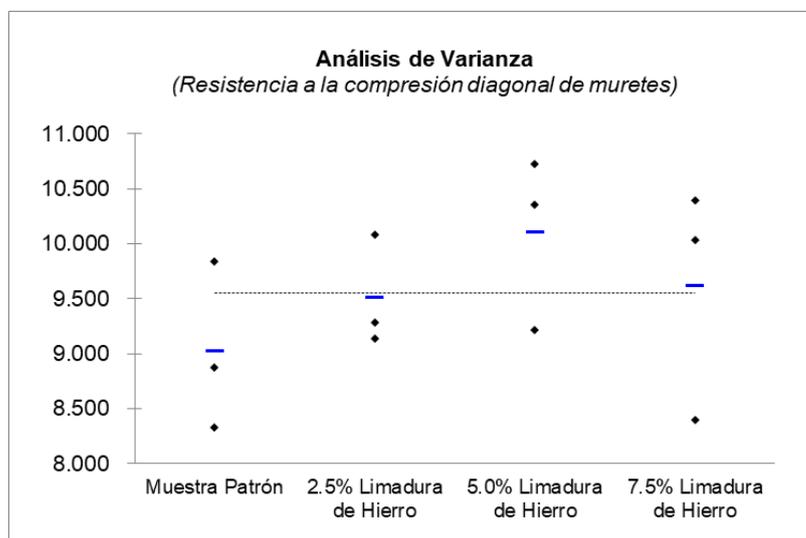


Ilustración 39: *Análisis de varianza – Resistencia a la compresión Diagonal de muretes*

Fuente: *Elaboración propia*

4.2.4 Análisis ANOVA Unidireccional

a) Absorción

Tabla 64.

Análisis ANOVA – Absorción de ladrillos

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	Prob.	Valor crítico para F
Entre grupos	1.977	3	0.659	4.971	0.013	3.239
Dentro de los grupos	2.120	16	0.133			
Total	4.097	19				

Fuente: Elaboración propia

El análisis ANOVA da como resultado que el valor $F = 4.971$ obtenido con el software es mayor al Valor crítico para $F = 3.239$, lo cual permite aceptar la hipótesis alterna (**H₁**) y se rechaza la hipótesis nula (**H₀**).

- **Hipótesis alternativa (H₁):** La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
- **Hipótesis nula (H₀):** La utilización de la limadura de hierro No influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

b) Densidad

Tabla 65.

Análisis ANOVA – Densidad de ladrillos

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	Prob.	Valor crítico para F
Entre grupos	5115.229	3	1705.076	4.697	0.015	3.239
Dentro de los grupos	5807.701	16	362.981			
Total	10922.930	19				

Fuente: Elaboración propia

El análisis ANOVA da como resultado que el valor $F = 4.697$ obtenido con el software es mayor al Valor crítico para $F = 3.239$, lo cual permite aceptar la hipótesis alterna (**H₁**) y se rechaza la hipótesis nula (**H₀**).

- **Hipótesis alternativa (H₁):** La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
- **Hipótesis nula (H₀):** La utilización de la limadura de hierro No influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

c) **Succión**

Tabla 66.

Análisis ANOVA – Succión de ladrillos

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	Prob.	Valor crítico para F
Entre grupos	256.099	3	85.366	32.344	0.000	3.239
Dentro de los grupos	42.229	16	2.639			
Total	298.329	19				

Fuente: Elaboración propia

El análisis ANOVA da como resultado que el valor $F = 4.697$ obtenido con el software es mayor al Valor crítico para $F = 3.239$, lo cual permite aceptar la hipótesis alterna (**H₁**) y se rechaza la hipótesis nula (**H₀**).

- **Hipótesis alternativa (H₁):** La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
- **Hipótesis nula (H₀):** La utilización de la limadura de hierro No influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

d) Resistencia a la compresión axial de ladrillos

Tabla 67.

Análisis ANOVA – Resistencia a la compresión axial de ladrillos

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	Prob.	Valor crítico para F
Entre grupos	237.688	3	79.229	0.237	0.869	3.239
Dentro de los grupos	5339.556	16	333.722			
Total	5577.244	19				

Fuente: Elaboración propia

El análisis ANOVA da como resultado que el valor $F = 0.869$ obtenido con el software es menor al Valor crítico para $F = 3.239$, lo cual permite rechazar la hipótesis alterna (**H₁**) y se acepta la hipótesis nula (**H₀**).

- **Hipótesis alternativa (H₁):** La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
- **Hipótesis nula (H₀):** La utilización de la limadura de hierro No influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

e) Compresión axial de pilas de ladrillos

Tabla 68

Análisis ANOVA – Resistencia a la compresión axial de pilas

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	Prob.	Valor crítico para F
Entre grupos	86.680	3	28.893	2.387	0.145	4.066
Dentro de los grupos	96.823	8	12.103			
Total	183.503	11				

Fuente: Elaboración propia

El análisis ANOVA da como resultado que el valor $F = 2.387$ obtenido con el software es menor al Valor crítico para $F = 4.066$, lo cual permite rechazar la hipótesis alterna (**H₁**) y se acepta la hipótesis nula (**H₀**).

- **Hipótesis alternativa (H₁):** La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
- **Hipótesis nula (H₀):** La utilización de la limadura de hierro No influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

f) **Compresión diagonal de muretes**

Tabla 69.

Análisis ANOVA – Resistencia a la compresión diagonal de muretes

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	Prob.	Valor crítico para F
Entre grupos	1.784	3	0.595	0.921	0.473	4.066
Dentro de los grupos	5.166	8	0.646			
Total	6.950	11				

Fuente: Elaboración propia

El análisis ANOVA da como resultado que el valor $F = 0.921$ obtenido con el software es menor al Valor crítico para $F = 4.066$, lo cual permite rechazar la hipótesis alterna (**H₁**) y se acepta la hipótesis nula (**H₀**).

- **Hipótesis alternativa (H₁):** La utilización de la limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.
- **Hipótesis nula (H₀):** La utilización de la limadura de hierro No influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente.

CAPÍTULO 5 : DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 Discusión

a) Características físicas de los agregados

En la Tabla 70 se especifica las propiedades físicas del agregado fino y grueso más importantes, las cuales son necesarias para una buena elaboración del diseño de mezcla. Los resultados obtenidos fueron evaluados según los parámetros de la norma establecida NTP 400.037, de tal manera que se verifique el cumplimiento de la calidad del agregado, como se visualiza en la ilustración 40.

Tabla 70.

Resultados de las características físicas de los agregados

Ensayo	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
Granulometría	Ver ilustración 40	Ver Ilustración 23	-
Módulo de finura	2.94	5.31	-
Tamaño máximo nominal	-	3/8	(Pulg.)
Peso específico aparente	2718	2707	(Kg/m ³)
Peso unitario suelto	1733	1462	(Kg/m ³)
Peso unitario compactado	1840	1520	(Kg/m ³)
Porcentaje de absorción	1.28	3.14	(%)
Contenido de humedad	0.94	0.47	(%)

Fuente: Elaboración propia

El análisis granulométrico es de importancia para mostrar la gradación del material, en el caso que las partículas tuvieran un mismo tamaño, llegaría a causar una mala acomodación del material que repercute en el concreto dándole un aumento de porosidad y a la vez una decadencia de su resistencia a la compresión.

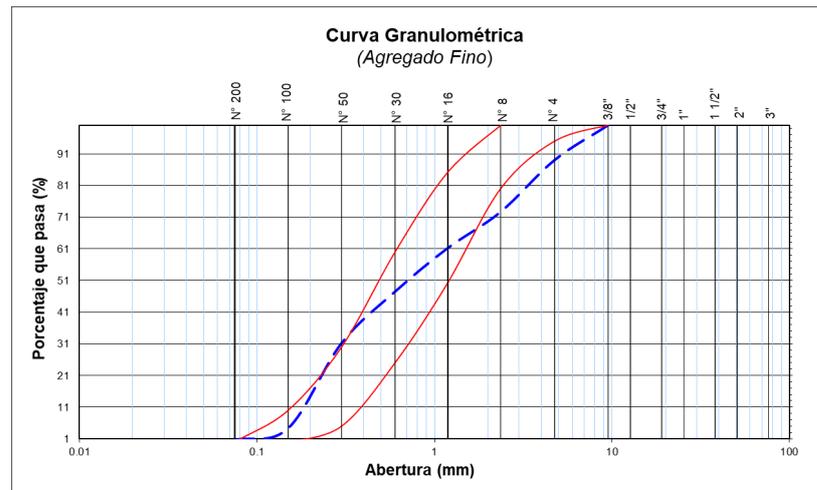


Ilustración 40: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

El módulo de finura representa el tamaño medio del árido, de tal manera si el módulo de finura es más pequeño, se le adicionará mayor cantidad de agua en el diseño. La norma NTP 400.037 recomienda que el módulo de finura del agregado fino se encuentre entre 2.3 – 3.1. Además, cabe indicar que la norma, nos dice que en caso de las gradaciones del agregado fino no cumpla, tiene que existir estudios que nos diga que con el material producido genere un concreto de resistencia requerida. Siendo el caso de la presente investigación, ya que la granulometría del agregado fino no cumple con la gradación, pero si cumple con el módulo de finura, ya que es de 2.94 y a la vez produce un concreto con la resistencia requerida, por lo tanto, es adecuado para el diseño de mezcla del concreto (Ver tabla 70).

De igual manera, para agregado grueso, la norma NTP 400.037 nos indica que en caso de que no cumpla las gradaciones, se permitirá el uso de este agregado la cual asegure un concreto con su resistencia requerida. Por lo tanto, nuestro ensayo cumple con los límites granulométricos del Huso 89 y a la vez produce un concreto con la resistencia requerida, lo cual es adecuado para el diseño de mezcla del concreto.

Según la norma NTP 339.185, el contenido de humedad de los agregados no posee un rango establecido, pero se recomienda que los resultados estén por debajo de los valores obtenidos en el ensayo de absorción. En la Tabla 91, se observa que el porcentaje de humedad del agregado fino y del agregado grueso, es menor a los valores obtenidos por el ensayo de absorción, lo cual evidencia que el resultado cumple con la recomendación de la norma.

En la tabla 70, se aprecia los resultados del ensayo de peso específico de los agregados, donde se deduce la calidad del material, si tiene baja densidad significa que el material es poroso, débil y de alta absorción. El peso específico del agregado fino fue de 2.718 gr/cm³ y del agregado grueso de 2.707 gr/cm³, donde según Rivera G. (2013) la mayoría de agregados tiene una densidad entre 2.4 – 2.8 gr/cm³, los cuales fueron ensayados según la norma NTP 400.022 – 400.021 respectivamente.

Los valores del peso unitario suelto y compactado de los agregados nos sirven para determinar las transformaciones peso/volumen en el diseño de mezcla de los ladrillos de concreto. Obteniendo como valores que el peso unitario suelto del agregado fino fue de 1733 kg/m³ y su peso compactado de 1840 kg/m³; en cuanto al peso unitario suelto del agregado grueso fue de 1462 kg/m³ y su peso compactado fue de 1520 kg/cm³, los cuales según Fernanda C. (2013) los pesos unitarios de los agregados normales esta entre 1000 kg/m³ a 2000 kg/m³, con lo cual se obtienen concretos livianos.

b) Características físicas de la limadura de hierro

Según los resultados obtenidos, la granulometría y el módulo de finura de la limadura de hierro son similares al agregado fino, ya que es de 2.21 y del agregado de 2.94, lo cual evidencia su similitud granulometría y módulo de finura. En cuanto al peso específico, se observa que la limadura de hierro es más pesada que los agregados, ya que tiene un valor de 3260 kg/m³ y el agregado fino y grueso tienen valores de 2718 kg/m³ y 2707 kg/m³. De igual manera su peso unitario volumétrico es superior a 2000 kg/cm³, lo cual también lo clasifica como un material pesado.

Tabla 71.

Características físicas de la limadura de hierro

Ensayo	Resultado	Unidad
Granulometría	Ver Ilustración 24	-
Módulo de finura	2.21	-
Peso específico de masa	3260	(Kg/m ³)
Peso unitario volumétrico	2428	(Kg/m ³)

Fuente: Elaboración propia

c) Diseño de mezcla de las unidades de albañilería de concreto

Actualmente no se cuenta con un método específico para el diseño de mezcla de ladrillos de concreto, sin embargo, SENCICO (2007), considera que la dosificación depende esencialmente de dos condiciones: la resistencia final requerida y las propiedades particulares de los agregados y su comportamiento en la mezcla. Por ello, en la presente investigación se utilizó el método de “Modulo de fineza de la combinación de agregados”, ya que este método es un complemento de los métodos de diseño utilizados, puesto que en su mayoría utiliza también algunas tablas dadas por el ACI, sin embargo este método evalúa la granulometría del agregado mediante su curva granulométrica, y lo controla con el módulo de finura que es un parámetro de mucha ayuda, de manera tal que permite a la mezcla dar una trabajabilidad adecuada, y en estado endurecido obtener un concreto compacto, con la menor cantidad de cemento posible.

Para el diseño se tuvo como requerimiento un slump de 0” a 1”, para obtener una consistencia seca y una resistencia mínima de 130 kg/cm². De manera similar, para agregar la limadura de hierro a la mezcla, se calculó el peso seco del agregado fino y se corrigió el agua, manteniendo constante el peso del cemento y del agregado grueso.

d) Diseño de mezcla del mortero

Para el diseño analítico del mortero se utilizó el agregado fino, utilizado en diseño de mezcla de los ladrillos de concreto, además del cemento portland tipo I y el agua potable. El diseño analítico se realizó para un mortero tipo P2 con una proporción en volumen 1:4 (cemento: arena), tal como recomienda la Norma E.070, para muros portantes de albañilería.

e) Elaboración de unidades de la albañilería de concreto

Los ladrillos de concreto se fabricaron con las dimensiones más usadas en el mercado: 9x13x24cm, alto, ancho, largo respectivamente, las cuales se usan para asentar el ladrillo de cabeza y soga. La resistencia de diseño fue de $f'_b = 130$ kg/cm², que es una resistencia mínima para un ladrillo tipo IV, según la Norma E.070. Con lo cual se fabricaron 308 ladrillos de concreto, los cuales 77 unidades fueron de la muestra patrón y 231 unidades con limadura de hierro (2.5%, 5% y 7.5%).

f) Características físicas de las unidades de albañilería de concreto

• **Variación dimensional**

En la ilustración 41, se muestra las variaciones dimensionales de las unidades de albañilería de concreto respecto al largo, ancho y alto, donde las dimensiones del fabricante son de 240mm, 130mm, y 90mm respectivamente.

Además, según San Bartolomé (1994), menciona que es necesario realizar este ensayo porque con este se determina el espesor que debe tener la junta en la albañilería, la cual también dice que mientras mayor sea el espesor de junto la resistencia a compresión y corte disminuye.

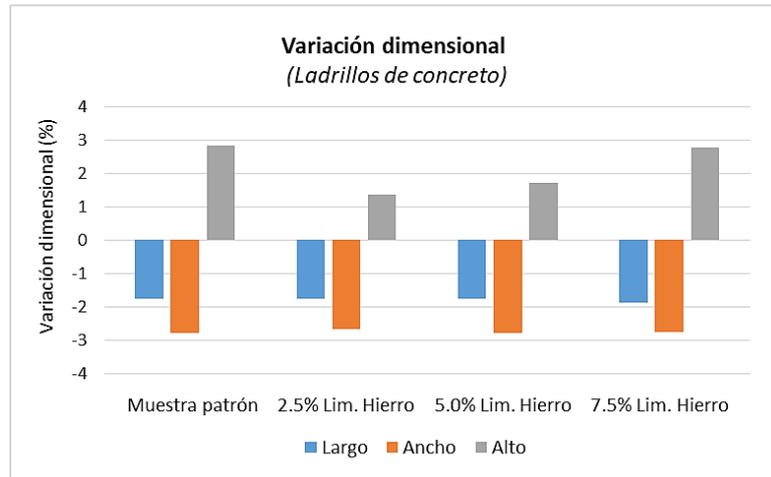


Ilustración 41: Variación dimensional vs Porcentaje de limadura de hierro

- **Alabeo**

En la ilustración 42, se observa que la muestra con 2.5% y 5% de limadura de hierro presentan un menor alabeo, mientras que las muestras con 0% y 7.5% de limadura de hierro presentan un alabeo mucho mayor.

San Bartolomé (1994), menciona que si el alabeo es mayor ya sea cóncavo o convexo, este puede disminuir la adherencia con el mortero porque forma vacíos en las zonas más alabeadas y talvez halla fallas de tracción o flexión en la unidad de albañilería.

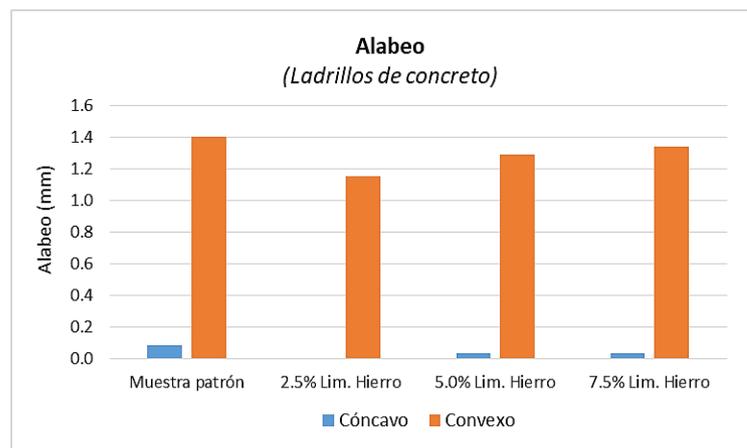


Ilustración 42: Alabeo vs Porcentajes de limadura de hierro

- **Absorción**

En la ilustración 43, nos muestra el porcentaje promedio de absorción de las unidades de albañilería de concreto, donde la muestra patrón tuvo 6.52% y la muestras con 7.5% de limadura de hierro tuvo 5.74%.

Según la norma E070 (2006), menciona que, para aceptar la unidad, su absorción no debe ser mayor al 12% para concreto portante o al 15% para concreto no portante.

De la misma manera, Gallegos & Cassabone (2005), indica que la absorción en los ladrillos de concreto es de 10 – 18 % para unidades fabricadas artesanales o semindustriales con escaso control, la cual lo considerada como un mal resultado y de 8 – 12 % para unidades fabricadas industrialmente con buen control, que lo considera un resultado medio.

Por lo que se puede decir que nuestro ensayo de absorción presenta un buen porcentaje respecto a la norma E0.70 y Gallegos&Cassabone.

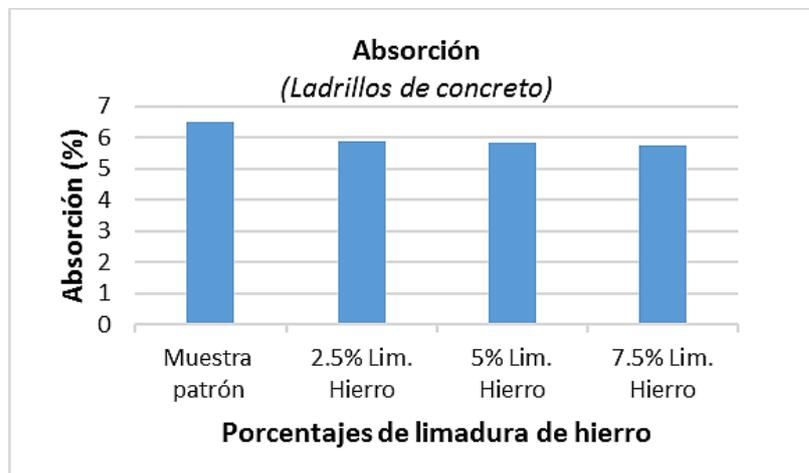


Ilustración 43: Absorción vs Porcentajes de limadura de hierro

- **Densidad**

En la ilustración 44, nos indica la densidad de las unidades donde la muestra patrón tuvo la menor densidad que fue de 2.08 gr/cm³ y la muestras con 7.5% de limadura de hierro tuvo una densidad de 2.12 gr/cm³.

Gallegos & Cassabone (2005), indica que la densidad en los ladrillos de concreto su rango es de 1600-1800kg/m³ para unidades fabricadas artesanales o semindustriales con escaso control y de 500-2300kg/m³ para unidades fabricadas industrialmente con buen control.

De tal manera, los datos obtenidos en la investigación del ensayo de densidad se pueden decir que es un rango bueno. Además, se puede observar que la limadura de hierro no altera en gran tamaño su densidad.

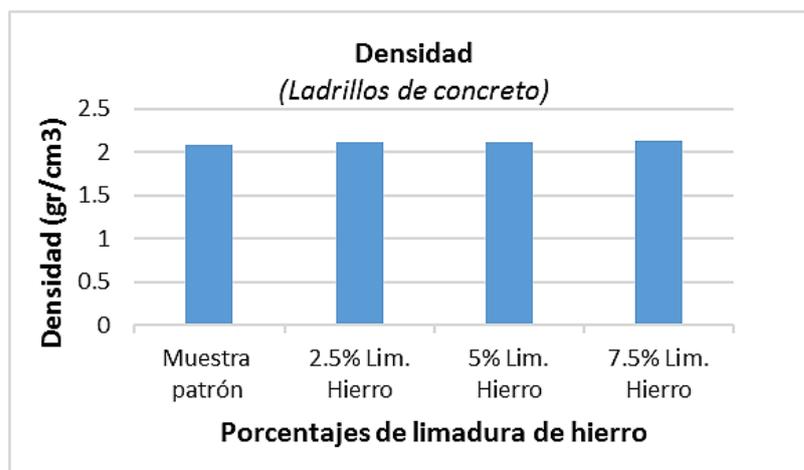


Ilustración 44: Densidad vs Porcentajes de limadura de hierro

- **Succión**

Para la ilustración 45, se tuvo la succión promedio de las unidades, donde para la muestra patrón se tuvo la máxima succión de 14.88 gr/200cm²-min y para la muestra con 7.5% de limadura de hierro se tuvo 6.02 gr/200cm²-min. De tal manera, se puede decir que al adicionar la limadura de hierro disminuye la propiedad de succión del ladrillo de concreto.

Gallegos & Cassabone (2005), indica que la succión en los ladrillos de concreto su rango es 10 a 30 gr/200cm²-min para unidades fabricadas artesanales o semindustriales e industrialmente.

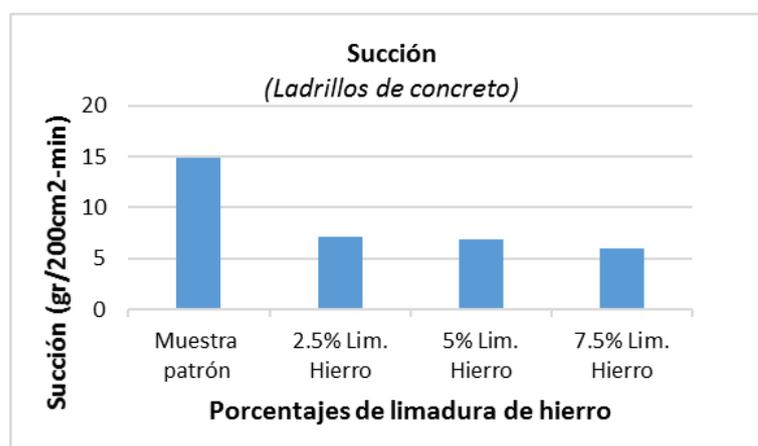


Ilustración 45: Succión vs Porcentajes de limadura de hierro

g) Característica mecánica del mortero

- **Resistencia a la compresión axial del mortero**

La resistencia a la compresión axial promedio del mortero utilizado en el asentamiento de las unidades de albañilería de concreto, es de 215.27 kg/cm², después de los 28 días de curado, lo cual es mayor a la resistencia de los ladrillos, cumpliendo con la Norma E.070, ya que es requisito que la resistencia del mortero sea igual o mayor que la de los ladrillos.

h) Características mecánicas de las unidades de albañilería de concreto

• Resistencia a la compresión axial de ladrillos

En la ilustración 46, se observa los resultados de la resistencia a la compresión axial promedio de los ladrillos, los cuales fueron curados y ensayados a los 28 días, donde la muestra patrón tuvo una resistencia de 143.35 kg/cm² y la muestra con 5% de limadura de hierro se tuvo una resistencia de 152.32 kg/cm², siendo esta la máxima con relación a las demás.

Gallegos & Cassabone (2005), indica que la resistencia en los ladrillos de concreto debe estar entre 2 – 6 MPa para unidades fabricadas artesanales o semindustriales con escaso control y 6 – 28 MPa para unidades fabricadas industrialmente con buen control.

De tal forma, nuestros ladrillos de concreto fueron elaborados artesanalmente, lo cual se puede decir que presenta una adecuada resistencia según Gallegos & Cassabone.

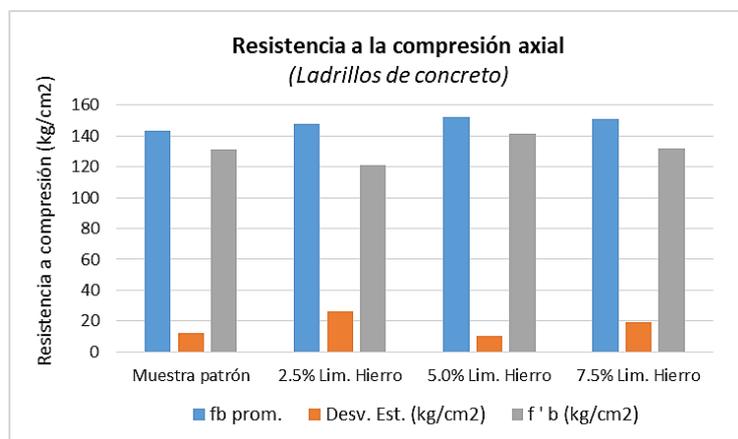


Ilustración 46: Resistencia a compresión vs Porcentajes de limadura de hierro

- **Compresión axial de pilas de ladrillos**

En la ilustración 47, se detalla los resultados de la resistencia a la compresión axial promedio de pilas de ladrillos, donde para la muestra patrón se tuvo una resistencia de 44.32 kg/cm² y para la muestra con 5% de limadura de hierro tuvo una resistencia de 51.34 kg/cm², por lo que se puede decir que la muestra con 5% de limadura de hierro se tuvo una mejora con respecto a la muestra patrón.

Según la norma E0.70 (2006), nos menciona recomendaciones a seguir para ensayar las pilas de ladrillos, donde dice que los prismas pueden ensayarse máximo a 28 días, pero no menor a 14 días, lo cual si se ensaya en días de 14 y 21 días se deberá tomar un factor indicado en la tabla para poder incrementar su resistencia.

De tal manera, este ensayo se realizó teniendo en cuenta lo estipulado en la norma, lo cual se procedió a ensayarla en 28 días, para no alterar o incrementar con un factor a dicha resistencia.

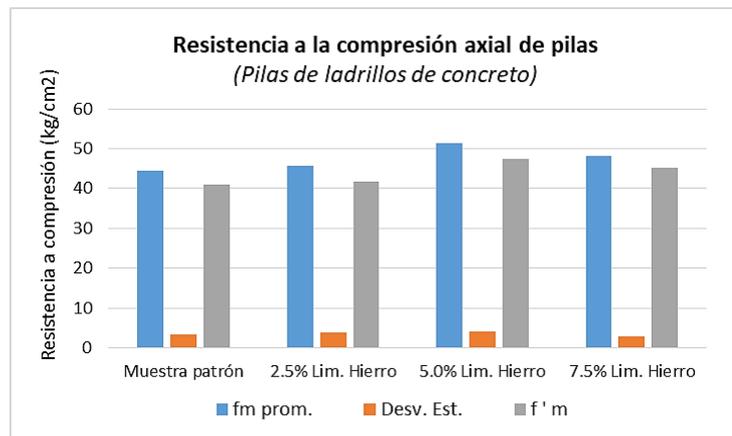


Ilustración 47: Resistencia a compresión en pilas vs Porcentajes de limadura de hierro

- **Compresión diagonal de muretes**

En la ilustración 48, se observa los resultados de la compresión diagonal promedio de los muretes, donde la muestras patrón tuvo una resistencia 9.01 kg/cm² y la muestra de 5% de limadura de hierro tuvo una resistencia de 10.10 kg/cm².

Según la norma E0.70 (2006), nos menciona recomendaciones a seguir para ensayar los muretes de ladrillos, donde no indica que los muretes se pueden ensayarse máximo a 28 días, pero no menor a 14 días, lo cual si se ensaya en días de 14 y 21 días se deberá tomar un factor indicado en la tabla para poder incrementar su resistencia, también nos señala que el valor para diseño ($V'm$) no debe ser mayor a $\sqrt{f'm}$ (kg/cm²).

Se puede decir que los valores obtenidos de la resistencia del murete llegan a lo estipulado en la norma E0.70.

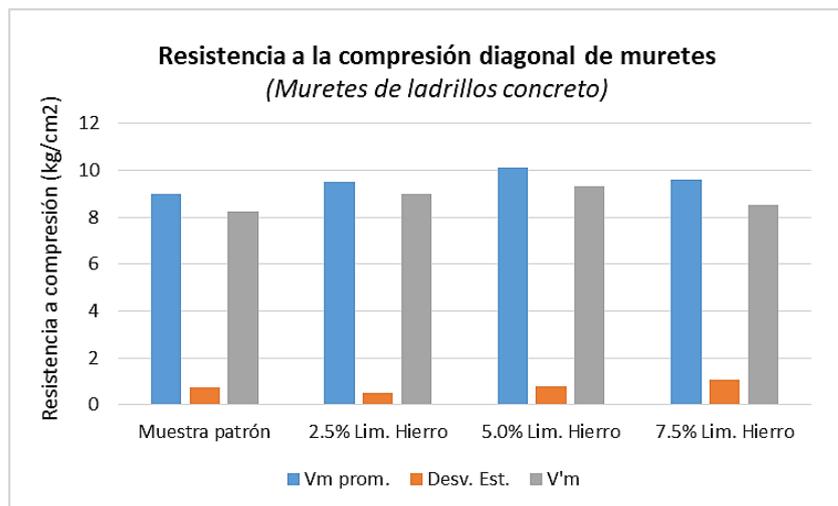


Ilustración 48: Resistencia a compresión diagonal en muretes vs Porcentajes de limadura de hierro

5.2 Conclusiones

1. La limadura de hierro influye significativamente en las propiedades físicas del ladrillo de concreto, debido a que en el análisis de datos se acepta la hipótesis, pero para el caso de las propiedades mecánicas lo rechaza.
2. El diseño de mezcla se realizó por el método de modulo fineza de combinación de agregados para una resistencia a la compresión de $f'c = 130\text{Kg/cm}^2$ (Ladrillo Tipo IV), con adiciones de 2.5%, 5.0% y 7.5%, de limadura de hierro el cual fue reemplazado con respecto al peso del agregado fino.
3. Se fabricó 308 unidades de albañilería con dimensiones de 9 x 13 x 24 cm, utilizando cemento Tipo I y adicionando a la mezcla 0% 2.5%, 5% y 7.5%.de limadura de hierro.
4. La variación dimensional de la muestra con 5% de limadura de hierro presenta una variación de -1.76%, -2.78% y 1.71% respecto a su largo, ancho y alto, con un coeficiente de variación de 0.08, 0.46 y 0.61% respectivamente, lo cual lo clasifica como un ladrillo tipo IV según la Norma E.070.

El alabeo de la muestra con 5% de limadura de hierro tiene una concavidad de 0.03mm y una convexidad de 1.29mm, este ensayo influye en la resistencia ya que mientras mayor sea el espesor del mortero su resistencia disminuirá, también esta muestra clasifica para un ladrillo tipo IV según la Norma E.070.

La absorción de la muestra con 5% de limadura de hierro tiene un promedio de 5.8% con un coeficiente de variación de 5.06%, la cual es menor a 12% según la Norma E.070.

La densidad de la muestra con 5% de limadura de hierro tiene un promedio de 2118 kg/m³ con un coeficiente de variación de 0.79%.

La succión de la muestra con 5% de limadura de hierro tiene un promedio de 6.85 gr/200cm²-min con un coeficiente de variación de 28.22%.

La resistencia axial del mortero tiene un promedio de 215.27 kg/cm² con un coeficiente de variación de 5.21%, donde se utilizó cemento tipo I para el

diseño y su resistencia debe ser igual o mayor a la resistencia del ladrillo, según la norma E.070 es un mortero Tipo P2.

La resistencia a la compresión axial del ladrillo con 5% de limadura de hierro tiene un promedio de 152.32 kg/cm² con un coeficiente de variación de 7.04%, clasificándose según la norma E.070 como un ladrillo tipo IV.

La resistencia axial de pilas del ladrillo con 5% de limadura de hierro tiene un promedio de 51.34 kg/cm² con un coeficiente de variación de 7.74%.

La resistencia diagonal en muretes con 5% de limadura de hierro tiene un promedio de 10.10 kg/cm² con un coeficiente de variación de 7.75%, la cual es mayor a lo sugerido por el diseño, lo que nos dice que soporta cargas dinámicas.

5. Se verifico que la muestra con 5% de limadura de hierro cumple con los parámetros mínimos establecidos por la norma E070, debido a que los resultados de compresión simple, pilas y diagonal, se obtuvieron valores mayores a lo indicado por la norma.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear el ladrillo de concreto con 5% de limadura de hierro porque con dicho porcentaje se obtuvo mejores resultados.
2. En Trujillo existen muchas ladrilleras artesanales no solo para unidades de concreto sino también de arcilla, las cuales no presentan fichas técnicas de la calidad de sus unidades, por lo que puede repercutir en su resistencia en futuras edificaciones, por ello se realizó su dosificación para que sirva como guía.
3. La albañilería es un tema importante, ya que mayormente las viviendas en zonas de bajos recursos hacen uso de este elemento, por lo que sería bueno complementar el estudio es un sistema de escala real y poder visualizar su comportamiento.
4. Para futuros estudiantes, que tengan interés en implementar nuevas adiciones reciclables, así como la limadura de hierro que viene a ser un desecho para las empresas que trabajan con el acero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, O. (2017). *Resistencia mecánica del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de fibras de acero Dramix y Sika* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Aceros Arequipa. (15 de octubre de 2018). *Los tipos de concreto y sus usos* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.construyendoseguro.com/los-tipos-de-concreto-y-sus-usos/>
- Aguilar, V. (2013). *Estimación de la resistencia al corte de muros de albañilería armada. Estudio comparativo y uso de redes neuronales artificiales* (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Angarita, P. y Rincón, H. (2017). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionado con viruta de acero en porcentajes de 10 y 12 % respecto al agregado fino de la mezcla* (tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia.
- Anyaypoma, L. (2015). *Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba* (tesis de pregrado). Universidad Nacional De Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- ASTM C140 (2011). *Ensayo para determinar la resistencia a la compresión de bloques de concreto, adoquines y ladrillos* (2). Recuperado de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/ensayos/3-concreto/3.21-25.pdf>
- Boni, R., Britez, C. y Helene, P. (2018). *Control de la resistencia a compresión del concreto: análisis comparativo entre los procedimientos propuestos de por la ABNT, ACI y EN*. Revista ALCONPAT, 8 (3), pp. 333-346.
- Castañeda, R. (2018). *Influencia de la adición de fibra de acero y plastificante en la resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo – 2018* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

- Chávez, J. (2014). *Resistencia a la compresión de un concreto con adición de limaduras de hierro fundido* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Durand, R. y Leiva, D. (2018). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto, reemplazando el agregado fino por viruta de acero en porcentajes de 7 %, 8 % y 9 % con respecto de un concreto patrón, con agregados de las canteras de Vicho y Cunya* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Fernanda, C. (2014). *Tecnología del Hormigón*. Santa fe, Colombia: Universidad Tecnología Nacional de Santa fe.
- Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural*. Lima, Perú: Fondo editorial PUCP.
- García, R., Bolívar, R., y Flórez, E. (2016). *Validación de las propiedades físico-mecánicas de bloques H-10 fabricados en Ocaña Norte de Santander y la región*. Revista INGENIO UFPSO, 10, pp.17-26.
- González, E. y Mendiola, L. (2015). *Evaluación de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla recocida, elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México*. Revista Ingeniería, 19 (02), pp. 91-101.
- Gonzales, J. (Julio de 2003). *Diseño alternativo para mezclas de concreto, como solución al problema de agregados marginales en la ciudad de Tarapoto*. Colegio de Ingenieros del Perú. Conferencia llevado a cabo en el XIV Congreso Nacional De Ingeniería Civil, Tarapoto, Perú.
- Grupo Argos (s.f.). *¿Qué es el concreto reforzado con fibras?* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-concreto-reforzado-con-fibras>
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima, Perú: Fondo editorial PUCP.

- Ingeniería civil notas y apuntes. (21 de febrero de 2015). *Ensayo de consistencia del concreto* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://ingcivil-notasapuntes.blogspot.com/2015/02/ensayo-de-consistencia-del-concreto.html>
- Mamlouk, M. y Zaniewski, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. España: Prentice Hall.
- Mármol, P. (2010). Hormigones con fibra de acero – Características mecánicas (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Medina, E. y Huarca, J. (2017). *Evaluación de las variaciones de resistencia a flexión por adherencia, compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con ladrillo tipo bloque asentados con morteros normalizados tipo P2 y NP según la norma E.070* (tesis de pregrado). Universidad Andina De Cusco, Cusco, Perú
- Montalvo, M. (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales* (tesis de pregrado). Universidad Católica del Perú, Lima. Perú.
- Nilson, A. (2000). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá, Colombia: Mc Graw-Hill.
- Noticias 2D (2017). *La importancia del concreto en la construcción: diferencias respecto a hormigón y cemento*. Recuperado de <https://www.noticias2d.com/2017/03/02/la-importancia-del-concreto-en-la-construccion-diferencias-respecto-a-hormigon-y-cemento/>
- NTP 334.009 (2005). *Cementos Portland*. Lima, Perú.
- NTP 334.051 (1998). *Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland cubos de 50mm de lado*. Lima, Perú.
- NTP 399.601 (2015). *Ladrillos de concreto*. Lima, Perú.
- NTP 399.604 (2002). *Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. Lima, Perú.

- NTP 399.605 (2013). *Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería*. Lima, Perú.
- NTP 399.621 (2004). *Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. Lima, Perú.
- NTP 400.012 (2001). *Análisis granulométrico y módulo de finura*. Lima, Perú.
- NTP 400.037 (2014). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima, Perú.
- Núñez, K. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Pacheco, G. (2016). *Resistencia a compresión axial del concreto $f'c=175$ kg/cm² incorporando diferentes porcentajes de viruta de acero ensayadas a diferentes edades*, UPN – 2016 (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Peralta, C. (s.f.). *Propiedades principales del concreto fresco*. Recuperado de https://www.academia.edu/7813086/PROPIEDADES_PRINCIPALES_DEL_CONCRETO_FRESCO
- Pérez, L. (2015). *Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca., Cajamarca, Perú.
- Polanco, A. (s.f.). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Tecnología del Concreto*. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Quintana, C. y Valencia, Plinio. (2016). *Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Concreto Armado – Norma E.060*. Lima, Perú.

- Rivva, E. (1996). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: Fondo editorial ICG
- Rivva, E. (2002). *Concretos de alta resistencia*. Lima, Perú: Fondo editorial ICG
- Rivera, G. (s.f.). *Concreto simple*. Cauca, Colombia: Universidad de Cauca.
- Róseo, A. y Bezerra, A. (2015). *Concreto con adición de fibras para confección de anillos prefijados segmentados para revestimiento de túnel de metro*. Revista Materia, 23 (3).
- San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de albañilería*. Lima, Perú: Fondo editorial PUCP.
- Sarta, H, y Silva, J. (2017). *Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6% (tesis de pregrado)*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Subramani, T, y Ravi, G. (2015). *Investigación experimental de agregados gruesos con escoria de acero en concreta*. Revista IOSR Diario de ingeniería (IOSRJEN), 5 (3), pp. 64-73.
- UNICON (2018). *Bloques de concreto*. Recuperado de <http://www.unicon.com.pe/principal/categoria/5-4-bloques-koncreto/303/c-303>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas (s.f.). *Especificaciones técnicas para construcción de viviendas*. Recuperado de <https://sites.google.com/a/correo.udistrital.edu.co/manualviviendas/2-especificaciones-tecnicas-de-construccion/Cimentacion/e-concreto-ciclopeo>
- Universidad Nacional del Altiplano de Puno (2015). *Bloques de Hormigón*. Puno, Perú.
- UMACON (2017). *Los 10 Principales Tipos de Hormigón y sus Aplicaciones*. Recuperado de <http://www.umacon.com/noticia.php/es/principales-10-aplicaciones-y-tipos-de-hormigon/428>

UMACON (2017). *¿Qué es el cemento Portland?* Recuperado de <http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-cemento-portland-tipos-y-caracteristicas/413>

Vera, E. (2015). *Resistencia a compresión axial del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de diferentes porcentajes de viruta metálica*, UPN – 2015 (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

ANEXOS

ANEXO N°01: PROCESAMIENTO

Procedimiento de recolección de datos

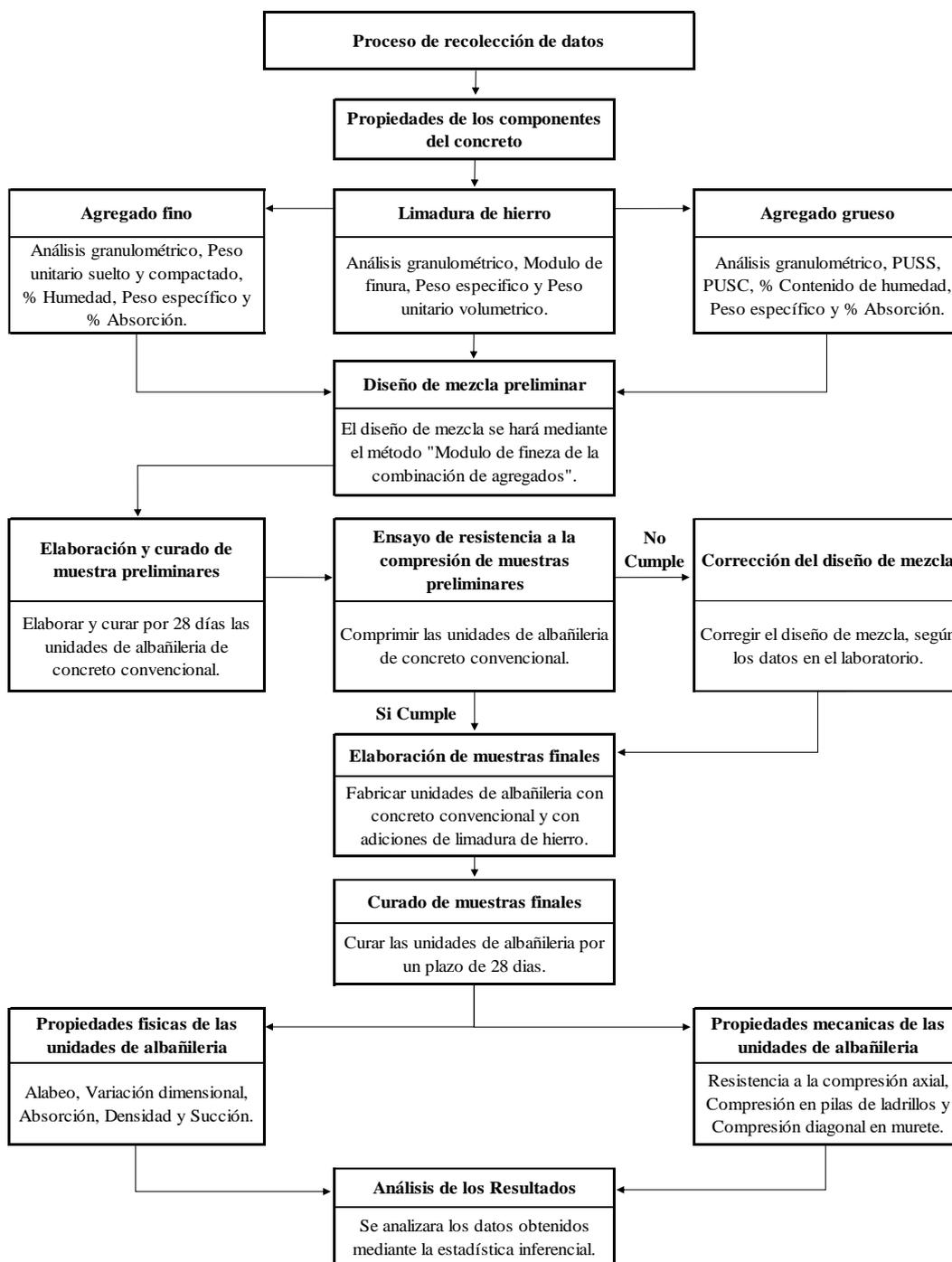


Ilustración 49: Diagrama del proceso de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia (2020)

Materia prima

La materia prima se obtuvo de diferentes lugares de la ciudad de Trujillo. Los agregados fino y grueso se obtuvieron de la Cantera Los Mellizos, ubicada cerca del Ovalo Huanchaco. La limadura de hierro se obtuvo de las empresas manufactureras (tornos) ubicados en el Mercado Mayorista, al igual que el cemento de las ferreterías.

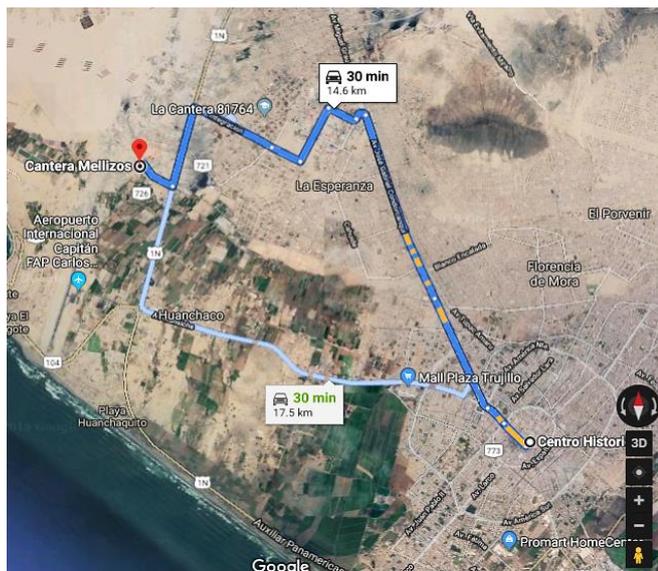


Ilustración 50: Ubicación de la Cantera Los Mellizos - Trujillo

Fuente: Google Maps (2020)

Cemento

El cemento utilizado para la elaboración de diseño de mezcla es el cemento portland Tipo I suministrado por Cementos Pacasmayo, el cual es un cemento de uso general, porque no posee propiedades especiales y cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

Agregados

Los agregados fino y grueso se obtuvieron de la Cantera Los Mellizos, ubicado cerca del Ovalo Huanchaco – Trujillo. Se obtuvieron 1m³ de agregado grueso (arena fina) y 1m³ de agregado grueso (confitillo). Para posteriormente realizar los ensayos en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

Agua

Para la mezcla de concreto y para el curado de las unidades de albañilería de concreto se utilizó agua potable, ya que esta cumplía con los límites permisibles mencionados en las Normas NPT 339.088 y ASTM C-1602.

Limadura de hierro

El material utilizado para la presente investigación, fue obtenido de las empresas manufactureras (tornos) ubicadas en Mercado El Mayoristas del Distrito de Trujillo. Se obtuvieron 45 kg de limadura de hierro con diámetros menores a 1 mm, ya que al ser tamizados por la malla N°100, pasaba toda la muestra.

Características físicas de los agregados

Análisis Granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)

Procedimiento:

- Se colocó 3 kg de agregado fino en el horno a una temperatura de 110 °C \pm 5 °C, por un periodo de 24 horas.
- Se esparció el agregado sobre la superficie limpia de manera circular; para proceder con el cuarteo de la muestra. Se procede a repartir el material en 4 partes de las cuales se cogió las dos que se encuentra a ambos extremos.
- Se tomó tres muestras de 1 kg de agregado fino.
- Luego se colocó los tamices en orden decreciente según el tamaño de abertura (desde el N° 3/8” hasta el N° 200), luego se echó la muestra de 1 kg y de procedió a efectuar la operación de tamizado manual, durante un tiempo adecuado hasta obtener un peso constante en cada tamiz.
- Luego se pesó la cantidad retenida de agregado en cada tamiz, en una balanza analítica de 0.1 gramos. Este proceso se realizó tres veces.
- El módulo de finura se calculó con la siguiente formula:

Ecuación 31: Módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Peso ret. acumulado (N}^\circ \text{ 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100)}}{100}$$

Tabla 72.

Análisis granulométrico del agregado fino

Nº	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa	Graduación
3/8"	9.50					
4	4.75					
8	2.36					
16	1.18					
30	0.60					
50	0.30					
100	0.15					
200	0.08					
	Fondo					
	Total					

Fuente: Elaboración propia

Análisis Granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)

Procedimiento:

- Se colocó 6 kg de agregado grueso en el horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, por un periodo de 24 horas.
- Se esparció el agregado sobre la superficie limpia de manera circular; para proceder con el cuarteo de la muestra. Se procede a repartir el material en 4 partes de las cuales se cogió las dos que se encuentra a ambos extremos.
- Se tomó tres muestras de 2 kg de agregado grueso.

- Luego se colocó los tamices en orden decreciente según el tamaño de abertura (desde el N°1/2” hasta el N°16), luego se echó la muestra de 1 kg y de procedió a efectuar la operación de tamizado manual, durante un tiempo adecuado hasta obtener un peso constante en cada tamiz.
- Luego se pesó la cantidad retenida de agregado en cada tamiz, en una balanza analítica de 0.1 gramos.
- Este proceso se realizó tres veces.

Ecuación 32: Módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Peso ret. acumulado (N}^\circ \text{ 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100)}}{100}$$

Tabla 73.

Análisis granulométrico de agregado grueso

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa	Graduación
	1/2"	12.70				
	3/8"	9.50				
	4	4.75				
	8	2.36				
	16	1.18				
	30	0.60				
	50	0.30				
	100	0.15				
	200	0.08				
	Fondo					
	Total					

Fuente: Elaboración propia

Material más fino que pasa por el tamiz N°200 (NTP 400.018)

Procedimiento:

- El método utilizado fue lavado con agua, para ello se secó la muestra a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. por 24 horas.
- Después, se extrajo la muestra y se vertió sobre el tamiz N° 16 y tamiz N°200, el tamiz N° 16 sobre el tamiz N° 200 a fin de evitar dañar el tamiz N° 200.
- Luego se adicionó agua suficiente para cubrirla y se agitó la muestra hasta extraer el agua totalmente limpia, con la finalidad de extraer todo el material fino.
- Seguido, se retornó todo el material retenido en los tamices mediante un chorro de agua, depositamos este material en un recipiente.
- Después se secó la muestra por 24 horas en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Por último, se retiró el agregado y se pesó el material seco.
- Este procedimiento se repitió tres veces.

Ecuación 33: Material más fino que pasa por el tamiz N°200

$$A \% = \frac{P_s - P_v}{P_s} \times 100$$

Donde:

A%: Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz N° 200 (%).

Ps: Peso de la muestra seca (gr).

Pv: Peso de la muestra luego del lavado (gr).

Tabla 74.

Material más fino que pasa por el tamiz N°200

Ensayo	1	2	3
Peso de la muestra seca (gr)			
Peso de la muestra luego del lavado (gr)			
Porcentaje de material más fino que pasa por el tamiz N° 200 (%)			
Promedio (%)			

Fuente: Elaboración propia

Peso específico y Absorción del agregado fino (NTP 400.022)

Procedimiento:

- Se secó el agregado fino por 24 horas a temperatura promedio de 110°C.
- Luego se sumergió el agregado fino en un recipiente con agua, durante 24 horas aproximadamente. Teniendo en cuenta que el agua debe estar al menos 2cm por encima de la superficie del agregado fino.
- Después de las 24 horas se decantó la muestra para dejar solo la muestra de agregado. Seguidamente se procedió a pesar cada una de las muestras.
- Luego se extendió el material sobre una superficie plana o bandeja; que serán secados con cuidado en la estufa, en nuestro se secó con los rayos del sol, controlando que las muestras no superen el estado SSS deseado.
- Casi para finalizar, se colocó la muestra en un molde cónico y se consolida con 25 golpes con el pisón por cada capa, seguido se levanta el molde verticalmente.
- Después se levantó verticalmente el molde cónico cuando el agregado fino estuvo en el momento deseado, se procedió a pesar toda la muestra.
- Este ensayo se realiza hasta lograr que el agregado fino no se derrumbe completamente, ya que esto indica que se ha alcanzado la condición de material saturado con superficie seca.

- Para el segundo paso, se llenó en la fiola, 500 gramos de la muestra de agregado fino, la cual estaba en condición de material saturado con superficie seca (SSS).
- Luego se procedió a llenar con agua la fiola hasta la marca de 500 cm³ y se empezó agitar cuidadosamente el frasco con el agua y el agregado fino, con la finalidad de que los materiales se homogenicen y que asciendan las burbujas hacia la superficie.
- Después se rellenó la fiola hasta la marca de 500 cm³ del frasco y se dejó reposar.
- Por último, obtuvimos y anotamos los datos del ensayo. Además, se recuperó el agregado fino, decantando el agua con sumo cuidado y secó la muestra en un horno a temperatura constante. También se determinó la masa de la fiola llena de agua a una temperatura ambiente (21 °C).

Ecuación 34: Peso específico de masa

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

Ecuación 35: Peso específico saturado con superficie seca

$$P_{esss} = \frac{500}{V - V_a}$$

Ecuación 36: Peso específico aparente

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

Ecuación 37: Porcentaje de absorción

$$Ab \% = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

W_o: Peso en el aire de la muestra seca (gr).

V_a: Volumen del agua añadida al frasco (gr).

V: Volumen del frasco (cm³).

Tabla 75.

Peso específico y absorción del agregado fino

Ensayo	1	2	3	Promedio
Peso de muestra seca al horno (gr)				
Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)				
Peso de frasco + agua (gr)				
Peso de frasco + muestra saturada con superficie seca + agua (gr)				
Peso específico de masa (gr/cm ³)				
Peso específico con superficie seca (gr/cm ³)				
Peso específico aparente (gr/cm ³)				
Absorción (%)				

Fuente: Elaboración propia

Peso específico y Absorción del agregado grueso (NTP 400.021)

Procedimiento:

- Primero se procedió a secar la muestra por 24 horas en el horno, a una temperatura de 110C.
- Pasado las 24 horas, se colocó la muestra en un recipiente de metal, se llenó con agua hasta cubrir 2cm por encima de la superficie del agregado grueso y se dejó reposar 24 horas.
- Después de las 24 horas, se pasó a decantar el agua y se colocó el agregado en una fuente grande de metal, donde con la ayuda de trapos industriales ayudamos a acelerar su secado del material.
- Una vez el material en su estado SSS, se pesó el material, que este caso fue nuestro peso B.
- Después de haber pesado, se colocó el agregado en la canastilla de alambre y se sumergió en el agua y se tomó el peso C.

- Seguido se retiró el agregado del agua, se decantó el agua, se colocó la muestra en una fuente de acero y se dejó secar la muestra por 24 horas
- Después de las 24 horas se tomó el peso A del agregado grueso.
- Con las siguientes fórmulas se determinó el peso específico y absorción.

Ecuación 38: Peso específico de masa

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación 39: Peso específico saturado con superficie seca

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C}$$

Ecuación 40: Peso específico aparente

$$P_{ea} = \frac{W_o}{A - C}$$

Ecuación 41: Porcentaje de absorción

$$Ab \% = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca al aire (gr).

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca al aire (gr).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

Tabla 76.

Peso específico y absorción del agregado grueso (confitillo)

Ensayo	1	2	3	Promedio
Peso de muestra seca al horno (gr)				
Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)				
Peso de muestra saturada dentro del agua (gr)				
Peso específico de masa (gr/cm ³)				
Peso específico con superficie seca (gr/cm ³)				
Peso específico aparente (gr/cm ³)				
Absorción (%)				

Fuente: Elaboración propia

Peso unitario suelto del agregado fino y grueso (NPT 400.017)

Procedimiento:

- Se pesó el recipiente vacío.
- Luego se llenó el recipiente con agua y se tomó el peso, lo cual sirvió para calcular el volumen del recipiente.
- Luego se empezó a llenar el recipiente con uno de los agregados de manera helicoidal hasta el borde del mismo por tres veces consecutivas.
- Posteriormente se pesó el recipiente junto con la muestra, para lograr obtener el peso suelto.
- Este procedimiento se realizó para ambos agregados.

Ecuación 42: Volumen del recipiente

$$PUS = \frac{W - M}{D}$$

Dónde:

V: Volumen del recipiente (m³).

W: Masa del agua y recipiente (Kg).

M: Masa del recipiente (Kg).

D: Densidad del agua para la temperatura medida (Kg/m³).

Ecuación 43: Peso unitario suelto

$$PUS = \frac{Gs - T}{V}$$

Dónde:

PUS: Peso unitario suelto (Kg/m³).

Gs: Peso del recipiente más el agregado (Kg).

T: Peso del recipiente (Kg).

V: Volumen del recipiente (m³).

Tabla 77.

Peso unitario suelto del agregado fino y grueso

Ensayo	Agregado fino			Agregado grueso		
	1	2	3	1	2	3
Volumen del recipiente (m ³)						
Peso del recipiente (kg)						
Peso del recipiente + muestra (kg)						
Peso unitario suelto (kg/m ³)						
Promedio (kg/m ³)						

Fuente: Elaboración propia

Peso unitario compacto del agregado fino y grueso (NPT 400.017)

Procedimiento:

- Se pesó el recipiente vacío.
- Luego se llenó el recipiente con agua y se tomó el peso, lo cual sirvió para calcular el volumen del recipiente.
- Segundo, se llenó el recipiente con uno de los agregados, en tres capas a un tercio de altura cada una. En cada capa se apisonó con la barrilla de metal 25 veces, con la finalidad de compactar el material.
- Después se pesó el recipiente con el agregado compactado, para poder obtener el peso compactado del agregado.
- Este procedimiento se realizó para ambos agregados.

Ecuación 44: Volumen del recipiente

$$V = \frac{W - M}{D}$$

Dónde:

V: Volumen del recipiente (m³).

W: Masa del agua y recipiente (Kg).

M: Masa del recipiente (Kg).

D: Densidad del agua para la temperatura medida (Kg/m³).

Ecuación 45: Peso unitario compactado

$$PUCS = \frac{Gc - T}{V}$$

Dónde:

PUCS Peso unitario compactado. (Kg/m³).

Gc: Peso del recipiente más el agregado (Kg).

T: Peso del recipiente (Kg).

V: Volumen del recipiente (m³).

Tabla 78.

Peso unitario compactado del agregado fino y grueso

Ensayo	Agregado fino			Agregado grueso		
	1	2	3	1	2	3
Volumen del recipiente (m ³)						
Peso del recipiente (kg)						
Peso del recipiente + muestra (kg)						
Peso unitario compactado (kg/m ³)						
Promedio (kg/m ³)						

Fuente: Elaboración propia

Contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185)

Procedimiento:

- Se pesó la muestra (se tomaron 3 muestras con cada peso indicado), en una balanza con una precisión del 0.1%.
- Se colocaron las tres muestras en una fuente metálica y se le introdujo al horno con una temperatura promedio de 110°C durante 24 horas.
- Después de las 24 horas se retiraron las muestras del horno con ayuda de un guante de seguridad y se deja enfriar por un tiempo determinado.
- Seguidamente se procedió a pesar cada una de las muestras para luego obtener su peso seco sin incluir el peso del recipiente.
- Finalmente se realizaron los cálculos de contenido de humedad (%) de las 3 muestras para luego obtener un promedio representativo.
- Se determinó el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 46: Porcentaje de humedad

$$W \% = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Dónde:

W%: Porcentaje de humedad (%).

Ph: Peso natural del material (kg).

Ps: Peso seco del material (kg).

Tabla 79.

Contenido de humedad del agregado fino y grueso

Ensayo	1	2	3
Peso de recipiente + muestra húmeda (gr)			
Peso de recipiente + muestra seca (gr)			
Contenido de humedad (%)			
Promedio (%)			

Fuente: Elaboración propia

Características físicas de la limadura de hierro

Análisis Granulométrico de la limadura de hierro (NTP 400.012)

Procedimiento:

- Se colocó 3 kg de limadura de hierro en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 24 horas.
- Luego, se esparció la limadura de hierro sobre la superficie limpia de manera circular; para proceder con el cuarteo de la muestra. Se procede a repartir el material en 4 partes de las cuales se cogió las dos que se encuentra a ambos extremos.
- Se tomó tres muestras de 1 kg de limadura de hierro.
- Luego se colocó los tamices en orden decreciente según el tamaño de abertura (desde el N° 4 hasta el N° 200), después se echó la muestra de 1 kg y de procedió a efectuar la operación de tamizado manual, durante un tiempo adecuado hasta obtener un peso constante en cada tamiz.
- Luego se pesó la cantidad retenida en cada tamiz, en una balanza analítica de 0.1 gramos. Este proceso se realizó tres veces.
- El módulo de finura se calculó con la siguiente formula:

Ecuación 47: Módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{Peso ret. acumulado (N}^\circ \text{ 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100)}}{100}$$

Tabla 80.

Análisis granulométrico de la limadura de hierro

Nº	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa	Graduación
3/8"	9.50					
4	4.75					
8	2.36					
16	1.18					
30	0.60					
50	0.30					
100	0.15					
200	0.08					
	Fondo					
	Total					

Fuente: Elaboración propia

Peso específico de la limadura de hierro (NTP 400.022)

Procedimiento:

- Se determinó aplicando el principio de desplazamiento volumétrico, para lo cual se introdujo a la fiola 500 gramos de limadura de hierro.
- Luego se procedió a llenar con agua la fiola hasta la marca de 500 cm³ y se empezó agitar cuidadosamente el frasco con el agua y limadura de hierro, con la finalidad de que los materiales se homogenicen y que asciendan las burbujas hacia la superficie.

- Después se rellenó la fiola hasta la marca de 500 cm³ del frasco y se dejó reposar.
- Por último, obtuvimos y anotamos los datos del ensayo y determinamos la temperatura del agua (21°C).

Tabla 81.

Peso específico de la limadura de hierro

Ensayo	1	2	3	Promedio
Peso de muestra (gr)				
Peso de frasco + muestra (gr)				
Peso de frasco + muestra + agua (gr)				
Peso específico (gr/cm ³)				
Absorción (%)				

Fuente: Elaboración propia

Peso unitario de la limadura de hierro (NPT 400.017)

Procedimiento:

- Se pesó el recipiente vacío.
- Luego se llenó el recipiente con agua y se tomó el peso, lo cual sirvió para calcular el volumen del molde.
- Luego se empezó a llenar el recipiente con la limadura de hierro de manera helicoidal hasta el borde del mismo por tres veces consecutivas.
- Posteriormente se pesó el recipiente junto con la muestra, para lograr obtener el peso suelto.
- Este procedimiento se realizó para ambos agregados.

Ecuación 48: Volumen del recipiente

$$V = \frac{W - M}{D}$$

Dónde:

V: Volumen del recipiente (m³).

W: Masa del agua y recipiente (Kg).

M: Masa del recipiente (Kg).

D: Densidad del agua para la temperatura medida (Kg/m³)

Ecuación 49: Peso unitario

$$PUSS = \frac{Gs - T}{V}$$

Dónde:

PUSS: Peso unitario suelto (Kg/m³).

Gs: Peso del recipiente más la muestra (Kg).

T: Peso del recipiente (Kg).

V: Volumen del recipiente (m³).

Tabla 82.

Peso unitario de la limadura de hierro

Ensayo	1	2	3
Volumen del recipiente (m ³)			
Peso del recipiente (kg)			
Peso del recipiente + muestra (kg)			
Peso unitario (kg/m ³)			
Promedio (kg/m ³)			

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla de unidades de albañilería de concreto

Actualmente no se cuenta con un método específico para el diseño de mezcla de ladrillos de concreto, solo se cuenta con los métodos que se utilizan para el diseño de concretos convencionales. Sin embargo, SENCICO (2007), considera que la dosificación depende esencialmente de dos condiciones: la resistencia final requerida y las propiedades particulares de los agregados y su comportamiento en la mezcla.

Por ello, en la presente investigación se utilizará el método de “Modulo de fineza de la combinación de agregados”, ya que toma al agregado como variable principal, evaluando íntegramente su granulometría a efectos de poder optimizar sus propiedades. Define el agua de mezcla empíricamente en función del Tamaño Máximo del agregado y del slump (asentamiento) como medida de trabajabilidad; asimismo, establece de manera empírica el volumen de los agregados en función de su granulometría y módulo de fineza, y correlaciona la relación agua/cemento en peso con la resistencia en compresión.

El diseño determina las proporciones de los componentes de una mezcla de concreto para ciertas características deseadas. Este cálculo es estimado, ya que el diseño se puede refinar y ajustar, según los resultados obtenidos en el laboratorio.

El procedimiento de diseño de mezcla se resume en nueve pasos, los cuales se muestra a continuación:

1. Elección del asentamiento
2. Elección del tamaño máximo de agregado
3. Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire
4. Selección de la relación agua- cemento
5. Cálculo del contenido de cemento
6. Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados
7. Estimación del contenido de agregado fino
8. Estimación del contenido de agregado grueso
9. Ajuste por humedad del agregado

Elaboración de las unidades de albañilería de concreto

Las unidades de albañilería de concreto serán fabricadas de acuerdo a las Normas Peruanas NTP 339.005 y NTP 339.007: “Elementos de concreto. Ladrillos y bloques usados en albañilería”.

Procedimiento:

Mezclado y moldeado

- Se calculó los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad.
- Luego, se procedió a pesar las dosificaciones de cemento, agregado fino, agregado grueso (confitillo), agua y limadura de hierro, según el porcentaje correspondiente a cada diseño de mezcla.
- Después, se procedió a mezclar los materiales en la mezcladora, que inicialmente se humedeció. Primero, se agregó todo el agregado grueso, todo el agregado fino y un 40% de agua y se dejó mezclar por un par de minutos. Segundo, se procedió verter el cemento mezclado con la limadura de hierro y lo restante del agua, luego se deja mezclar por tres minutos más; hasta observar una mezcla uniforme de los agregados.
- Después de ello, se vació la mezcla sobre la bandeja de metal previamente humedecida.
- Se procedió a llenar el molde metálico por capas conforme se fue vibrando. El vibrado se mantuvo hasta observar una película de agua en la superficie. Luego, el desmolde se realizó con cuidado sobre una superficie plana, evitando golpear la unidad.
- Seguido, se retiró el molde de la mesa vibradora y se llevó a desmoldar el ladrillo con mucho cuidado de no deformarlo, en un lugar libre de humedad y sol. Luego se dejó reposar por 24 horas.

Curado

- Transcurridas las 24 horas, después de elaborar los ladrillos se codificó correctamente según el porcentaje de limadura de hierro.

- Luego, se procedió al curado de los ladrillos por inmersión, para ello se sumergió los ladrillos necesarios para los ensayos en una piscina llena de agua durante 28 días.

Almacenado

- Los ladrillos se acopiaron apilados bajo techo, donde la altura de pilas no superó 1.50 m como es lo recomendado.

El procedimiento de la elaboración de los ladrillos de concreto se resume en el siguiente flujograma:

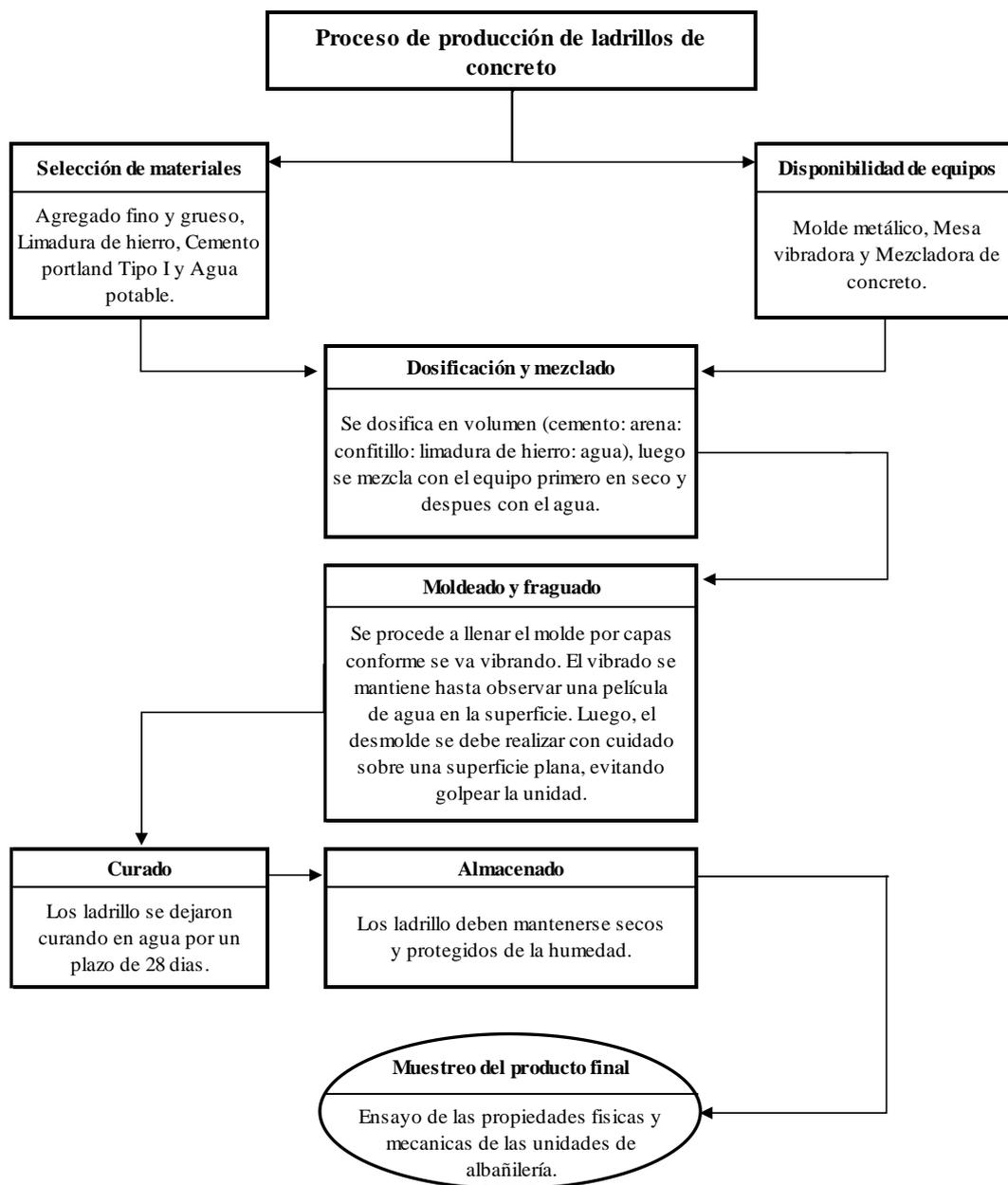


Ilustración 51: Flujograma de proceso de proceso de ladrillo de concreto

Fuente: Adaptado de Arrieta y Peñaherrera (2001)

Características físicas de las unidades de albañilería de concreto

Los ensayos de las propiedades físicas de las unidades de albañilería se realizaron a los 28 días de curado, de acuerdo a los siguientes procedimientos:

Variación dimensional (NTP 399.613)

Procedimiento:

- Se midió la parte media de las tres medidas del ancho, alto y largo de cada unidad de ladrillo con una precisión de 0.01 mm.
- Luego se obtuvo la medida promedio de cada una de las dimensiones para cada unidad de ladrillo, previamente codificada.
- Por último, la variación dimensional se calculó de la siguiente manera:

Ecuación 50: Variación dimensional

$$V \% = \frac{Me - Mp}{Me} \times 100$$

Donde:

V%: Variación dimensional (%).

Me: Medida especificada por el fabricante (mm).

Mp: Medida promedio (mm).

Tabla 83.

Ensayo de variación dimensional

N° Muestra	Dimensión real														
	Largo (mm)					Altura (mm)					Ancho (mm)				
	1	2	3	4	Lp	1	2	3	4	Hp	1	2	3	4	Ap

Fuente: Elaboración propia

Alabeo (NTP 399.613)

Procedimiento:

- Para realizar el ensayo de alabeo de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, primero se colocó la regla metálica en cada una de las caras del ladrillo, de tal forma que esta vaya de una arista a la otra opuesta diagonalmente.
- Luego se midió con la cuña metálica con precisión al milímetro en la zona más alabeada, correspondiente a la superficie de asentado del espécimen.
- El alabeo de la unidad se tomó como el valor promedio y se expresó en milímetros.

Tabla 84.

Ensayo de alabeo

N° Muestra	Cara Inferior (mm)		Cara Superior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo

Fuente: Elaboración propia

Absorción (NTP 399.604)

Procedimiento:

- Se puso a secar al horno las unidades de albañilería por 24 horas, a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Luego se pesó y se obtuvo el peso en estado seco.
- Después se sumergió las unidades de albañilería en agua fría durante 24 horas, luego se retiró del agua y se registró su peso saturado.
- La absorción está expresada en porcentaje, según la siguiente fórmula:

Ecuación 51: Absorción

$$Ab \% = \frac{Ws - Wd}{Wd} \times 100$$

Donde:

Ab%: Porcentaje de absorción (%).

Wd: Peso seco al horno del espécimen (gr).

Ws: Peso saturado del espécimen (gr).

Tabla 85.

Ensayo de absorción

N° Muestra	Muestra Seca (gr)	Muestra Saturada (gr)	Peso de Agua (gr)	Absorción (%)
---------------	----------------------	--------------------------	----------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

Densidad (NTP 399.604)

Procedimiento:

- Se secó el ladrillo por 24 horas en el horno, a una temperatura de 110°C ± 5°C.
- Luego de 24 horas, se retiró el ladrillo y se pesó.
- Seguido se colocó el ladrillo en un recipiente llenó con agua hasta cubrir 2cm por encima de su superficie y se dejó reposar por 24 horas.
- Después de 24 horas, se colocó el ladrillo en la canastilla de alambre y se sumergió en el agua y se tomó el peso.
- Seguido, se retiró el ladrillo de la canastilla y se secó el agua superficial con un trapo húmedo y se pesó.
- Por último, se determinó su volumen y su densidad de acuerdo a las siguientes formulas.

Ecuación 52: Densidad

$$D = \frac{Wd}{Ws - Wi} \times 1000$$

Donde:

D: Densidad del espécimen (kg/m³).

Wd: Peso seco al horno del espécimen (gr).

Ws: Peso saturado del espécimen (gr).

Wi: Peso sumergido del espécimen (gr).

Tabla 86.

Ensayo de densidad

Ensayo	1	2	3	4	5
Peso seco al horno del espécimen (gr)					
Peso saturado del espécimen (gr)					
Peso sumergido del espécimen (gr)					
Volumen (cm ³)					
Densidad (gr/cm ³)					
Promedio (gr/cm ³)					

Fuente: Elaboración propia

a) Succión (NTP 399.613)

Procedimiento:

- Se secaron los ladrillos por 24 horas en el horno, a una temperatura de 110°C ± 5°C.
- Después de 24 horas, se retiraron los ladrillos y se pesaron.
- Luego con un vernier se midió el largo, el ancho y las sesiones vacías de la superficie de los ladrillos que estarán en contacto con el agua.
- Seguidamente, se coloca el recipiente sobre una superficie horizontal y se procedió a nivelar el fondo del recipiente con un nivel de burbuja.

- Al mismo instante se colocó dos soportes de acero de 5 mm de grosor, sobre el recipiente y se vertió agua hasta que su nivel esté 3mm por encima de los soportes de acero.
- Luego, se colocó los ladrillos encima de los soportes, durante 1 minuto y se mantuvo el nivel de agua en el original agregando agua según sea necesario.
- Por último, se retiraron los ladrillos de la bandeja, se secó el agua superficial con un trapo húmedo y se registró su peso.
- La succión es expresada por las siguientes ecuaciones:

Ecuación 53: Succión

$$S = \frac{P2 - P1}{A} \times 200$$

Donde:

S: Succión (gr/200 cm² - min).

P2: Peso del espécimen luego de la inmersión en agua (gr).

P1: Peso del espécimen seco (gr).

A: Área de contacto del espécimen con el agua (cm²).

Tabla 87.

Ensayo de succión

N° Muestra	Dimensiones		Sección vacía		Área	Área	Peso	Peso	Succión (gr/200cm ² -min)
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Secciones (N°)	Área c/u (mm ²)	bruta (cm ²)	neta (kg)	seco (gr)	húmedo (gr)	

Fuente: Elaboración propia

Características mecánicas del mortero

El diseño de mortero se realizó analíticamente, con los datos obtenidos de los ensayos de las propiedades del agregado fino, cemento portland tipo I y agua potable. De acuerdo a la Norma NTP 334.051, diseño para muros portantes por lo que, el mortero es el tipo P2, en proporciones de 1:0:4 (cemento: cal: arena). Ver diseño de mortero en el Anexo N°4.

Resistencia a compresión axial del mortero (NTP 334.051)

Procedimiento:

- Se tomó el mortero usado en la construcción de pilas y muretes, para muros portantes con dosificación 1:4 (cemento: arena).
- Luego se limpió y humedeció las paredes de molde de madera, con dimensiones de 5x5x5cm.
- Seguidamente se vertió el mortero hasta llenar las 2/3 de la altura de cada una de las cinco celdas del molde.
- Después con la ayuda del pistón, se procedió a dar 25 golpes por cada celda.
- Se vertió nuevamente una segunda capa de mortero a cada una de las celdas, hasta llenarlos completamente, luego con ayuda del pistón se procedió a compactar con 25 golpes más por cada celda y se enrazó con una regla metálica la parte superior.
- Luego de 24 horas se desencofró los cubos de mortero y se sumergió en agua para ser curados por un plazo de 28 días.
- Por último, se retiraron del agua los cubos de mortero, se tomaron sus medidas y ensayaron a compresión axial.
- La resistencia a compresión unitaria del mortero se obtuvo de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

Ecuación 54: Resistencia a compresión axial del mortero

$$f_{co} = \frac{P}{A}$$

$$f'c = f_{co} - \sigma$$

Donde:

f'c: Resistencia a compresión del mortero (kg/cm²).

f_{co}: Resistencia a promedio a compresión del mortero (kg/cm²).

σ: Desviación estándar (kg/cm²).

P: Carga de compresión máxima (kg).

A: Área de sección (cm²).

Tabla 88.

Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero

N° Muestra	Peso (Kg)	Dimensiones		Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)
		Largo (mm)	Ancho (mm)			

Fuente: Elaboración propia

Características mecánicas de las unidades de albañilería de concreto

Los ensayos de las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería se realizaron a los 28 días de curado, de acuerdo a los siguientes procedimientos.

Resistencia a compresión axial de ladrillos (NTP 399.604)

Procedimiento:

- El ensayo se inició determinando el peso del ladrillo, luego se procedió con el refrentado de yeso-cemento de 3mm de espesor en las caras inferior y superior del ladrillo, para uniformizar el área de contacto entre los cabezales de la máquina de compresión y las caras del ladrillo. Este refrentado se realizó tres días antes del ensayo, con la finalidad de evitar posibles problemas por falta de resistencia debido a un recubrimiento reciente.
- Pasado los tres días, se procedió a determinar las dimensiones del ladrillo (Largo, ancho, alto).
- Después, se colocó el ladrillo en la máquina de compresión y se alineó de manera que su centroide coincidiera con el punto de aplicación de la carga.
- Luego, se registró la carga máxima soportada por el ladrillo.
- Por último, la resistencia a compresión unitaria f_b se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta. Y la resistencia a compresión característica f'_b se obtuvo restando la desviación estándar al promedio de los resultados de resistencia unitaria a compresión.

Ecuación 55: Resistencia a compresión axial de ladrillos

$$f_b = \frac{P}{A}$$
$$f'_b = f_b - \sigma$$

Donde:

f'_b : Resistencia a compresión (kg/cm²).

f_b : Resistencia promedio a compresión (kg/cm²).

σ : Desviación estándar (kg/cm²).

P: Carga de compresión máxima (kg).

A: Área bruta (cm²).

Tabla 89.

Ensayo de resistencia a compresión axial de ladrillos

N° Muestra	Peso (Kg)	Dimensiones		Área bruta (cm ²)	Carga máxima (kg)	f ^b (kg/cm ²)
		Largo (cm)	Ancho (cm)			

Fuente: Elaboración propia

1. Compresión axial de pilas de ladrillos (NTP 399.605)

Procedimiento:

- Se elaboró 12 pilas de ladrillos de concreto (3 por cada % de limadura de hierro), de 04 hiladas cada una, teniendo en cuenta la esbeltez establecida.
- Para ello, se humedeció y se asentó cada ladrillo, utilizando 1 cm de espesor de junta de mortero tipo P2 1:4 (cemento: arena), controlando la altura y verticalidad de las pilas con un nivel y una plomada.
- Después se determinó las dimensiones de las pilas (Largo, ancho, alto).
- Luego se procedió al curado de las pilas por un plazo de 28 días.
- Faltando tres días para el ensayo, se procedió con el refrentado de yeso-cemento de 3mm de espesor en las partes inferior y superior de las pilas, con la finalidad de uniformizar el área de contacto.
- Después se procedió a transportar con cuidado las pilas de ladrillos a la máquina de compresión, para ser ensayadas.
- Por último, la resistencia a la compresión axial de los ladrillos, se determinó dividiendo la carga máxima entre el área de contacto.

Ecuación 56: Resistencia a compresión axial de pilas

$$f_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

f_m: Resistencia a la compresión axial (kg/cm²).

P: Carga máxima (kg).

A: Área de contacto (cm²).

Luego se corrigió el valor obtenido de acuerdo al factor de corrección por esbeltez con los valores de siguiente tabla:

Tabla 90.

Factores de correlación de f'm por esbeltez

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: Norma E.070 (2006)

Por último, se determinó la resistencia característica a la compresión axial (f'm) de las pilas restando el promedio de la resistencia de los ensayos (X) con la desviación estándar de la prueba.

Ecuación 57: Resistencia a compresión axial de pilas

$$f'm = X - \sigma$$

Donde:

f'm: Resistencia a compresión axial (kg/cm²).

X: Resistencia promedio a compresión axial (kg/cm²).

σ: Desviación estándar (kg/cm²).

Tabla 91.

Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas

N° Muestra	Peso (Kg)	Dimensiones			Área Bruta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Esbeltez	Factor Correlación	f'm (kg/cm ²)
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)					

Fuente: Elaboración propia

Compresión diagonal de muretes (NTP 399.621)

Procedimiento:

- Se elaboró 12 muretes de ladrillos de concreto (3 por cada % de limadura de hierro), con dimensiones de 60x60x13cm y con asentado de sogá. Abarcando por lo menos dos unidades enteras por hilada.
- Para ello, se humedeció y se asentó cada ladrillo, utilizando 1 cm de espesor de junta de mortero tipo P2 1:4 (cemento: arena), controlando la altura y verticalidad de los muretes con un nivel y una plomada.
- Luego se procedió al curado de las pilas por un plazo de 28 días.
- Faltando tres días para el ensayo, se procedió con el refrentado de yeso-cemento de 3mm de espesor en dos esquinas del murete que tendrán contacto con la máquina de compresión, con la finalidad de uniformizar el área de contacto.
- Después se procedió a transportar con cuidado los muretes de ladrillos a la máquina de compresión, para ser ensayadas a compresión diagonal.
- Por último, se procedió a ensayar los muretes aplicando una carga P en forma monolítica creciente, a una velocidad de 1 ton/minuto hasta alcanzar la rotura del murete.
- La resistencia unitaria a corte ($V'm$), fue obtenida dividiendo la carga diagonal (P) entre el área bruta de la diagonal cargada.

Ecuación 58: Resistencia al corte de muretes

$$Vm = \frac{P/\sqrt{2}}{Ab}$$

$$Ab = \frac{L1 + L2}{2} \times t$$

Donde:

Vm: Resistencia unitaria al corte (kg/cm²).

P: Carga máxima (kg).

Ab: Área del espécimen (cm²).

L1: Largo del murete (cm).

L2: Altura del murete (cm).

t: Espesor del murete (cm).

Se determinó la resistencia característica al corte (V'm) de los muretes restando el promedio de la resistencia de los ensayos (X) con la desviación estándar de la prueba.

Ecuación 59: Resistencia al corte de muretes

$$V'm = X - \sigma$$

Donde:

V'm: Resistencia al corte (kg/cm²).

X: Resistencia promedio al corte (kg/cm²).

σ: Desviación estándar (kg/cm²).

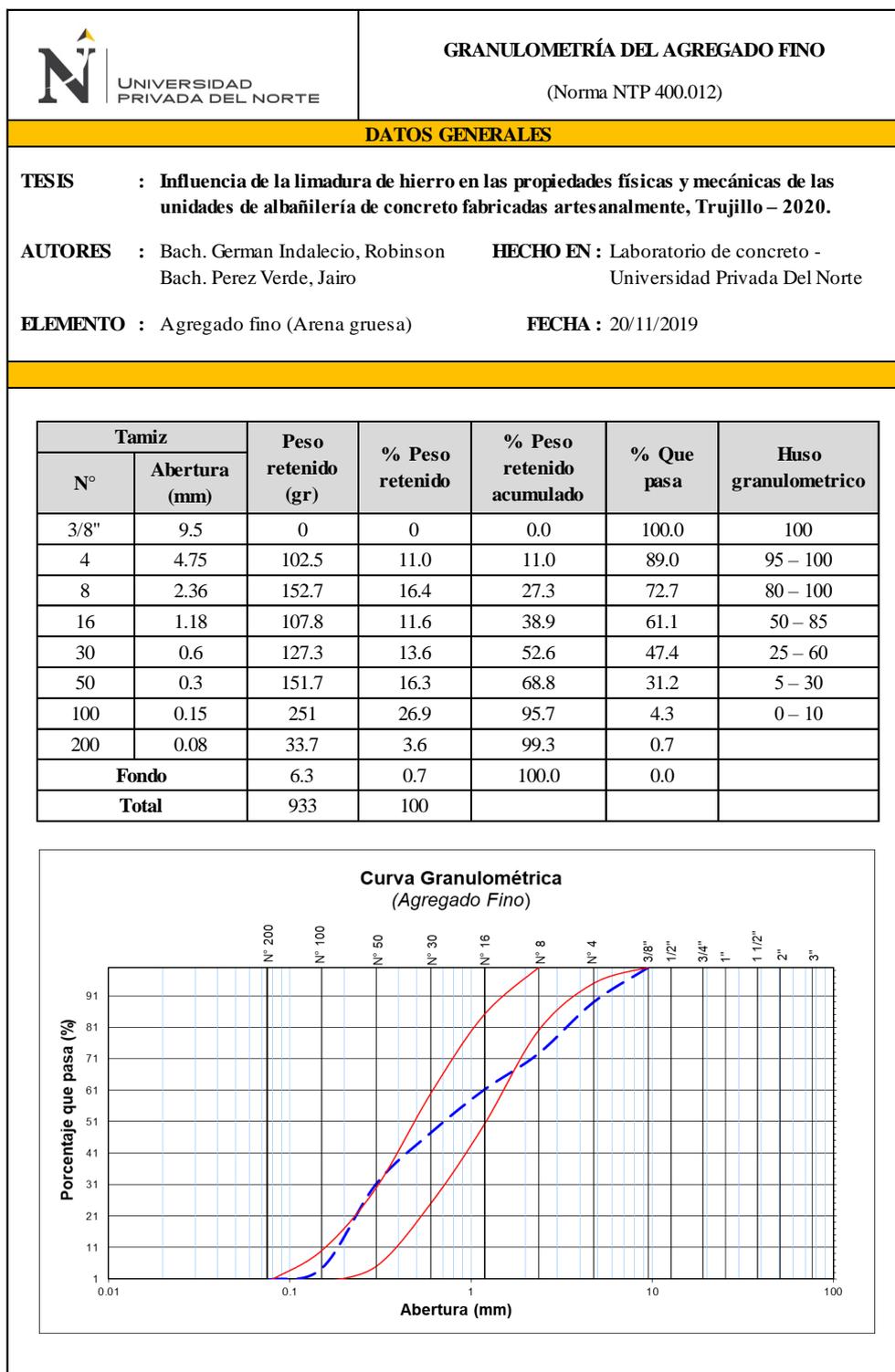
Tabla 92.

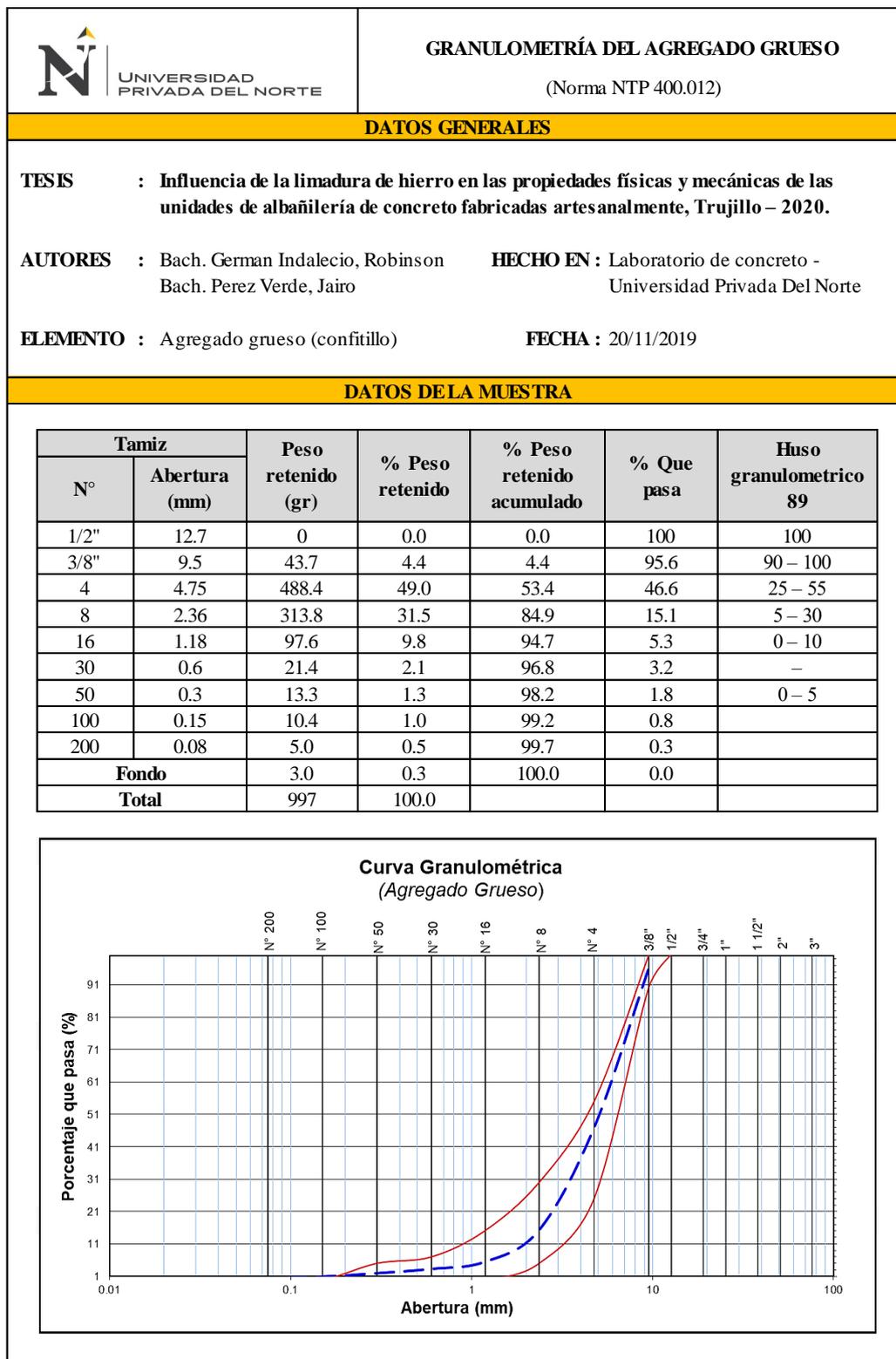
Ensayo de compresión diagonal de muretes

N° Muestra	Dimensiones			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	V'm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°02: Resultados de los ensayos de las características físicas de los agregados





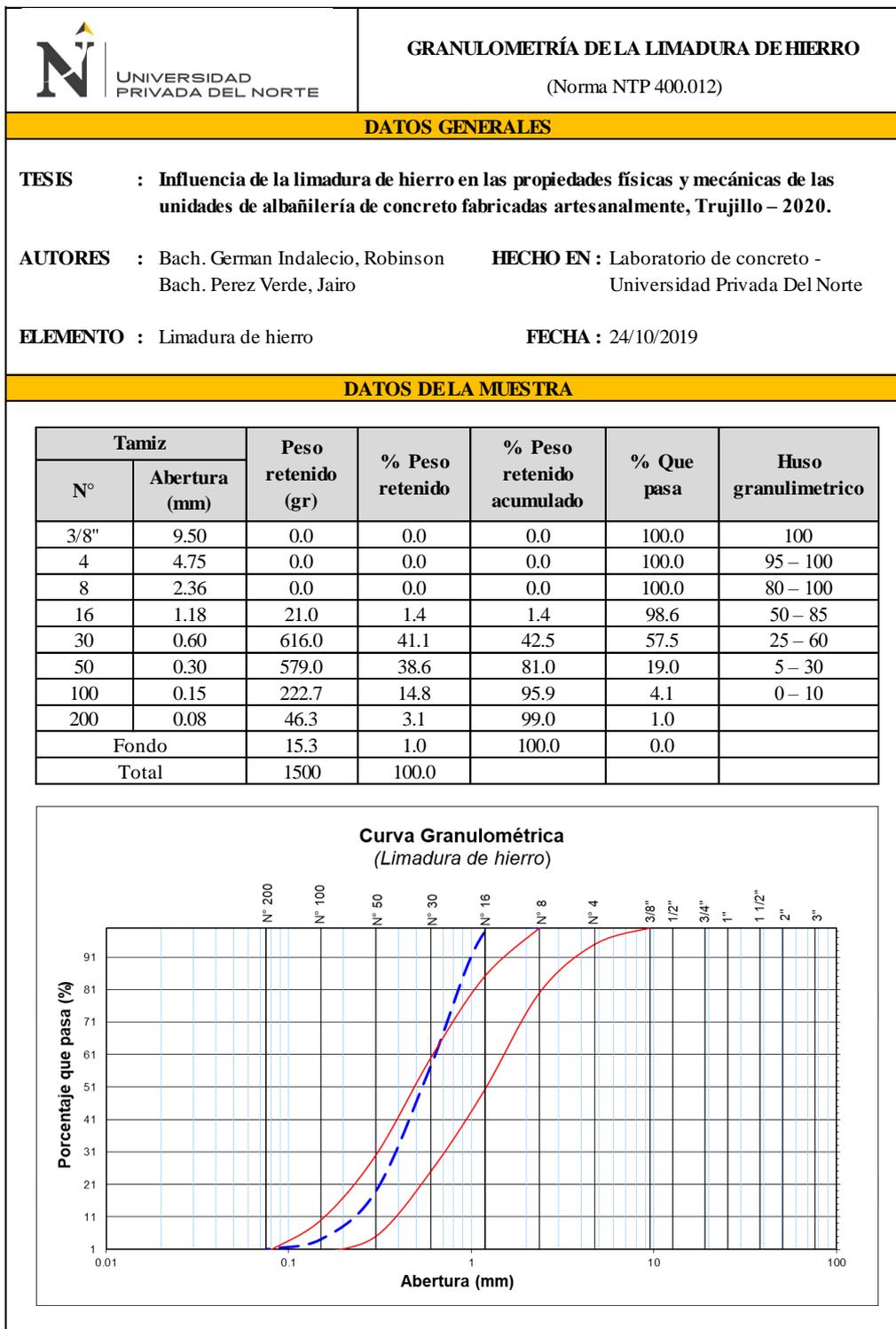
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 (Norma NTP 400.018)		
DATOS GENERALES			
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson HECHO EN : Laboratorio de concreto - Bach. Perez Verde, Jairo Universidad Privada Del Norte</p> <p>ELEMENTO : Agregado fino y grueso FECHA : 22/11/2019</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 - AGREGADO FINO			
Ensayo	1	2	3
Peso de la muestra seca (gr)	780	775	790
Peso de la muestra luego del lavado (gr)	755	750	765
Material más fino que pasa por el tamiz N° 200 (%)	3.21	3.23	3.16
Promedio (%)	3.20		
MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 - AGREGADO GRUESO			
Ensayo	1	2	3
Peso de la muestra seca (gr)	950	920	945
Peso de la muestra luego del lavado (gr)	930	895	920
Material más fino que pasa por el tamiz N° 200 (%)	2.11	2.72	2.65
Promedio (%)	2.49		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS (Norma NTP 400.021 Y 400.022)			
DATOS GENERALES					
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.				
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Laboratorio de concreto - Universidad Privada Del Norte		
ELEMENTO	: Agregado fino y grueso		FECHA : 20/11/2019		
DATOS DE LA MUESTRA					
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN - AGREGADO FINO					
Ensayo	1	2	3	Promedio	
Peso de muestra seca al horno (gr)	493	493	495		
Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)	500	500	500		
Peso de frasco + agua (gr)	669	671	673		
Peso de frasco + muestra saturada con superficie seca + agua (gr)	982	984	983		
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.64	2.64	2.61	2.63	
Peso específico con superficie seca (gr/cm ³)	2.67	2.67	2.63	2.66	
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.74	2.74	2.68	2.72	
Absorción (%)	1.42	1.42	1.01	1.28	
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO					
Ensayo	1	2	3	Promedio	
Peso de muestra seca al horno (gr)	1456	1453	1454		
Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)	1500	1500	1500		
Peso de muestra saturada dentro del agua (gr)	916	920	915		
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.49	2.51	2.49	2.49	
Peso específico con superficie seca (gr/cm ³)	2.57	2.59	2.56	2.57	
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.70	2.73	2.70	2.71	
Absorción (%)	3.02	3.23	3.16	3.14	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS (Norma NTP 400.017)			
	DATOS GENERALES			
TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.				
AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo			HECHO EN : Laboratorio de concreto - Universidad Privada Del Norte	
ELEMENTO : Agregado fino y grueso			FECHA : 10/11/2019	
DATOS DE LA MUESTRA				
PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO				
Ensayo	1	2	3	Promedio
Volumen del recipiente (m ³)	0.00961	0.00961	0.00961	
Peso del recipiente (kg)	4.79	4.79	4.79	
Peso recipiente + muestra (kg)	21.52	21.67	21.15	
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1741	1757	1702	1733
PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO				
Ensayo	1	2	3	Promedio
Volumen del recipiente (m ³)	0.00961	0.00961	0.00961	
Peso del recipiente (kg)	4.79	4.79	4.79	
Peso recipiente + muestra (kg)	22.39	22.41	22.62	
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1832	1834	1855	1840
PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO				
Ensayo	1	2	3	Promedio
Volumen del recipiente (m ³)	0.00961	0.00961	0.00961	
Peso del recipiente (kg)	4.79	4.79	4.79	
Peso recipiente + muestra (kg)	18.85	18.86	18.80	
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1463	1464	1458	1462
PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO GRUESO				
Ensayo	1	2	3	Promedio
Volumen del recipiente (m ³)	0.00961	0.00961	0.00961	
Peso del recipiente (kg)	4.79	4.79	4.79	
Peso recipiente + muestra (kg)	19.11	19.69	19.40	
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1490	1551	1520	1520

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (Norma NTP 339.185)		
DATOS GENERALES			
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo</p> <p>ELEMENTO : Agregado fino y grueso</p> <p>HECHO EN : Laboratorio de concreto - Universidad Privada Del Norte</p> <p>FECHA : 28/11/2019</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO			
Ensayo	1	2	3
Peso de recipiente + muestra húmeda (gr)	831	996	977
Peso de recipiente + muestra seca (gr)	823	987	968
Contenido de humedad (%)	0.97	0.91	0.93
Promedio (%)	0.94		
CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO			
Ensayo	1	2	3
Peso de recipiente + muestra húmeda (gr)	500	500	500
Peso de recipiente + muestra seca (gr)	497	498	498
Contenido de humedad (%)	0.60	0.40	0.40
Promedio (%)	0.47		

ANEXO N° 03: Resultado de los ensayos de las características físicas de la limadura de hierro



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	PESO UNITARIO DE LA LIMADURA DE HIERRO (Norma NTP 400.017)																																	
DATOS GENERALES																																		
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo</p> <p>ELEMENTO : Limadura de hierro</p> <p>HECHO EN : Laboratorio de concreto - Universidad Privada Del Norte</p> <p>FECHA : 15/11/2019</p>																																		
DATOS DE LA MUESTRA																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th colspan="5" style="text-align: center;">PESO UNITARIO - LIMADURA DE HIERRO</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Ensayo</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen del recipiente (m3)</td> <td style="text-align: center;">0.00434</td> <td style="text-align: center;">0.00434</td> <td style="text-align: center;">0.00434</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (kg)</td> <td style="text-align: center;">0.19</td> <td style="text-align: center;">0.19</td> <td style="text-align: center;">0.19</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso recipiente + muestra (kg)</td> <td style="text-align: center;">10.74</td> <td style="text-align: center;">10.79</td> <td style="text-align: center;">10.68</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario (kg/m3)</td> <td style="text-align: center;">2429</td> <td style="text-align: center;">2441</td> <td style="text-align: center;">2416</td> <td style="text-align: center;">2428</td> </tr> </tbody> </table>					PESO UNITARIO - LIMADURA DE HIERRO					Ensayo	1	2	3	Promedio	Volumen del recipiente (m3)	0.00434	0.00434	0.00434		Peso del recipiente (kg)	0.19	0.19	0.19		Peso recipiente + muestra (kg)	10.74	10.79	10.68		Peso unitario (kg/m3)	2429	2441	2416	2428
PESO UNITARIO - LIMADURA DE HIERRO																																		
Ensayo	1	2	3	Promedio																														
Volumen del recipiente (m3)	0.00434	0.00434	0.00434																															
Peso del recipiente (kg)	0.19	0.19	0.19																															
Peso recipiente + muestra (kg)	10.74	10.79	10.68																															
Peso unitario (kg/m3)	2429	2441	2416	2428																														

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>PESO ESPECIFICO DE LA LIMADURA DE HIERRO (Norma NTP 400.022)</p>			
DATOS GENERALES				
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo</p> <p>HECHO EN : Laboratorio de concreto - Universidad Privada Del Norte</p> <p>ELEMENTO : Limadura de hierro</p> <p>FECHA : 12/11/2019</p>				
DATOS DE LA MUESTRA				
PESO ESPECIFICO - LIMADURA DE HIERRO				
Ensayo	1	2	3	Promedio
Peso de muestra (gr)	500	500	500	
Peso de frasco + agua (gr)	669	671	673	
Peso de frasco + muestra + agua (gr)	1017	1019	1017	
Peso específico aparente (gr/cm ³)	3.29	3.29	3.21	3.26

ANEXO N° 04: Resultados del diseño de mezcla para los ladrillos de concreto

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO DE MEZCLA - LADRILLOS DE CONCRETO (Método Módulo de Fineza de Combinación de Agregados)			
DATOS GENERALES					
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.				
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Universidad Privada del Norte		
ELEMENTO	: Diseño de mezcla para ladrillos de concreto		FECHA : 20/03/2020		
DISEÑO DE MEZCLA - MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS					
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES					
Características	Agregado Fino	Agregado Grueso			
Peso unitario suelto	1733 kg/m ³	1462 kg/m ³			
Peso unitario compactado	1840 kg/m ³	1520 kg/m ³			
Peso específico de masa (Pem)	2626 kg/m ³	2495 kg/m ³			
Peso específico sat. sup. seco (Pesss)	2660 kg/m ³	2573 kg/m ³			
Peso específico aparente (Pea)	2718 kg/m ³	2707 kg/m ³			
Porcentaje de absorción	1.28 %	3.14 %			
Contenido de humedad	0.94 %	0.47 %			
Tamaño máximo nominal	-	3/8 "			
Módulo de finura	2.94	5.31			
	Cemento	Agua			
Peso específico de masa (Pem)	3080 kg/m ³	1000 kg/m ³			
DISEÑO DE MEZCLA POR RESISTENCIA					
1°	Resistencia promedio requerida				
	f _{cp} : 130 + 70 = 200 kg/cm ²				
2°	Selección de los asentamientos				
	Consistencia : Seca Slump : 0" a 2"				
3°	Selección del tamaño máximo nominal				
	TMN : 3/8"				
4°	Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.				
	Agua : 207 Aire : 3%				
5°	Selección de la relación agua/cemento (a/c) - Resistencia				
	a/c : 0.70				
6°	Cálculo del contenido de cemento				
	C : 207 / 0.70 = 295.71 kg/m ³ → 6.96 bolsas/m ³				
7°	Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados (mc)				
	mc : 4.04				
8°	Estimación del contenido de agregado fino				
	r _f : $\frac{5.31 - 4.04}{5.31 - 2.94} = 0.5359$				
9°	Estimación del contenido de agregado grueso				
	r _g : 1 - 0.5359 = 0.4641				
10°	Volumen absoluto de la pasta		11° Volumen de los agregados		
	Cemento =	0.0960 m ³	Ag. Fino =	0.3574 m ³	
	Agua =	0.2070 m ³	Ag. Grueso =	0.3096 m ³	
	Aire =	0.0300 m ³			
		0.3330			
12°	Cantidad de materiales por m³				
	Materiales	Peso en seco	Peso en humedo	Prop. Peso	Prop. Vol.
	Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
	Ag. Fino	938.53 kg/m ³	947.35 kg/m ³	3.20	2.77
	Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
	Agua	207.00 lts/m ³	230.82 lts/m ³	0.78	33.17 lts/bol.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DOSIFICACIÓN DE MATERIALES - LADRILLOS (Muestra Patrón)		
DATOS GENERALES				
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.			
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Universidad Privada Del Norte	
ELEMENTO	: Diseño de mezcla para ladrillos de concreto (Muestra patrón)		FECHA : 20/05/2020	
DOSIFICACIÓN DE MATERIALES (Muestra Patrón)				
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES				
Características	Agregado Fino	Agregado Grueso	Limadura de Hierro	
Peso unitario suelto	1733 kg/m ³	1462 kg/m ³	2428 kg/m ³	
Peso unitario compactado	1840 kg/m ³	1520 kg/m ³	-	
Peso específico de masa (Pem)	2626 kg/m ³	2495 kg/m ³	3260 kg/m ³	
Peso específico sat. sup. seco (Pesss)	2660 kg/m ³	2573 kg/m ³	-	
Peso específico aparente (Pea)	2718 kg/m ³	2707 kg/m ³	-	
Porcentaje de absorción	1.28 %	3.14 %	-	
Contenido de humedad	0.94 %	0.47 %	-	
Tamaño máximo nominal	-	3/8 "	-	
Módulo de finura	2.94	5.31	2.21	
	Cemento	Agua		
Peso específico de masa (Pem)	3080 kg/m ³	1000 kg/m ³		
Cantidad de material de diseño por 1M ³				
Materiales	Peso en seco	Peso en húmedo	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	938.53 kg/m ³	947.35 kg/m ³	3.20	2.77
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.82 lts/m ³	0.78	33.17 lts/bol.
Volumen absoluto de material				
Materiales	Material de diseño	Mat. diseño más Lim. hierro		
Cemento	0.0960 m ³	0.0960 m ³		
Limadura de Hierro	-	0.0000 m ³		
Ag. Fino	0.3574 m ³	0.3574 m ³		
Ag. Grueso	0.3096 m ³	0.3096 m ³		
Agua	0.2070 m ³	0.2070 m ³		
Cantidad de material con Lim. Hierro por 1M ³				
Materiales	Peso en seco (Muestra patrón)	Peso en húmedo (Muestra patrón)	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	938.53 kg/m ³	947.35 kg/m ³	3.20	2.77
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.82 lts/m ³	0.78	33.17 lts/bol.
Limadura de Hierro	0.00 kg/m ³	0.00 kg/m ³	0.00	0.00

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DOSIFICACIÓN DE MATERIALES - LADRILLOS (Diseño de mezcla + 2.5% Limadura de Hierro)		
DATOS GENERALES				
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.			
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Universidad Privada Del Norte	
ELEMENTO	: Diseño de mezcla para ladrillos de concreto (2.5% Lim. Hierro)		FECHA : 22/05/2020	
DOSIFICACIÓN DE MATERIALES (2.5% Lim. Hierro - Peso Ag. Fino)				
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES				
Características	Agregado Fino	Agregado Grueso	Limadura de Hierro	
Peso unitario suelto	1733 kg/m ³	1462 kg/m ³	2428 kg/m ³	
Peso unitario compactado	1840 kg/m ³	1520 kg/m ³	-	
Peso específico de masa (Pem)	2626 kg/m ³	2495 kg/m ³	3260 kg/m ³	
Peso específico sat. sup. seco (Pesss)	2660 kg/m ³	2573 kg/m ³	-	
Peso específico aparente (Pea)	2718 kg/m ³	2707 kg/m ³	-	
Porcentaje de absorción	1.28 %	3.14 %	-	
Contenido de humedad	0.94 %	0.47 %	-	
Tamaño máximo nominal	-	3/8 "	-	
Módulo de finura	2.94	5.31	2.21	
	Cemento	Agua		
Peso específico de masa (Pem)	3080 kg/m ³	1000 kg/m ³		
Cantidad de material por 1M3				
Materiales	Peso en seco	Peso en húmedo	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	938.53 kg/m ³	947.35 kg/m ³	3.20	2.77
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.82 lts/m ³	0.78	33.17 lts/bol.
Volumen absoluto de material				
Materiales	Material de diseño	Mat. de diseño con Lim. hierro		
Cemento	0.0960 m ³	0.0960 m ³		
Limadura de Hierro	-	0.0094 m ³		
Ag. Fino	0.3574 m ³	0.3480 m ³		
Ag. Grueso	0.3096 m ³	0.3096 m ³		
Agua	0.2070 m ³	0.2070 m ³		
Cantidad de material con Lim. Hierro por 1M3				
Materiales	Peso en seco con 2.5% lim. Hierro	Peso en húmedo con Lim. Hierro	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	913.85 kg/m ³	922.44 kg/m ³	3.12	2.70
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.73 lts/m ³	0.78	33.15 lts/bol.
Limadura de Hierro	22.82 kg/m ³	22.82 kg/m ³	0.08	0.05

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DOSIFICACIÓN DE MATERIALES - LADRILLOS (Diseño de mezcla + 5.0% Limadura de Hierro)		
DATOS GENERALES				
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.			
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Universidad Privada Del Norte	
ELEMENTO	: Diseño de mezcla para ladrillos de concreto (5.0% Lim. Hierro)		FECHA : 24/05/2020	
DOSIFICACIÓN DE MATERIALES (5.0% Lim. Hierro - Peso Ag. Fino)				
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES				
Características		Agregado Fino	Agregado Grueso	Limadura de Hierro
Peso unitario suelto		1733 kg/m ³	1462 kg/m ³	2428 kg/m ³
Peso unitario compactado		1840 kg/m ³	1520 kg/m ³	-
Peso específico de masa (Pem)		2626 kg/m ³	2495 kg/m ³	3260 kg/m ³
Peso específico sat. sup. seco (Pesss)		2660 kg/m ³	2573 kg/m ³	-
Peso específico aparente (Pea)		2718 kg/m ³	2707 kg/m ³	-
Porcentaje de absorción		1.28 %	3.14 %	-
Contenido de humedad		0.94 %	0.47 %	-
Tamaño máximo nominal		-	3/8 "	-
Módulo de finura		2.94	5.31	2.21
		Cemento	Agua	
Peso específico de masa (Pem)		3080 kg/m ³	1000 kg/m ³	
Cantidad de material por 1M ³				
Materiales	Peso en seco	Peso en húmedo	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	938.53 kg/m ³	947.35 kg/m ³	3.20	2.77
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.82 lts/m ³	0.78	33.17 lts/bol.
Volumen absoluto de material				
Materiales	Material de diseño	Mat. diseño con Lim. hierro		
Cemento	0.0960 m ³	0.0960 m ³		
Limadura de Hierro	-	0.0183 m ³		
Ag. Fino	0.3574 m ³	0.3391 m ³		
Ag. Grueso	0.3096 m ³	0.3096 m ³		
Agua	0.2070 m ³	0.2070 m ³		
Cantidad de material con Lim. Hierro por 1M ³				
Materiales	Peso en seco con 5.0% lim. Hierro	Peso en húmedo con Lim. Hierro	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	890.47 kg/m ³	898.84 kg/m ³	3.04	2.63
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.65 lts/m ³	0.78	33.14 lts/bol.
Limadura de Hierro	44.43 kg/m ³	44.43 kg/m ³	0.15	0.09

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DOSIFICACIÓN DE MATERIALES - LADRILLOS (Diseño de mezcla + 7.5% Limadura de Hierro)		
DATOS GENERALES				
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.			
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Universidad Privada Del Norte	
ELEMENTO	: Diseño de mezcla para ladrillos de concreto (7.5% Lim. Hierro)		FECHA : 26/05/2020	
DOSIFICACIÓN DE MATERIALES (7.5% Lim. Hierro - Peso Ag. Fino)				
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES				
Características	Agregado Fino	Agregado Grueso	Limadura de Hierro	
Peso unitario suelto	1733 kg/m ³	1462 kg/m ³	2428 kg/m ³	
Peso unitario compactado	1840 kg/m ³	1520 kg/m ³	-	
Peso específico de masa (Pem)	2626 kg/m ³	2495 kg/m ³	3260 kg/m ³	
Peso específico sat. sup. seco (Pesss)	2660 kg/m ³	2573 kg/m ³	-	
Peso específico aparente (Pea)	2718 kg/m ³	2707 kg/m ³	-	
Porcentaje de absorción	1.28 %	3.14 %	-	
Contenido de humedad	0.94 %	0.47 %	-	
Tamaño máximo nominal	-	3/8 "	-	
Módulo de finura	2.94	5.31	2.21	
	Cemento	Agua		
Peso específico de masa (Pem)	3080 kg/m ³	1000 kg/m ³		
Cantidad de material por 1M3				
Materiales	Peso en seco	Peso en húmedo	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	938.53 kg/m ³	947.35 kg/m ³	3.20	2.77
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.82 lts/m ³	0.78	33.17 lts/bol.
Volumen absoluto de material				
Materiales	Material de diseño	Mat. diseño con Lim. hierro		
Cemento	0.0960 m ³	0.0960 m ³		
Limadura de Hierro	-	0.0268 m ³		
Ag. Fino	0.3574 m ³	0.3306 m ³		
Ag. Grueso	0.3096 m ³	0.3096 m ³		
Agua	0.2070 m ³	0.2070 m ³		
Cantidad de material con Lim. Hierro por 1M3				
Materiales	Peso en seco con 7.5% lim. Hierro	Peso en húmedo con Lim. Hierro	Prop. Peso	Prop. Volumen
Cemento	295.77 kg/m ³	295.77 kg/m ³	1.00	1.00
Ag. Fino	868.15 kg/m ³	876.31 kg/m ³	2.96	2.56
Ag. Grueso	772.45 kg/m ³	776.08 kg/m ³	2.62	2.69
Agua	207.00 lts/m ³	230.58 lts/m ³	0.78	33.13 lts/bol.
Limadura de Hierro	65.07 kg/m ³	65.07 kg/m ³	0.22	0.14

ANEXO N° 05: Resultados del diseño analítico del mortero

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO (Diseño Analítico)			
DATOS GENERALES					
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.				
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Universidad Privada Del Norte		
ELEMENTO	: Diseño analítico del mortero		FECHA : 05/06/2020		
DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO					
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES					
Características		Agregado Fino	Cemento	Agua	
Peso unitario suelto		1733 kg/m ³			
Peso unitario compactado		1840 kg/m ³			
Peso específico de masa (Pem)		2626 kg/m ³	3080 kg/m ³	1000 kg/m ³	
Peso específico sat. sup. seco (Pesss)		2660 kg/m ³			
Peso específico aparente (Pea)		2718 kg/m ³			
Porcentaje de absorción		1.28 %			
Contenido de humedad		0.94 %			
Tamaño máximo nominal					
Módulo de finura		2.94			
Proporción de materiales de diseño			Cantidad de material por bolsa cemento		
Materiales	Prop. Volumen	Prop. Peso	Materiales	Peso en seco	
Cemento	1.00	1.00	Cemento	42.50 kg/bol.	
Ag. Fino	4.00	4.63	Ag. Fino	196.78 kg/bol.	
Agua	31.88 lts/bol.	0.75	Agua	31.88 lts/bol.	
Volumen absoluto de material			Cantidad de material por M ³		
Materiales	Volumen por bolsa	Volumen por M ³	Peso en seco	Peso en húmedo	
Cemento	0.0138 m ³	0.1111 m ³	342.11 kg/m ³	342.11 kg/m ³	
Ag. Fino	0.0749 m ³	0.6032 m ³	1583.95 kg/m ³	1598.84 kg/m ³	
Agua	0.0319 m ³	0.2566 m ³	256.62 lts/m ³	262.01 lts/m ³	

ANEXO N° 06: Resultados de las características físicas de las unidades de albañilería de concreto

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		VARIACION DIMENSIONAL - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.613)													
DATOS GENERALES															
TESIS		: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.													
AUTORES		: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo						HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC							
ELEMENTO		: Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro						FECHA : 28/07/2020							
DATOS DE LA MUESTRA															
VARIACION DIMENSIONAL (MUESTRA PATRÓN)															
N° Muestra	Dimensión real														
	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	1	2	3	4	Lp	1	2	3	4	Ap	1	2	3	4	Hp
1	244.0	243.0	243.0	243.0	243.3	134.0	136.0	134.0	135.5	134.9	87.0	88.0	87.0	87.0	87.3
2	245.0	247.0	245.0	246.0	245.8	133.0	131.0	131.0	132.5	131.9	87.0	86.0	86.0	86.0	86.3
3	244.0	244.0	242.5	243.0	243.4	134.0	134.0	133.0	135.0	134.0	87.0	86.0	86.5	87.0	86.6
4	244.0	244.0	246.0	245.0	244.8	134.0	133.5	133.0	134.5	133.8	86.0	91.0	90.0	85.0	88.0
5	247.0	244.0	244.0	245.0	245.0	133.5	133.0	132.0	134.0	133.1	89.5	88.0	89.0	89.0	88.9
6	244.0	244.0	244.5	243.0	243.9	133.0	133.5	132.0	134.0	133.1	89.0	88.0	88.0	90.0	88.8
7	243.0	246.0	243.0	245.0	244.3	134.0	133.5	133.0	134.5	133.8	88.0	87.0	87.0	88.5	87.6
8	242.0	243.0	243.0	243.5	242.9	134.0	134.0	133.0	135.0	134.0	87.0	86.5	87.0	85.0	86.4
9	244.0	244.0	243.0	245.0	244.0	134.0	134.0	133.0	135.0	134.0	87.0	89.0	87.0	89.0	88.0
10	246.0	245.0	244.0	244.5	244.9	134.0	133.5	133.0	134.5	133.8	87.0	87.0	87.0	86.0	86.8
Dimensión del fabricante		L : 240					A : 130					H : 90			
Dimensión promedio		Lp : 244.20					Ap : 133.63					Hp : 87.45			
Desviación estandar		σ : 0.90					σ : 0.79					σ : 0.95			
Coefficiente de variación		C.V : 0.37					C.V : 0.59					C.V : 1.09			
Variación dimensional		V% : -1.75					V% : -2.79					V% : 2.83			
VARIACION DIMENSIONAL (2.5% LIMADURA DE HIERRO)															
N° Muestra	Dimensión real														
	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	1	2	3	4	Lp	1	2	3	4	Ap	1	2	3	4	Hp
1	245.0	243.0	243.0	245.5	244.1	133.5	133.5	132.5	135.0	133.6	88.0	89.0	89.0	89.0	88.8
2	244.0	243.0	242.5	245.0	243.6	133.0	133.0	132.0	134.5	133.1	89.5	89.0	88.5	89.0	89.0
3	244.0	244.0	243.0	245.5	244.1	133.0	134.0	132.5	135.0	133.6	88.0	89.0	88.0	88.0	88.3
4	244.0	244.0	243.0	245.5	244.1	133.5	133.0	132.5	135.0	133.5	89.5	88.5	88.0	89.0	88.8
5	245.0	245.0	244.0	246.5	245.1	134.0	133.5	133.0	135.5	134.0	88.5	88.0	88.5	86.5	87.9
6	243.5	244.0	243.0	245.5	244.0	133.0	133.0	132.0	134.5	133.1	89.5	89.0	88.0	90.0	89.1
7	243.5	244.0	243.0	245.5	244.0	133.0	133.0	132.0	134.5	133.1	89.5	89.0	89.5	88.5	89.1
8	243.5	244.0	243.0	245.5	244.0	133.0	133.0	132.0	134.5	133.1	90.0	89.0	89.0	89.5	89.4
9	245.0	243.5	243.5	246.0	244.5	134.0	133.5	133.0	135.5	134.0	88.0	88.5	88.5	87.5	88.1
10	245.0	243.0	243.0	245.5	244.1	133.5	133.0	132.5	135.0	133.5	89.5	89.5	90.0	88.0	89.3
Dimensión del fabricante		L : 240					A : 130					H : 90			
Dimensión promedio		Lp : 244.18					Ap : 133.48					Hp : 88.76			
Desviación estandar		σ : 0.40					σ : 0.35					σ : 0.52			
Coefficiente de variación		C.V : 0.16					C.V : 0.26					C.V : 0.58			
Variación dimensional		V% : -1.74					V% : -2.67					V% : 1.38			

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		VARIACION DIMENSIONAL (Norma NTP 399.613)															
DATOS GENERALES																	
TESTIS		: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.															
AUTORES		: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo							HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC								
ELEMENTO		: Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro							FECHA : 28/07/2020								
DATOS DE LA MUESTRA 5% DE LIMADURA DE HIERRO																	
VARIACION DIMENSIONAL (5.0% LIMADURA DE HIERRO)																	
N° Muestra	Dimensión real																
	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)						
	1	2	3	4	Lp	1	2	3	4	Ap	1	2	3	4	Hp		
1	243.5	245.0	243.5	246.0	244.5	133.5	134.0	133.0	135.5	134.0	89.0	88.5	88.5	88.5	88.6		
2	243.0	245.0	243.0	245.5	244.1	133.5	133.5	132.5	135.0	133.6	89.0	89.0	89.0	89.5	89.1		
3	243.5	245.0	243.5	246.0	244.5	134.0	134.0	133.0	135.5	134.1	89.0	88.0	88.0	89.0	88.5		
4	244.0	244.5	243.5	246.0	244.5	134.0	134.0	133.0	135.5	134.1	88.5	88.0	89.0	88.0	88.4		
5	244.5	243.0	243.0	245.5	244.0	134.0	133.0	132.5	135.0	133.6	88.0	89.0	89.0	88.0	88.5		
6	244.0	244.0	243.0	245.5	244.1	133.0	133.5	132.5	135.0	133.5	88.0	89.5	88.5	89.0	88.8		
7	243.0	245.0	243.0	245.5	244.1	134.0	133.5	133.0	135.5	134.0	87.0	88.0	87.0	86.5	87.1		
8	244.0	244.0	243.0	245.5	244.1	133.5	130.0	131.0	133.5	132.0	89.0	88.5	88.5	88.5	88.6		
9	244.0	244.0	243.0	245.5	244.1	133.5	133.5	132.5	135.0	133.6	89.0	88.5	88.0	87.0	88.1		
10	244.5	243.0	243.0	245.5	244.0	133.5	133.0	132.5	135.0	133.5	89.5	89.0	90.0	87.0	88.9		
Dimensión del fabricante		L : 240					A : 130					H : 90					
Dimensión promedio		Lp : 244.21					Ap : 133.61					Hp : 88.46					
Desviación estandar		σ : 0.20					σ : 0.62					σ : 0.54					
Coefficiente de variación		C.V : 0.08					C.V : 0.46					C.V : 0.61					
Variación dimensional		V% : -1.76					V% : -2.78					V% : 1.71					
VARIACION DIMENSIONAL (7.5% LIMADURA DE HIERRO)																	
N° Muestra	Dimensión real																
	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)						
	1	2	3	4	Lp	1	2	3	4	Ap	1	2	3	4	Hp		
1	244.5	245.0	244.0	246.5	245.0	134.0	133.5	133.0	135.5	134.0	88.0	87.0	87.0	87.0	87.3		
2	245.0	245.0	244.0	246.5	245.1	134.0	133.5	133.0	135.5	134.0	86.0	87.0	86.0	87.0	86.5		
3	244.0	244.0	243.0	245.5	244.1	133.0	133.0	132.0	134.5	133.1	87.5	88.0	88.0	88.0	87.9		
4	244.0	243.5	243.0	245.5	244.0	133.0	133.5	132.5	135.0	133.5	90.0	88.5	88.5	89.0	89.0		
5	245.0	244.0	243.5	246.0	244.6	133.5	133.0	132.5	135.0	133.5	89.0	87.0	87.5	88.0	87.9		
6	244.5	244.0	243.5	246.0	244.5	133.0	133.5	132.5	135.0	133.5	87.0	87.5	87.0	88.0	87.4		
7	244.5	244.0	243.5	246.0	244.5	132.5	133.5	132.0	134.5	133.1	88.0	88.0	88.0	87.5	87.9		
8	243.0	244.0	242.5	245.0	243.6	133.0	134.0	132.5	135.0	133.6	87.0	87.5	87.5	87.0	87.3		
9	244.5	244.5	243.5	246.0	244.6	133.0	133.0	132.0	134.5	133.1	87.0	87.5	87.5	86.0	87.0		
10	245.0	245.0	244.0	246.5	245.1	134.0	134.0	133.0	135.5	134.1	88.0	86.0	87.0	86.5	86.9		
Dimensión del fabricante		L : 240					A : 130					H : 90					
Dimensión promedio		Lp : 244.53					Ap : 133.56					Hp : 87.49					
Desviación estandar		σ : 0.50					σ : 0.38					σ : 0.70					
Coefficiente de variación		C.V : 0.20					C.V : 0.28					C.V : 0.80					
Variación dimensional		V% : -1.89					V% : -2.74					V% : 2.79					

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ALABEO - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.613)							
DATOS GENERALES									
TESIS	: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.								
AUTORES	: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo		HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC						
ELEMENTO	: Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro		FECHA : 10/08/2020						
DATOS DE LA MUESTRA									
ALABEO (MUESTRA PATRÓN)					ALABEO (2.5% LIMADURA DE HIERRO)				
N° Muestra	Cara Superior (mm)		Cara Inferior (mm)		N° Muestra	Cara Superior (mm)		Cara Inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
1	0.00	2.00	0.00	0.50	1	0.00	0.80	0.00	1.00
2	0.00	2.00	0.00	2.00	2	0.00	1.30	0.00	0.20
3	0.00	3.20	1.20	0.00	3	0.00	1.50	0.00	0.60
4	0.00	2.20	0.00	1.80	4	0.00	2.80	0.00	0.70
5	0.00	1.40	0.00	2.00	5	0.00	1.80	0.00	0.60
6	0.00	1.20	0.00	1.00	6	0.00	0.60	0.00	1.00
7	0.00	1.80	0.00	1.00	7	0.00	0.70	0.00	1.00
8	0.00	0.80	0.00	1.20	8	0.00	1.80	0.00	0.60
9	0.00	1.80	0.30	0.00	9	0.00	2.20	0.00	1.00
10	0.00	1.00	0.00	1.00	10	0.00	1.20	0.00	1.50
Alabeo promedio (mm)		Cóncavo		0.08	Alabeo promedio (mm)		Cóncavo		0.00
		Convexo		1.40			Convexo		1.15
ALABEO (5.0% LIMADURA DE HIERRO)					ALABEO (7.5% LIMADURA DE HIERRO)				
N° Muestra	Cara Superior (mm)		Cara Inferior (mm)		N° Muestra	Cara Superior (mm)		Cara Inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
1	0.00	1.50	0.00	1.00	1	0.00	1.20	0.50	0.00
2	0.00	1.50	0.00	1.00	2	0.00	2.50	0.00	0.50
3	0.00	2.00	0.50	0.00	3	0.00	2.00	0.00	1.00
4	0.00	1.70	0.00	1.20	4	0.00	1.80	0.00	0.80
5	0.00	1.20	0.00	1.40	5	0.00	1.80	0.00	1.00
6	0.00	1.00	0.00	0.80	6	0.00	1.50	0.00	1.20
7	0.00	2.00	0.00	1.00	7	0.00	2.00	0.00	1.20
8	0.00	2.00	0.00	1.20	8	0.00	2.00	0.00	1.20
9	0.00	2.00	0.00	1.00	9	0.00	1.80	0.00	1.00
10	0.00	1.50	0.00	0.80	10	0.00	1.00	0.00	1.20
Alabeo promedio (mm)		Cóncavo		0.03	Alabeo promedio (mm)		Cóncavo		0.03
		Convexo		1.29			Convexo		1.34

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	ABSORCIÓN - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.604)			
	DATOS GENERALES			
TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.				
AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo			HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC	
ELEMENTO : Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro.			FECHA : 14/08/2020	
DATOS DE LA MUESTRA				
ABSORCIÓN - LADRILLOS (Muestra Patrón)				
N° Muestra	Muestra seca (gr)	Muestra saturada (gr)	Peso de agua (gr)	Absorción (%)
1	4500	4778	278.00	6.18
2	4344	4660	316.00	7.27
3	4466	4758	292.00	6.54
4	4452	4740	288.00	6.47
5	4490	4766	276.00	6.15
Absorción promedio (%) :				6.52
Desviación estándar (%) :				0.46
Coefficiente de variación (%) :				6.98
ABSORCIÓN - LADRILLOS (2.5% Limadura de Hierro)				
N° Muestra	Muestra seca (gr)	Muestra saturada (gr)	Peso de agua (gr)	Absorción (%)
1	4508	4780	272.00	6.03
2	4536	4788	252.00	5.56
3	4418	4688	270.00	6.11
4	4524	4780	256.00	5.66
5	4460	4724	264.00	5.92
Absorción promedio (%) :				5.86
Desviación estándar (%) :				0.24
Coefficiente de variación (%) :				4.09

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>ABSORCIÓN - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.604)</p>			
DATOS GENERALES				
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinsón Bach. Pérez Verde, Jairo</p> <p>HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC</p> <p>ELEMENTO : Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro.</p> <p>FECHA : 14/08/2020</p>				
DATOS DE LA MUESTRA				
ABSORCIÓN - LADRILLOS (5.0% Limadura de Hierro)				
N° Muestra	Muestra seca (gr)	Muestra saturada (gr)	Peso de agua (gr)	Absorción (%)
1	4548	4810	262.00	5.76
2	4514	4758	244.00	5.41
3	4462	4734	272.00	6.10
4	4464	4718	254.00	5.69
5	4492	4766	274.00	6.10
Absorción promedio (%) :				5.81
Desviación estándar (%) :				0.29
Coefficiente de variación (%) :				5.06
ABSORCIÓN - LADRILLOS (7.5% Limadura de Hierro)				
N° Muestra	Muestra seca (gr)	Muestra saturada (gr)	Peso de agua (gr)	Absorción (%)
1	4494	4754	260.00	5.79
2	4524	4774	250.00	5.53
3	4468	4746	278.00	6.22
4	4512	4744	232.00	5.14
5	4552	4826	274.00	6.02
Absorción promedio (%) :				5.74
Desviación estándar (%) :				0.42
Coefficiente de variación (%) :				7.37

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	DENSIDAD - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.604)				
DATOS GENERALES					
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo</p> <p>ELEMENTO : Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro.</p> <p style="text-align: right;">HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC</p> <p style="text-align: right;">FECHA : 20/08/2020</p>					
DATOS DE LA MUESTRA					
DENSIDAD - LADRILLOS (Muestra Patrón)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso seco al homo del espécimen (kg)	4.50	4.34	4.47	4.45	4.49
Peso saturado del espécimen (kgr)	4.77	4.64	4.74	4.72	4.75
Peso sumergido del espécimen (kgr)	2.61	2.55	2.60	2.58	2.61
Volumen (m ³)	2.16	2.09	2.14	2.14	2.14
Densidad (kg/m ³)	2079	2076	2087	2078	2098
<p>Densidad promedio (kg/m³) : 2084</p> <p>Desviación estándar (kg/m³) : 8.89</p> <p>Coefficiente de variación (%) : 0.43</p>					
DENSIDAD - LADRILLOS (2.5% Limadura de Hierro)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso seco al homo del espécimen (kg)	4.51	4.54	4.42	4.52	4.46
Peso saturado del espécimen (kgr)	4.75	4.76	4.66	4.75	4.70
Peso sumergido del espécimen (kgr)	2.60	2.59	2.55	2.62	2.61
Volumen (m ³)	2.15	2.16	2.11	2.13	2.09
Densidad (kg/m ³)	2099	2096	2090	2122	2132
<p>Densidad promedio (kg/m³) : 2108</p> <p>Desviación estándar (kg/m³) : 18.19</p> <p>Coefficiente de variación (%) : 0.86</p>					

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	DENSIDAD - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.604)				
DATOS GENERALES					
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo</p> <p>ELEMENTO : Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro.</p> <p style="text-align: right;">HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC</p> <p style="text-align: right;">FECHA : 20/08/2020</p>					
DATOS DE LA MUESTRA					
DENSIDAD - LADRILLOS (5.0% Limadura de Hierro)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso seco al horno del espécimen (kg)	4.55	4.51	4.46	4.46	4.49
Peso saturado del espécimen (kgr)	4.80	4.74	4.72	4.71	4.74
Peso sumergido del espécimen (kgr)	2.65	2.61	2.64	2.60	2.60
Volumen (m ³)	2.15	2.13	2.08	2.11	2.14
Densidad (kg/m ³)	2115	2117	2144	2114	2098
<p>Densidad promedio (kg/m³) : 2118</p> <p>Desviación estándar (kg/m³) : 16.64</p> <p>Coefficiente de variación (%) : 0.79</p>					
DENSIDAD - LADRILLOS (7.5% Limadura de Hierro)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso seco al horno del espécimen (kg)	4.49	4.52	4.47	4.51	4.55
Peso saturado del espécimen (kgr)	4.74	4.76	4.73	4.72	4.79
Peso sumergido del espécimen (kgr)	2.59	2.66	2.61	2.60	2.67
Volumen (m ³)	2.14	2.09	2.13	2.12	2.12
Densidad (kg/m ³)	2096	2160	2102	2130	2145
<p>Densidad promedio (kg/m³) : 2127</p> <p>Desviación estándar (kg/m³) : 27.66</p> <p>Coefficiente de variación (%) : 1.30</p>					

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		SUCCIÓN - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.613)								
LABORATORIO DE CONCRETO										
TESIS		: Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.								
AUTORES		: Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo				HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC				
ELEMENTO		: Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro.				FECHA : 24/08/2020				
DATOS DE LA MUESTRA										
SUCCIÓN (Muestra Patrón)										
N° Muestra	Dimensiones		Sección vacía		Área bruta (cm ²)	Área neta (cm ²)	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Succión (gr/200 cm ² - min)	
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Secciones (N°)	Área c/u (cm ²)						
1	24.10	13.30	3	29.93	320.53	290.60	4500	4518	12.39	
2	24.00	13.30	3	30.66	319.20	288.54	4344	4366	15.25	
3	24.10	13.30	3	29.52	320.53	291.01	4466	4490	16.49	
4	24.20	13.30	3	30.66	321.86	291.20	4452	4474	15.11	
5	24.10	13.30	3	30.66	320.53	289.87	4490	4512	15.18	
								Succión promedio (gr/200cm ² - min) :		14.88
								Desviación estándar (gr/200cm ² - min) :		1.51
								Coeficiente de variación (%) :		10.13
SUCCIÓN (2.5% Limadura de Hierro)										
N° Muestra	Dimensiones		Sección vacía		Área bruta (cm ²)	Área neta (cm ²)	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Succión (gr/200 cm ² - min)	
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Secciones (N°)	Área c/u (cm ²)						
1	24.20	13.30	3	30.66	321.86	291.20	4508	4522	9.62	
2	24.00	13.30	3	30.66	319.20	288.54	4536	4544	5.55	
3	24.10	13.20	3	30.66	318.12	287.46	4418	4426	5.57	
4	24.20	13.30	3	29.52	321.86	292.34	4524	4534	6.84	
5	24.10	13.30	3	30.24	320.53	290.29	4460	4472	8.27	
								Succión promedio (gr/200cm ² - min) :		7.17
								Desviación estándar (gr/200cm ² - min) :		1.77
								Coeficiente de variación (%) :		24.67

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	SUCCIÓN - LADRILLOS DE CONCRETO (Norma NTP 399.613)								
LABORATORIO DE CONCRETO									
<p>TESIS : Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.</p> <p>AUTORES : Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo</p> <p>ELEMENTO : Ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro.</p> <p style="text-align: right;">HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC</p> <p style="text-align: right;">FECHA : 24/08/2020</p>									
DATOS DE LA MUESTRA									
SUCCIÓN (5.0% Limadura de Hierro)									
N° Muestra	Dimensiones		Sección vacía		Área bruta (cm ²)	Área neta (cm ²)	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Succión (gr/200 cm ² - min)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Secciones (N°)	Área c/u (cm ²)					
1	24.10	13.30	3	29.52	320.53	291.01	4548	4556	5.50
2	24.00	13.30	3	30.24	319.20	288.96	4514	4526	8.31
3	24.20	13.30	3	29.52	321.86	292.34	4462	4468	4.10
4	24.30	13.40	3	29.52	325.62	296.10	4464	4476	8.11
5	24.20	13.30	3	29.93	321.86	291.93	4492	4504	8.22
Succión promedio (gr/200cm ² - min) :									6.85
Desviación estándar (gr/200cm ² - min) :									1.93
Coeficiente de variación (%) :									28.22
SUCCIÓN (7.5% Limadura de Hierro)									
N° Muestra	Dimensiones		Sección vacía		Área bruta (cm ²)	Área neta (cm ²)	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Succión (gr/200 cm ² - min)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Secciones (N°)	Área c/u (cm ²)					
1	24.20	13.40	3	29.52	324.28	294.76	4494	4504	6.79
2	24.10	13.30	3	29.93	320.53	290.60	4524	4532	5.51
3	24.20	13.30	3	28.80	321.86	293.06	4468	4478	6.82
4	24.10	13.30	3	30.66	320.53	289.87	4512	4518	4.14
5	24.20	13.30	3	29.11	321.86	292.75	4552	4562	6.83
Succión promedio (gr/200cm ² - min) :									6.02
Desviación estándar (gr/200cm ² - min) :									1.19
Coeficiente de variación (%) :									19.82

ANEXO N° 07: Resultados de las características mecánicas del mortero



INFORME DE ENSAYO N° 0652-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 29/08/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO

PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

ID MUESTRA : CUBOS DE MORTERO

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES CUBICOS DE MORTERO HIDRAULICO
(Norma de Ensayo NTP 334.051:1998)

3. RESULTADO DE ENSAYO:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)
CM [1]	01/08/2020	29/08/2020	28	0.28	5.0	5.1	25.40	5142	202.4
CM [2]	01/08/2020	29/08/2020	28	0.28	5.0	5.1	25.35	5727	225.9
CM [3]	01/08/2020	29/08/2020	28	0.28	5.1	5.0	25.35	5641	222.5
CM [4]	01/08/2020	29/08/2020	28	0.28	5.0	5.0	24.85	5064	203.8
CM [5]	01/08/2020	29/08/2020	28	0.28	5.0	5.1	25.30	5608	221.7
Promedio									215.3

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

ANEXO N° 08: Resultados de las características mecánicas de las unidades de albañilería de concreto



INFORME DE ENSAYO N° 0612-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 20/08/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CUENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO

PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

ID MUESTRA : LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (PATRON)

2. TIPO DE ENSAYO:

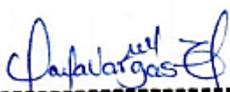
MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)
KK-PAT (1)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.65	24.2	13.3	9.0	321.86	44938	139.6
KK-PAT (2)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.63	24.4	13.3	9.0	324.52	48236	148.6
KK-PAT (3)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.63	24.3	13.3	9.0	323.19	45544	140.9
KK-PAT (4)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.60	24.2	13.4	9.0	324.28	51924	160.1
KK-PAT (5)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.61	24.3	13.3	9.0	323.19	41197	127.5
Promedio										143.3

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f_b) e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705 879 - 95 144 1959 // ventas@qce.com.pe



INFORME DE ENSAYO N° 0613-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 20/08/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO
 PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (2.5% LIMADURA DE HIERRO)

2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)
KK-LH2.5 (1)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.64	24.2	13.3	9.0	321.86	47493	147.6
KK-LH2.5 (2)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.66	24.2	13.3	9.0	321.86	55299	171.8
KK-LH2.5 (3)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.61	24.1	13.3	9.0	320.53	34525	107.7
KK-LH2.5 (4)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.64	24.3	13.2	9.0	320.76	44588	139.0
KK-LH2.5 (5)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.59	24.1	13.2	9.0	318.12	54593	171.6
Promedio										147.5

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f_b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705 879 - 95 144 1959 // ventas@qce.com.pe



INFORME DE ENSAYO N° 0614-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 20/08/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CUENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO
 PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (5.0% LIMADURA DE HIERRO)

2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)
KK-LH5.0 (1)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.63	24.2	13.3	9.0	321.86	52447	162.9
KK-LH5.0 (2)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.66	24.3	13.3	9.0	323.19	53282	164.9
KK-LH5.0 (3)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.63	24.2	13.3	9.0	321.86	47401	147.3
KK-LH5.0 (4)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.59	24.2	13.2	9.0	319.44	45820	143.4
KK-LH5.0 (5)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.60	24.2	13.2	9.0	319.44	45709	143.1
Promedio										152.3

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solidante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f_o), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



INFORME DE ENSAYO N° 0615-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 20/08/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CUENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO
 PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNVERSITARIA
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (7.5% LIMADURA DE HIERRO)

2. TIPO DE ENSAYO:

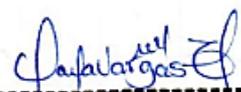
MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)
KK-LH7.5 (1)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.67	24.3	13.3	9.0	323.19	43525	134.7
KK-LH7.5 (2)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.63	24.2	13.3	9.0	321.86	58710	182.4
KK-LH7.5 (3)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.66	24.3	13.4	9.0	325.62	44389	136.3
KK-LH7.5 (4)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.62	24.3	13.3	9.0	323.19	48926	151.4
KK-LH7.5 (5)	23/07/2020	20/08/2020	28	4.62	24.2	13.2	9.0	319.44	47743	149.5
Promedio										150.9

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (fb), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



INFORME DE ENSAYO N° 0683-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 05/09/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO

PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

ID MUESTRA : PILA DE LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (PATRON)

2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Esbeltez (H/D)	Factor Corrección	Resistencia Compresión (kg/cm ²)
P-KK-PAT (1)	08/08/2020	05/09/2020	28	23.02	24.4	13.3	39.1	324.52	14851	2.94	0.897	41.0
P-KK-PAT (2)	08/08/2020	05/09/2020	28	22.82	24.3	13.2	38.7	320.76	17034	2.93	0.895	47.5
P-KK-PAT (3)	08/08/2020	05/09/2020	28	22.82	24.4	13.3	39.2	324.52	16027	2.95	0.899	44.4
Promedio												44.3

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuadas por el Soldante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f'c), e información del soldante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001ACD/2, N° Serie 050220/21, de 2000kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



INFORME DE ENSAYO N° 0684-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 05/09/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO
PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
ID MUESTRA : PILA DE LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (2.5% LIMADURA DE HIERRO)

2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Esbeltez (H/V)	Factor Corrección	Resistencia Compresión (kg/cm ²)
P-KK-2.5LH (1)	08/08/2020	05/09/2020	28	2240	24.4	13.3	38.6	324.52	18121	2.90	0.888	49.6
P-KK-2.5LH (2)	08/08/2020	05/09/2020	28	2320	24.4	13.3	39.4	324.52	16225	2.96	0.901	45.0
P-KK-2.5LH (3)	08/08/2020	05/09/2020	28	2274	24.3	13.3	39.0	323.19	15185	2.93	0.895	42.1
Promedio												45.6

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f_b), e Información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD2, N° Serie 05Q220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



INFORME DE ENSAYO N° 0685-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 05/09/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO
 PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : PILA DE LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (5.0% LIMADURA DE HIERRO)

2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Esbeltez (h/d)	Factor Corrección	Resistencia Compresión (kg/cm ²)
P-KK-5.0LH (1)	08/08/2020	05/09/2020	28	23.34	24.3	13.3	38.3	323.29	18701	2.88	0.884	51.2
P-KK-5.0LH (2)	08/08/2020	05/09/2020	28	22.69	24.3	13.2	38.2	320.76	17185	2.89	0.886	47.5
P-KK-5.0LH (3)	08/08/2020	05/09/2020	28	22.73	24.2	13.3	38.4	321.86	20129	2.89	0.886	55.4
Promedio												51.4

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Soldante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f'_b), el informe del soldante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD12, N° Serie 050220/21, de 2000kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.


 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



INFORME DE ENSAYO N° 0686-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 05/09/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JAIRO PEREZ VERDE / ROBINSON GERMAN INDALECIO
PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
ID MUESTRA : PILA DE LADRILLO KK DE CEMENTO - TIPO IV (7.5% LIMADURA DE HIERRO)

2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Esbeltez (H/D)	Factor Corrección	Resistencia Compresión (kg/cm ²)
P-KK-7.5LH (1)	08/08/2020	05/09/2020	28	22.25	24.3	13.3	38.6	323.29	18588	2.90	0.888	51.1
P-KK-7.5LH (2)	08/08/2020	05/09/2020	28	22.62	24.2	13.2	38.8	319.44	16234	2.94	0.897	45.5
P-KK-7.5LH (3)	08/08/2020	05/09/2020	28	22.90	24.3	13.2	39.2	320.76	16932	2.97	0.903	47.7
Promedio												48.1

NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001LCD12, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	COMPRESIÓN DIAGONAL DEMURETES (Norma NTP 399.621)						
	LABORATORIO DE CONCRETO						
TESIS	Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.						
AUTORES	Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo			HECHO EN: Laboratorio Quality Control Express SAC			
ELEMENTO	Muretes de ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro			FECHA: 05/09/2020			
DATOS DE LA MUESTRA							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEMURETES (Muestra Patrón)							
N° Muestra	Dimensiones			Diagonal (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	V'm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor (cm)				
1	64.50	58.50	13.30	87.08	817.95	11,378	9.84
2	64.10	58.70	13.30	86.92	816.62	9,624	8.33
3	64.20	59.90	13.30	87.80	825.27	10,355	8.87
Vm promedio (kg/cm²) :							9.01
Desviación estándar (kg/cm²) :							0.76
Coefficiente de variación (%) :							8.45
Resistencia a la compresión diagonal V'm (kg/cm²) :							8.25
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEMURETES (2.5% Limadura de Hierro)							
N° Muestra	Dimensiones			Diagonal (cm)	Area Bruta (cm ²)	Carga Máxima (kg)	V'm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor (cm)				
1	64.00	59.70	13.30	87.52	822.61	10,626	9.13
2	64.20	59.50	13.30	87.53	822.61	11,725	10.08
3	64.40	59.50	13.30	87.68	823.94	10,819	9.28
f m promedio (kg/cm²) :							9.50
Desviación estándar (kg/cm²) :							0.51
Coefficiente de variación (%) :							5.34
Resistencia a la compresión diagonal V'm (kg/cm²) :							8.99

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		COMPRESIÓN DIAGONAL DEMURETES (Norma NTP 399.621)					
LABORATORIO DE CONCRETO							
TESIS	Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020.						
AUTORES	Bach. German Indalecio, Robinson Bach. Perez Verde, Jairo			HECHO EN : Laboratorio Quality Control Express SAC			
ELEMENTO	Muretes de ladrillos de concreto con adiciones de limadura de hierro			FECHA : 05/09/2020			
DATOS DE LA MUESTRA							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES (5.0% Limadura de Hierro)							
N° Muestra	Dimensiones			Diagonal (cm)	Area Bruta (cm ²)	Carga Maxima (kg)	V'm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor (cm)				
1	64.00	60.00	13.30	87.73	824.60	10,752	9.22
2	64.20	59.80	13.30	87.74	824.60	12,075	10.35
3	64.30	59.20	13.30	87.40	821.28	12,453	10.72
f m promedio (kg/cm²) :							10.10
Desviación estándar (kg/cm²) :							0.78
Coefficiente de variación (%) :							7.75
Resistencia a la compresión diagonal V'm (kg/cm²) :							9.32
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES (7.5% Limadura de Hierro)							
N° Muestra	Dimensiones			Diagonal (cm)	Area Bruta (cm ²)	Carga Maxima (kg)	V'm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor (cm)				
1	64.20	60.00	13.30	87.87	825.93	11,725	10.04
2	63.90	59.60	13.30	87.38	821.28	9,755	8.40
3	64.00	59.30	13.30	87.25	819.95	12,054	10.40
f m promedio (kg/cm²) :							9.61
Desviación estándar (kg/cm²) :							1.06
Coefficiente de variación (%) :							11.08
Resistencia a la compresión diagonal V'm (kg/cm²) :							8.55

ANEXO N° 09: Ensayos de las características físicas de los agregados

Ilustración 52: Ensayo granulométrico del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 53: Ensayo granulométrico del agregado grueso (confítillo)



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 54: Material más fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 55: Material más fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 56: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 57: Peso específico y absorción del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 58: Peso unitario suelto del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 59: Peso unitario suelto del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 60: Peso unitario compactado del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 61: Peso unitario compactado del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 62: Contenido de humedad del agregado fino.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 63: Contenido de humedad del agregado grueso.



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 10: Ensayos de las características físicas de la limadura de hierro

Ilustración 64: Ensayo granulométrico de la limadura de hierro



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 65: Ensayo de peso unitario de la limadura de hierro



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 66: Ensayo de peso específico de la limadura de hierro



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 11: Elaboración de las unidades de albañilería de concreto

Ilustración 67: Almacenado del material.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 68: Mezclado



Fuente: Elaboración Propia

Moldeado

Ilustración 69: Moldeado de la unidad de albañilería



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 70: Curado de las unidades de albañilería



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 12: Características físicas de las unidades de albañilería de concreto

Ilustración 71: Ensayo de variación dimensional.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 72: Ensayo de alabeo.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 73: Secado de ladrillos al horno



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 74: Ensayo de absorción de las unidades de albañilería.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 75: Ensayo de densidad de las unidades de albañilería.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 76: Ensayo de succión de las unidades de albañilería.



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 13: Características mecánicas del mortero

Ilustración 77: Curado del mortero.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 78: Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 14: Características mecánica de las unidades de albañilería de concreto

Ilustración 79: Capeo de la unidad de albañilería



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 80: Ensayo de compresión axial de la unidad de albañilería



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 81: Ensayo de compresión axial de pilas de ladrillos



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 82: Ensayo de compresión diagonal de muretes



Fuente: Elaboración Propia