

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE, TAMAÑO DE PARTÍCULA DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y RELACIÓN CEMENTO: ARENA SOBRE COMPRESIÓN, FLUIDEZ, DENSIDAD, POROSIDAD Y DURABILIDAD EN MORTEROS ECOLÓGICOS PARA ASENTADO, TRUJILLO 2021.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Alexis Vicente Quiroz Vilchez
Luissiana Brigitte Urbina Baldera

Asesor:

Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2021



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios en primer lugar, por dame salud en estos momentos tan difíciles, brindarme la fuerza necesaria para poder cumplir con mis metas y mostrarme misericordia para perdonar mis errores.

A mi madre Juli, por ser la persona que me impulsó a estudiar durante toda mi vida, por enseñarme a ser siempre el mejor y nunca rendirme, a ver los errores como fuente de aprendizaje

A mi padre Edgardo y hermano Jeampier, por la confianza puesta en mí, por la paciencia y el sacrificio para darme las herramientas necesarias para mi desarrollo y ser el mejor ejemplo de empeño y lucha.

Quiroz, Alexis

Dedico en primer lugar a nuestro Padre Dios,
por haberme guiado e iluminado el camino,
que, gracias a mis oraciones, él pudo
escucharme cuando más se lo pedía.

Asimismo, esto se lo dedico a mi madre
Silvia, quien veló por mí en este largo
caminar y fue mi soporte todos los días de mi
vida. He aquí su esfuerzo y dedicación en
darme las herramientas necesarias para
llegar a ser una persona educada, llena de
valores y lo más importante, hacer las cosas
correctas.

También a mis abuelitos, lo mejor que tengo y
tuve, quienes tres de ellos se encuentran en el
cielo. Para todas las personas que quiero y me
quieren, para mi familia y mis mejores amigas.
Es para todos ellos este gran proyecto.

Urbina, Luissiana

AGRADECIMIENTO

Este proyecto es el resultado de nuestro esfuerzo, paciencia y ganas de superación puestas, por eso agradezco el esfuerzo que pusimos y nuestra dedicación.

A Dios agradezco, la paz espiritual para poder llevar con tranquilidad nuestro proyecto, la salud para afrontar la pandemia y la fortaleza que me dio para afrontar cada reto y salir victorioso.

Agradecido también con los ingenieros, Iván Vásquez Alfaro y Wiston Azañedo Medina por el apoyo y la paciencia brindada, por compartir sus conocimientos y el apoyo permanente para poder sacar adelante este proyecto.

Al grupo ACIMAT, una familia para nosotros. Muchísimas gracias chicos, por su apoyo, enseñanza y amistad que nos han brindado

Quiroz, Alexis

Muy agradecida con Dios, por darme vida y una buena salud para llegar a lograr cosas buenas como persona. A mi madre, a quien nunca me cansaré de agradecerle por el sacrificio del día a día, por su apoyo incondicional acompañada de mi familia completa.

Mi agradecimiento eterno al Ing. Iván Vásquez Alfaro por ser un ícono muy importante en la elaboración de tesis que junto con el grupo de ACIMAT, han sido incondicionales de inicio a fin con nosotros. Muchísimas gracias chicos, por su ayuda, paciencia y amistad que nos han brindado.

Un agradecimiento especial, al Ing. Wiston Azañedo Medina, que durante la carrera nos apoyó tanto como coordinador de escuela y ahora como nuestro asesor, Un gran ser humano

Muy agradecida siempre con todos ellos, gracias con las personas que continúan con nosotros y acompañan en este gran paso grande que lograremos juntos.

Urbina, Luissiana

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática	17
1.1.1. Antecedentes de la Investigación.....	26
1.1.2. Bases teóricas.....	34
1.1.2.1. Morteros.....	34
1.1.2.1.1 Definición	34
1.1.2.1.2 Historia.....	34
1.1.2.1.3 Funciones de los morteros.....	34
1.1.2.1.4 Clase de mortero.....	35
1.1.2.1.5 Composición de morteros de cemento y arena.....	36
1.1.2.1.6 Propiedades del mortero.....	37
a. Propiedades en estado plástico	37
a.1. Fluidez.....	37
b. Propiedades en estado endurecido.....	38
b.1 Resistencia a la Compresión	38
b.2 Densidad	40
b.3 Porosidad	41
b.4 Durabilidad	42
1.1.2.2. Cascarilla de arroz	41
1.1.2.2.1 Definición	43
1.1.2.2.2 Composición de la cascarilla de arroz	44
1.1.2.2.3 Ceniza de cascarilla de arroz.....	44
1.1.2.2.4 Composición de la ceniza	45
1.2. Formulación del problema.....	46
1.3. Objetivos	46
1.3.1. Objetivo general	46
1.3.2. Objetivos específicos	46
1.4. Hipótesis	47

1.4.1. Hipótesis general	47
1.4.2. Hipótesis específicas	47
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	48
2.1 Tipo de investigación	48
2.1.1. Por el propósito:	48
2.1.2. Según el diseño de investigación:.....	48
2.1.3. Diseño de investigación:	48
2.1.4. Definición de variables dependientes.....	49
2.2. Población y muestra.....	54
2.2.1. Población	54
2.2.2. Muestra	54
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	56
2.3.1. Técnica de recolección de datos.....	56
2.3.2. Instrumento de recolección de datos	56
2.3.3. Análisis de datos:	57
2.4. Procedimientos:	58
2.5. Desarrollo de tesis:	91
CAPÍTULO III. RESULTADOS	100
3.1 Fluidez Del Mortero:.....	100
3.2 Resistencia A La Compresion Del Mortero:	102
3.3 Densidad Del Mortero:	104
3.4 Porosidad Del Mortero:	106
3.5 Durabilidad Del Mortero:	108
3.5.1 Durabilidad Por Perdida De Masa Del Mortero:	108
3.5.1 Durabilidad En Comparación Con Su Resistencia A La Compresión Del Mortero:	109
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	112
4.1 Discusión:.....	100
4.2 Conclusiones:.....	102
4.3 Recomendaciones:	102
REFERENCIAS	148
ANEXOS.....	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clases de mortero.....	35
Tabla 2.	Tipos de mortero	35
Tabla 3.	Fluidez según su consistencia	38
Tabla 4.	Resistencia a la compresión según su proporción	39
Tabla 5.	Morteros según su densidad	40
Tabla 6.	Componentes de la cascarilla de arroz	44
Tabla 7.	Composición química de la cascarilla de arroz	45
Tabla 8.	Hipótesis Específica.....	47
Tabla 9.	Diseño de Investigación	48
Tabla 10.	Clasificación de las Variables	50
Tabla 11.	Operacionalización de las variables	51
Tabla 12.	Tamaño de muestras por variable dependiente.....	56
Tabla 13.	Recolección de datos para las variables independientes	57
Tabla 14.	Límites físicos permisibles del cemento.....	59
Tabla 15.	Módulo de finura para la arena	59
Tabla 16.	Límites permisibles del agua para elaborar mezcla	60
Tabla 17.	Análisis granulométrico de la arena	62
Tabla 18.	Parámetro granulométrico del agregado fino	62
Tabla 19.	Contenido de humedad.....	63
Tabla 20.	Volumen del molde de peso unitario.....	65
Tabla 21.	Peso unitario suelto	65
Tabla 22.	Peso unitario compactado	65
Tabla 23.	Peso específico del agregado	67
Tabla 24.	Absorción del agregado.	67
Tabla 25.	Caracterización de la ceniza de cascarilla de arroz.....	68
Tabla 26.	Conductividad y pH de la arena	69
Tabla 27.	Parámetros químicos de la arena	69
Tabla 28.	Conductividad y pH del agua.....	70
Tabla 29.	Conductividad y pH de la ceniza de cascarilla de arroz	70
Tabla 30.	Composición química de la CCA	71
Tabla 31.	Dosificación del mortero.....	72
Tabla 32.	Ensayo de fluidez.....	77
Tabla 33.	Ensayo de densidad.....	79
Tabla 34.	Ensayo de Porosidad	80
Tabla 35.	Ensayo de resistencia a la compresión	81
Tabla 36.	Pérdida de masa	83
Tabla 37.	Ensayo de resistencia a la compresión	84
Tabla 38.	Fluidez del mortero	85

Tabla 39.	Densidad del mortero	86
Tabla 40.	Porosidad del mortero	87
Tabla 41.	Resistencia a la compresión del mortero	88
Tabla 42.	Durabilidad por pérdida de masa del mortero	89
Tabla 43.	Durabilidad en comparación con su R. Comp. del mortero	90
Tabla 44.	Límites físicos permisibles del cemento.....	91
Tabla 45.	Resultados después de la calcinación	91
Tabla 46.	Distribución de lo calcinado.....	92
Tabla 47.	Caracterización de la arena	92
Tabla 48.	Caracterización de la ceniza de cascarilla de arroz.....	92
Tabla 49.	Conductividad y pH de la arena	93
Tabla 50.	Parámetros químicos de la arena	93
Tabla 51.	Conductividad y pH del agua.....	93
Tabla 52.	Conductividad y pH de la ceniza de cascarilla de arroz	94
Tabla 53.	Composición química de la CCA.....	94
Tabla 54.	Dosificación 1:3 con 0% de CCA, para 787.5 cm ³ . (Patrón).....	95
Tabla 55.	Dosificación 1:4 con 0% de CCA, para 787.5 cm ³ . (Patrón).....	95
Tabla 56.	Dosificación 1:5 con 0% de CCA, para 787.5 cm ³ . (Patrón).....	95
Tabla 57.	Dosificación 1:3 con 3% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	96
Tabla 58.	Dosificación 1:4 con 3% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	96
Tabla 59.	Dosificación 1:5 con 3% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	96
Tabla 60.	Dosificación 1:3 con 5% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	97
Tabla 61.	Dosificación 1:4 con 5% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	97
Tabla 62.	Dosificación 1:5 con 5% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	97
Tabla 63.	Dosificación 1:3 con 7% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	98
Tabla 64.	Dosificación 1:4 con 7% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	98
Tabla 65.	Dosificación 1:5 con 7% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	98
Tabla 66.	Dosificación 1:3 con 10% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	99
Tabla 67.	Dosificación 1:4 con 10% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	99
Tabla 68.	Dosificación 1:5 con 10% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm ³	99
Tabla 69.	Resultados de fluidez en (%).....	100
Tabla 70.	Resultados de R. Compresión en (Kg/cm ²)	102
Tabla 71.	Resultados de Densidad en (kg/m ³).....	104
Tabla 72.	Resultados de Porosidad en (%).....	106
Tabla 73.	Resultados de pérdida de masa en (%)	108
Tabla 74.	Resultados de variación de resistencia a la compresión (%)	110
Tabla 75.	Análisis granulométrico de la arena M1	179
Tabla 76.	Análisis granulométrico de la arena M2.....	180
Tabla 77.	Análisis granulométrico de la arena M3.....	181

Tabla 78.	Promedio de módulo de finura	181
Tabla 79.	Contenido de humedad.....	182
Tabla 80.	Volumen del molde de peso unitario.....	182
Tabla 81.	Peso unitario suelto	182
Tabla 82.	Peso unitario compactado.	183
Tabla 83.	Peso específico del agregado	183
Tabla 84.	Absorción del agregado.	183
Tabla 85.	Resultados estadísticos de fluidez del mortero	206
Tabla 86.	Resultados estadísticos de Densidad del mortero	207
Tabla 87.	Resultados estadísticos de Porosidad del mortero	208
Tabla 88.	Resultados estadísticos de Resistencia a la compresión del mortero	209
Tabla 89.	Resultados estadísticos de Durabilidad por pérdida de masa del mortero	210
Tabla 90.	Resultados estadísticos de Durabilidad en comparación con su R. Comp. del mortero.....	211
Tabla 91.	Rendimientos para 1m ³ de mortero 1/3	212
Tabla 92.	Materiales para mortero 1/3	212
Tabla 93.	Proporción final para mortero 1/3	212
Tabla 94.	Rendimientos para 1m ³ de mortero 1/4	213
Tabla 95.	Materiales para mortero 1/4	213
Tabla 96.	Proporción final para mortero 1/4	213
Tabla 97.	Rendimientos para 1m ³ de mortero 1/5	214
Tabla 98.	Materiales para mortero 1/5	214
Tabla 99.	Proporción final para mortero 1/5	214
Tabla 100.	Resumen de cantidad de materiales para 1m ³ de mortero de LABORATORIO	215
Tabla 101.	Resumen de cantidad de materiales para 1m ³ de mortero de CAPECO.....	215
Tabla 102.	Resumen de cantidad de materiales para 1m ³ de mortero de CAMPO	215

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Poros del mortero. (Serrano, 2012)	42
Figura 2.	Ceniza de cascarilla de arroz	44
Figura 3.	Cálculo del número de réplicas.	54
Figura 4.	Fórmulas para el análisis de datos.	57
Figura 5.	Estructura del procedimiento para el desarrollo de tesis	58
Figura 6.	Procedimiento para la obtención de ceniza de cascarilla de arroz	60
Figura 7.	Formato de la curva granulométrica.....	62
Figura 8.	Conformación de los especímenes.	74
Figura 9.	Codificación de los especímenes.....	75
Figura 10.	Codificación de los especímenes.....	75
Figura 11.	Resultados fluidez para la R c:a 1/3 R a/c=0.75.....	101
Figura 12.	Resultados fluidez para la R c:a 1/4 R a/c=0.87.....	101
Figura 13.	Resultados fluidez para la R c:a 1/5 R a/c=0.98.....	102
Figura 14.	Resultados de Resistencia a la Compresión R c:a 1/3.	103
Figura 15.	Resultados de Resistencia a la Compresión R c:a 1/4.	103
Figura 16.	Resultados Porosidad de Resistencia a la Compresión R c:a 1/5.....	104
Figura 17.	Resultados de Densidad R c:a 1/3.	105
Figura 18.	Resultados de Densidad R c:a 1/4.	105
Figura 19.	Resultados de Densidad R c:a 1/5.	106
Figura 20.	Resultados de Porosidad R c:a 1/3.	107
Figura 21.	Resultados de Porosidad R c:a 1/4.	107
Figura 22.	Resultados de Porosidad R c:a 1/5.	107
Figura 23.	Resultados de Pérdida de masa R c:a 1/3.	108
Figura 24.	Resultados de Pérdida de masa R c:a 1/4.	109
Figura 25.	Resultados de Pérdida de masa R c:a 1/5.	109
Figura 26.	Resultados de Variación de la R.C R c:a 1/3.....	110
Figura 27.	Resultados de Variación de la R.C R c:a 1/4.....	111
Figura 28.	Resultados de Variación de la R.C R c:a 1/5.....	111
Figura 29.	Limites fluidez R c:a 1/3.....	113
Figura 30.	Limites fluidez R c:a 1/4.....	115
Figura 31.	Limites fluidez R c:a 1/5.....	116
Figura 32.	Variación de la densidad 1/3.....	118
Figura 33.	Variación de la densidad 1/4.....	119
Figura 34.	Variación de la densidad 1/5.....	120
Figura 35.	Porosidad en el mortero 1/3.	122
Figura 36.	Porosidad en el mortero 1/4.	123

Figura 37. Porosidad en el mortero 1/5.	124
Figura 38. Resistencia a la compresión en el mortero 1/3.	126
Figura 39. Resistencia a la compresión en el mortero 1/4.	127
Figura 40. Resistencia a la compresión en el mortero 1/5.	129
Figura 41. Resistencia a la compresión Patrón y RPMX.	129
Figura 42. Pérdida de masa en el mortero 1/3.	132
Figura 43. Pérdida de masa en el mortero 1/4.	133
Figura 44. Pérdida de masa en el mortero 1/5.	135
Figura 45. Variación de la resistencia a la compresión en el mortero 1/3.....	138
Figura 46. Variación de la resistencia a la compresión en el mortero 1/4.....	140
Figura 47. Variación de la resistencia a la compresión en el mortero 1/5.....	142
Figura 48. Cascarilla de arroz – Laboratorio de concreto reciclado UNT	150
Figura 49. Arena gruesa – Laboratorio de concreto reciclado UNT	150
Figura 50. Granulometría (a, b) – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	151
Figura 51. Pesaje de arena – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	151
Figura 52. Máquina de vacío – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	152
Figura 53. Secado de arena – Laboratorio de concreto reciclado UNT	152
Figura 54. Grado de compactación de la arena – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	152
Figura 55. Fiola con agua – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	153
Figura 56. Muestras de arena sacadas del horno – Laboratorio de concreto reciclado UNT	153
Figura 57. Caracterización de la ceniza de cascarilla de arroz.....	153
Figura 58. Mezcla con las diferentes combinaciones entre las variables A, B, C.	154
Figura 59. Conformación de los cubos de 5cm x 5cm x 5cm	155
Figura 60. Codificación de los cubos de 5cm x 5cm x 5cm	155
Figura 61. Ensayo de fluidez – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	156
Figura 62. Proceso de rotura de probetas – Laboratorio de concreto reciclado UNT	157
Figura 63. Proceso para obtener el peso suspendido – Laboratorio de concreto reciclado UNT	158
Figura 64. Proceso para el secado de las muestras – Laboratorio de concreto reciclado UNT ...	158
Figura 65. Toma de pesos – Laboratorio de concreto y reciclado UNT	159
Figura 66. Solución con sulfato de magnesio y agua de mar.....	159
Figura 67. Sulfato de magnesio – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	159
Figura 68. Ensamblaje de la cámara de humedad.....	160
Figura 69. Proceso de degradación en la cámara de humedad.....	160
Figura 70. Retiro de las muestras para su secado, pesaje y rotura	161
Figura 71. Pesaje en estado seco de las muestras después del proceso	161
Figura 72. Proceso de rotura de las muestras después del proceso – Laboratorio de concreto reciclado UNT.....	162
Figura 73. Rotura de la última muestra después del proceso.....	162
Figura 74. Ficha técnica del cemento tipo ICo	163

Figura 75. Ficha técnica de RAPIMIX (a, b, c).	166
Figura 76. Norma ASTM C230.	167
Figura 77. Norma ASTM C109.	168
Figura 78. Norma ASTM C642.	169
Figura 79. Norma ASTM C618.	170
Figura 80. Norma ASTM C117.	171
Figura 81. Norma E.070.	172
Figura 82. Certificado del análisis químico de la arena y el agua.	173
Figura 83. Certificado del análisis químico de la CCA (a,b)	175
Figura 84. Carta de compromiso para acceder al laboratorio.	176
Figura 85. Certificado de la muestra de arena y ceniza.	177
Figura 86. Certificado de los ensayos realizados.	178
Figura 87. Codificación de los especímenes.	179
Figura 88. Codificación de los especímenes.	180
Figura 89. Codificación de los especímenes.	181
Figura 90. Guía de observación para el ensayo de fluidez.	184
Figura 91. Guía de observación para el ensayo de densidad y porosidad.	185
Figura 92. Guía de observación para el ensayo de resistencia a la compresión.	186
Figura 93. Guía de observación para el ensayo de durabilidad.	187
Figura 94. Resultados de la fluidez para las mezclas patrón.	188
Figura 95. Resultados de la fluidez para la mezcla RAPIMIX	188
Figura 96. Resultados de la fluidez para las mezclas C1.	189
Figura 97. Resultados de la fluidez para las mezclas C2.	190
Figura 98. Resultados de la densidad para las mezclas patrón.	191
Figura 99. Resultados de la densidad para la mezcla RAPIMIX	191
Figura 100. Resultados de la densidad para las mezclas C1.	192
Figura 101. Resultados de la densidad para las mezclas C2.	193
Figura 102. Resultados de la porosidad para las mezclas patrón	194
Figura 103. Resultados de la porosidad para la mezcla RAPIMIX	194
Figura 104. Resultados de la porosidad para las mezclas C1.	195
Figura 105. Resultados de la porosidad para las mezclas C2	196
Figura 106. Resultados de la resistencia a la compresión para las mezclas patrón	197
Figura 107. Resultados de la resistencia a la compresión para la mezcla RAPIMIX.	197
Figura 108. Resultados de la resistencia a la compresión para las mezclas C1.	198
Figura 109. Resultados de la resistencia a la compresión para las mezclas C2.	199
Figura 110. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para las mezclas patrón.	200
Figura 111. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para la mezcla RAPIMIX	200
Figura 112. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para las mezclas C1.	201
Figura 113. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para las mezclas C2.	202

Figura 114. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para las mezclas patrón.....	203
Figura 115. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para la mezcla RAPIMIX	203
Figura 116. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para las mezclas C1....	204
Figura 117. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para las mezclas C2....	205

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, quien lleva como objetivo evaluar la influencia del porcentaje, tamaño de partícula de ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado. La presente investigación tiene un diseño experimental puro. La población son todos los morteros ecológicos de asentado. La muestra está determinada por una técnica probabilística de muestreo aleatorio simple. El número de muestras convenientes resultantes fueron de 672 especímenes donde traten la relación de las variables para poder evaluar y obtener una data más amplia. La técnica a utilizar será la observación directa y el instrumento empleado en la ejecución de nuestro estudio fue la guía de observación. De los resultados se logró determinar aumento en la resistencia a la compresión de hasta un 26%, una fluidez entre 100% a 120% mermada a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo; lo mismo sucede con la densidad que se ve reducida, la porosidad tiende a aumentar y las muestras de mortero tuvieron buena respuesta frente a las pruebas puestas para evaluar su durabilidad disminuyendo la pérdida de masa, así como la pérdida de su resistencia a la compresión. Se concluyó que la ceniza de la cascarilla de arroz es favorable para mejorar las propiedades del mortero.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, fluidez, durabilidad, mortero, ceniza de cascarilla de arroz.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the city of Trujillo, whose objective is to evaluate the influence of the percentage, particle size of rice husk ash and cement: sand ratio on compression, fluidity, density, porosity and durability in ecological mortars for laying. . This research has a pure experimental design. The population are all ecological mortars settled. The sample is determined by a probabilistic simple random sampling technique. The number of resulting convenient samples was 672 specimens where the relationship of the variables is treated in order to evaluate and obtain a broader data. The technique to be used will be direct observation and the instrument used in the execution of our study was the observation guide. From the results, it was possible to determine an increase in the compressive strength of up to 26%, a fluidity between 100% and 120% reduced as the percentage of replacement increases; the same happens with the density that is reduced, the porosity tends to increase and the mortar samples had a good response to the tests put in place to evaluate their durability, reducing the loss of mass, as well as the loss of their resistance to compression. It was concluded that the rice husk ash is favorable to improve the properties of the mortar.

Key words: Compressive strength, fluidity, durability, mortar, rice husk ash.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El aumento poblacional, el consumo depresivo de los recursos naturales, así como la contaminación atmosférica emitida por la quema descontrolada de biomásas generadoras de gases de efecto invernadero, fueron los principales temas agendados en la ONU en el 2009. Es por ello, que se invita a experimentar con nuevos materiales para poder mitigar la destrucción progresiva de nuestro planeta, países como China, India y Bangladesh, principales productores de arroz, también tiene los primeros lugares en emisión de gases que aumentan la temperatura de la tierra, a raíz de esto se busca una forma de aprovechar las enormes biomásas resultantes de la siembra de arroz, para poder utilizar el recurso y desarrollar nuevos materiales eficientes y solventes que aporten tanto física como mecánicamente cuando estén puestos en servicio.

En Colombia, Cárdenas (2019), fabricó morteros de activación alcalina basados en ceniza volante y escoria de alto horno, con el fin de estudiar el efecto de una fuente alternativa de sílice sobre sus propiedades de fluidez y resistencia a compresión. La ceniza de cascarilla de arroz y silicato de sodio, en combinación con hidróxido de sodio, fueron las soluciones químicas empleadas para la activación alcalina de los morteros. Se encontró que los morteros activados con ceniza de cascarilla de arroz en combinación con hidróxido de sodio presentaron resistencias a compresión hasta 25% mayores en comparación con los morteros activados con silicato de sodio/hidróxido de sodio. Este estudio concluye que, es posible utilizar cenizas de cascarilla de arroz como una fuente alternativa de sílice para procesos de activación alcalina. Propone que la total sustitución del silicato de sodio por cenizas de cascarilla de arroz, contribuye a la reducción de los contaminantes generados por la fabricación del silicato de sodio

y una adecuada disposición de las cenizas de cascarilla de arroz tan abundantes en nuestro entorno.

Por otro lado, en Ecuador, Montero (2017), nos muestra que se produce cerca de 1'600,000 toneladas de arroz al año, siendo la cascarilla de arroz el mayor residuo resultante de la producción agrícola de granos y su disposición final es uno de los mayores problemas existentes. La ceniza de cascarilla de arroz con un alto contenido de sílice se convierte en una alternativa potencial para su uso en la industria de la construcción gracias a sus características puzolánicas y su alta disponibilidad. El dióxido de silicio obtenido de la cascarilla de arroz, obtenido de un proceso de calcinación y posteriormente de trituración presentó buenas propiedades como material puzolánico. La sustitución de un 10% de cascarilla de arroz en la dosificación de un hormigón convencional, obtuvo las mejores prestaciones en resistencia a los 28 días de curado puesto que generó un aumento del 16% en la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla control.

En Venezuela, Águila (2008), evaluó el potencial de residuos de producciones agrícolas como posibles fuentes de materiales puzolánicos, donde se incluyen para su estudio las cenizas de cascarilla de arroz, hoja de maíz y bagazo de caña, todas ellas con importantes cantidades de sílice amorfa en su composición química. Esta caracterización se complementa con ensayos de resistencia a compresión y durabilidad de muestras de mortero, realizadas con diferentes combinaciones de cada material con cemento Portland. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica de la utilización de cenizas de cascarilla de arroz como material puzolánico, siendo el porcentaje de sílice en la ceniza, uno de los elementos principales para una puzolana de buena calidad, se pudo apreciar que en este sentido la cascarilla de arroz es el material de mayor potencialidad.

En Sudamérica, Perú, también se suma siendo un país arrocero por excelencia, Camus (2014), nos cuenta que el arroz es el primer producto en área sembrada y cosechada, muy por encima del café, papa y maíz amarillo; con 380,000 hectáreas en promedio. La cascarilla de arroz, residuo generado durante el pilado, se produce en grandes cantidades lo que genera un costo de almacenamiento o quema que no tienen ningún valor comercial. No se da lugar a nuevas tecnologías o nuevas formas de producción, para esto se estudia una alternativa como la fibra-cemento, es un material de bajo costo, ya que se sustituyen aditivos, por la cascarilla de arroz, de esta manera se contribuye a la conservación del medio ambiente, valores muy importantes de los mercados actuales. Existen evidencias de alternativas de utilización de la cascarilla de arroz como el estudio de morteros donde se ha investigado la estabilidad de la cáscara, para ello se determinaron sus características físicas y químicas, estudiándose diversos procesos de “mineralización”.

El departamento de La Libertad, también está ocupando la atención en demostrar la utilidad de este producto para la construcción. MINAGRI (2016), nos muestra que la producción de arroz en cáscara creció a un ritmo de 3.1% anual desde el año 2001 al 2016, alcanzándose 3'166,000 toneladas en el último año. El departamento de La Libertad, ocupa el cuarto lugar en producción de arroz en cáscara, después del departamento de San Martín, Piura y Lambayeque. En el año 2014, el departamento de La Libertad, registró una producción de 362,858.40 toneladas de arroz en cáscara, representando el 12.62% de la producción nacional, en una superficie cosechada de 33,570.00 hectáreas, según la dirección de estadística agraria del Ministerio de Agricultura y Riego, en ese año ocupó el segundo puesto. También, se muestra en el último censo del año 2016, ocupa el segundo lugar con rendimiento promedio de arroz en cascara con 10 t/ha, solo por detrás de Arequipa, además es el cuarto departamento

con mayor cantidad de molinos y es el segundo después de Lambayeque en pilar mayor cantidad de arroz, de este proceso llamado pilado se obtiene la ceniza de cascarilla de arroz. Dicho esto, se muestra actualmente como un material muy versátil debido a sus distintas propiedades. De esta manera, se ha empleado la ceniza de cascarilla de arroz para la fabricación de sílice pura, la cáscara de la ceniza de arroz puede contener hasta 15% en peso de carbono. Si la calcinación de la ceniza se promueve con el fin de eliminar el carbono residual, se puede obtener aproximadamente el 95% de sílice puro, dicha sílice se distribuye principalmente en la epidermis externa de la cascarilla de arroz aportando beneficios físicos y mecánicos en los morteros.

Desde otro lado, según Águila (2008), verificó que las cenizas de cascarilla de arroz pueden utilizar como sustitutos parciales del cemento Portland en la elaboración de concretos ordinarios. Por otro lado, las adiciones de ceniza de cascarilla de arroz provocan incrementos en la resistencia a la compresión, siendo el porcentaje ideal de sustitución de 20%, además se pudo apreciar una mejoría en la estabilidad química y la durabilidad del cemento cuando se le añade ceniza, lo cual aumenta la factibilidad del empleo de ésta en elementos que estarán sometidos a ambientes agresivos. Como aspecto negativo se apreció que la adición de ceniza al cemento provoca una demanda mayor de agua para el amasado de la mezcla, lo cual tiende a disminuir su resistencia mecánica.

De acuerdo, con Cárdenas (2019), en su estudio comprueba que si es viable la utilización de cenizas de cascarilla de arroz como fuente alternativa de sílice. Así, la total sustitución del silicato de sodio por cenizas de cascarilla de arroz, contribuye a la reducción de los contaminantes generados por la fabricación del silicato de sodio y a una adecuada disposición de las cenizas de cascarilla de arroz tan abundantes en nuestro entorno. También se ven favorecidas las reacciones químicas de

endurecimiento y las propiedades mecánicas de los morteros a pesar de la menor fluidez, los sistemas binarios ceniza volante/escoria de alto horno activados con ceniza de cascarilla de arroz presentaron resistencias a compresión de hasta 61 MPa en 28 días, superiores a las resistencias presentadas por los mismos sistemas activados con silicato de sodio.

Chur (2010), demostró que la densidad de arena de río es mayor a la de cascarilla de arroz, lo cual significa que a mayor cantidad de adición de cascarilla de arroz, los morteros son más livianos, se logró observar en los ensayos a compresión, tensión y adherencia que a mayor cantidad de cascarilla de arroz, las propiedades mecánicas de los morteros disminuyen, por lo que es importante establecer un nivel medio en la aplicación de este componente, la relación agua/cemento de los morteros evaluados es directamente proporcional al contenido de cascarilla de arroz, a mayor contenido de ceniza de cascarilla de arroz, mayor cantidad de agua. Por ello, el uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico contribuye a la capacidad de aislamiento térmico de los morteros ensayados.

De las referencias citadas anteriores, podemos notar que hoy se vela por el impacto integral que tiene toda actividad industrial sobre el medio ambiente. La presente investigación, según Águila nos muestra que las cenizas de cascarilla de arroz se pueden utilizar como sustitutos parciales del cemento Pórtland en la elaboración de morteros ordinarios. Sumándose Cárdenas, nos indica que si es viable la utilización de cenizas de cascarilla de arroz como fuente alternativa de sílice. Contribuye a la reducción de los contaminantes generados por la fabricación del silicato de sodio, así como la contaminación que produciría la quema y el mal manejo de la cascarilla como residuo.

Chur, por otro lado, muestra que, al añadir ceniza de cascarilla de arroz, los morteros son más livianos, las tres referencias nos aportan que las adiciones de ceniza de cascarilla de arroz provocan incrementos en la resistencia a la compresión, lo que se tiene que tener en consideración como aspecto negativo que la ceniza de cascarilla de arroz en un porcentaje muy alto crea una mayor demanda de agua para el amasado de la mezcla disminuyendo la resistencia a la compresión.

Reyna (2015), realizó una importante investigación, comenta que:

Analizó la vulnerabilidad de las viviendas en los distritos de la ciudad de Trujillo, fijándose en el material predominante en las paredes exteriores, llegando a contabilizar 55,238 viviendas, de las cuales 52,655 son de muros de ladrillo y/o bloques. Dándonos a entender que predomina el ladrillo y/o bloque como material principal en sus diferentes tipos, es por ello que planteamos encausar la problemática de la ceniza de cascarilla de arroz en morteros de asentado por la demanda y el uso práctico.

Por otro lado, se optó la sustitución porcentual de la ceniza de cascarilla de arroz por arena, frente al desbordado consumo de las canteras que afectan de forma directa con el medio ambiente y con la población aledaña a ellas. Muestra de esto, tenemos la cantera ubicada cerca al AA.HH. El Reposo, donde atentan contra la salud, el medio ambiente y la historia por explotar material cerca de restos arqueológicos.

Desde otra perspectiva, la BBC, en una noticia publicada el 17 de noviembre, Ferre (2010), nos describe que el arroz es el segundo cereal de mayor producción en el mundo solo por detrás del trigo siendo un total de 113 países productores que cultivan 400 millones de toneladas al año que generan miles de millones de dólares de ganancia a la agricultura. El otro lado de la moneda, muestra que las elevadas cifras de producción de arroz acarrearán consigo consecuencias nefastas para el medio ambiente y para quienes viven alrededor, la quema del producto orgánico no consumible del arroz produce gases de efecto invernadero y serias afecciones respiratorias. Ferre (2010), comparte que:

“La Unión Europea (UE) prohibió en 2008 la quema de estos residuos agrícolas por su alto efecto contaminante y emplazó a las autoridades locales a adoptar una solución al respecto. Ante la falta de reacción de éstas, los agricultores no tuvieron más remedio que abandonar el desecho en los mismos arrozales. Pero el proceso de descomposición de este material orgánico acaba con prácticamente todo el oxígeno existente en el agua y, por tanto, causa una gran mortandad de peces, genera hedor y provoca elevadas emisiones de gas metano a la atmósfera. Puesto que la quema trata de evitarse, situaciones similares a esta se repiten con frecuencia en el Valle Imperial de California, o en el de Mexicali, al norte de México. También en Colombia, en Perú y en algunos otros países productores de América Latina. El problema de los residuos derivados del cultivo del arroz parece, pues, un callejón sin salida.”

Después de lo citado anteriormente, podemos apreciar que las propiedades aportantes en particular el aumento de la resistencia a la compresión que tiene la ceniza de cascarilla de arroz no ha sido de mucho interés en el Perú, generando poco estudio de las influencias positivas que se pueden llegar a conseguir de esta enorme biomasa. En la libertad el desconocimiento se hace presente y es muy extraño ya que al ser una zona arroceras que abarca desde Trujillo, San Pedro, Pacasmayo y Chepén, como ciudades principales productoras de este grano, al no contar con la información de la utilidad que se le puede dar las cascarilla de arroz después de ser desprendida del grano por medio de un proceso agroindustrial es desechada y termina en botaderos, ríos aledaños y en el peor de los casos calcinada de manera informal generando una molesta ceniza y gases tóxicos que no solo contaminan la atmosfera sino que también se ven involucrados el suelo, el agua y poblaciones aledañas.

Por nuestro lado, la presente investigación tiene como finalidad describir y comparar la resistencia a la compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros con adiciones de ceniza de cascarilla de arroz, basándose en los resultados que obtendremos y comprobar si la cascarilla influye de manera favorable y se pueda tener como un sustituto para futuras investigaciones.

Si esta investigación prueba un factor conveniente en la resistencia a la compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros adicionados con ceniza de cascarilla de arroz será la base teórica para mejorar obras civiles que por lo general son autoconstruidas dándole importancia a este producto y en el ámbito industrial para la mitigación de productos contaminantes desplazados por un sustituto natural menos contaminante y aportando una mejora a la compresión, densidad, porosidad y durabilidad sin afectar su fluidez generando un mortero de mayor calidad y por ende mejores muros.

Cabe recalcar, que la resistencia a la compresión es uno de los factores principales que debe portar un mortero y se viene experimentando con muchos aditivos que aumentan esta capacidad de resistir, pero por lo general también elevan el costo, si logramos comprobar que la ceniza de la cascarilla de arroz aumenta la resistencia a la compresión, estaríamos generando una nueva idea de producto más económico y ecológico.

Por otro lado, también se trata de mitigar la contaminación por parte de empresas dedicadas a la extracción mineral en este caso arena que se encuentran ubicadas en el norte de Perú. Un caso particular es la empresa Pacasmayo, que trata de trabajar con una línea de productos que causen el menor impacto en el medio ambiente, pero igual la quema de cualquier material es contaminante; en este caso se pide mirar a la cascarilla de arroz sobre arenas que al ser quemados o usados para la producción de morteros emana gases verdes o destruyen la geomorfología del paisaje. El impacto sería enorme, ya experimentado en Brasil, Colombia, Venezuela y Ecuador aquí en Sudamérica.

1.1.1. Antecedentes de la Investigación

Aliaga (2018), evaluó cómo influye la adición de ceniza de cascarilla de arroz en la resistencia a compresión, sorptividad y densidad del mortero de cemento con proporción cemento y arena 1:4. Para fines de la investigación se necesitó quemar aproximadamente el doble de cascarilla de arroz respecto a la ceniza que se empleó en la investigación, la cual corresponde a 1 kg de cascarilla de arroz, para poder obtener 450 gr de ceniza, se elaboraron 90 cubos de mortero de 5x5x5 para evaluar la resistencia a compresión, sorptividad y densidad de los morteros hechos a base de cemento arena (arena fina y gruesa), más la adición de ceniza de cascarilla de arroz a 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5%. Las probetas de arena fina con ceniza alcanzaron su pico más alto en resistencia a compresión al 2% de ceniza, obteniendo 91.8 kg/cm^2 , y no mostró un valor menor al de la muestra patrón, referente a sorptividad, se obtuvo su mejor condición (valor más bajo) en 2%, y su mayor absorción en 4%, y para densidad solo se obtuvieron valores menores que a la muestra patrón. Las probetas de arena gruesa por otro lado alcanzaron su mejor resistencia a compresión al 1% de ceniza, obteniendo 226.8 kg/cm^2 , y su resistencia más baja al 4% de ceniza soportando 142.7 kg/cm^2 , la menor sorptividad al 1% y la mayor al mortero patrón 0%, y finalmente al igual que los morteros de arena fina, las densidades bajaron de acuerdo se le adicionaba ceniza, se logró un aumento de su resistencia a compresión cuando se le adicionó un 1% de ceniza, hasta 3% considerado como un mortero rico, con excepción de la adición a 4%. En lo que respecta a sorptividad, sus propiedades mejoraron notoriamente a corto plazo, llamado absorción inicial y a largo plazo denominado absorción secundaria para la arena gruesa, evitando la penetración de agua medida a través del tiempo, todo lo contrario para la arena fina, que si bien aumentó la

absorción capilar, para una adición de ceniza de 2% el aumento es mínimo; pero cabe recalcar que en lo que consta a la sorptividad, ambos casos de morteros mostraron una saturación casi total al estar en contacto con el agua al cabo de 6 días, es decir que no permitió más ascenso de agua. Y finalmente, para densidad, ambos morteros, de arena fina y arena gruesa mostraron mejoras, así de esta manera redujeron sus densidades respecto a sus morteros patrón. (pág. 76)

El aporte que da esta investigación, nos muestra la cantidad promedio que se tiene que incinerar para poder conseguir ceniza de cascarilla de arroz con respecto a un kilo también no dice que en arena gruesa el aumento de la resistencia a la compresión es mayor que arena fina y nos sugiere remplazar el 1% del volumen de arena gruesa en la mezcla.

Serrano (2012) planteó como objetivo la elaboración de morteros ligeros con cáscara de arroz, que presenten unos tiempos de fraguado y resistencias mecánicas aceptables. Para los morteros se ha utilizado cemento gris Pórtland tipo I, el agua utilizada fue agua potable. Para la determinación de las resistencias mecánicas en morteros de cemento, se utilizaron probetas de 4x4x16 cm. Dichas probetas se fabricaron en moldes de acero con capacidad para tres probetas por molde. La amasadora y el procedimiento de amasado que se utilizaron para los diferentes procesos de amasado, cumplen con la norma UNE-EN 196-1:1996. Los primeros ensayos realizados con cáscara sin moler, demostraron que era inviable la incorporación de cantidades de cáscara relativamente importantes, ya que se producían demandas de agua muy altas y consecuentemente, una segregación de la pasta de cemento. Se han obtenido morteros ligeros con densidades en el intervalo de 1,1-1,3 g/cm³, que presentan resistencias mecánicas entre 2 y 4 MPa (20.40Kg/cm² y 40.79Kg/cm²). Como cabía esperar, los materiales resultantes no

presentan las propiedades mecánicas de los morteros y hormigones tradicionales, sin embargo, son interesantes para ser aplicados en componentes de construcción livianos y de uso no portante. (pág. 135)

El aporte que da esta investigación, nos muestra que la cáscara en bruto no se puede añadir a la mezcla por que absorbe mucha agua eso trae como reacción la caída de la resistencia a la compresión se recomienda incinerar la cascarilla y triturarla, así se acoplara mejor y si remplazamos en agregado fino obtendremos morteros más ligeros.

Águila (2008) evaluó las potencialidades de las cenizas de cascarilla de arroz, hoja de maíz y bagazo de caña, para ser utilizados como posibles fuentes de materiales puzolánicos. Mediante ensayos de laboratorio, se realiza una primera caracterización física y química de cada uno de los materiales, con el fin de determinar si poseen la composición necesaria. Para ello, se preparan 14 muestras que incluyen una sin adición de ceniza (100% Portland, que se toma como patrón), y series de muestras con contenido de ceniza entre 10 y 30 %, en sustitución de cemento para cada uno de los materiales a evaluar. Se observa que las tres cenizas tienen una gravedad específica mucho menor que el cemento y que no existen diferencias muy marcadas entre ellas. La baja gravedad específica de las cenizas puede llevar a una ligera reducción en el peso del concreto a elaborar, lo cual podría representar una ventaja económica y constructiva. La ceniza de cascarilla de arroz muestra una mayor facilidad de molienda habiéndose obtenido una alta superficie específica de $9.487 \text{ cm}^2/\text{g}$, mucho mayor que la del cemento, la cascarilla de arroz posee un 50,33 % de sílice, por otro lado, la ceniza de cascarilla de arroz, donde la cantidad de sílice es mayor, se aprecian incrementos en la resistencia respecto a la muestra patrón, para adiciones inferiores al 25%. Se verificó que las cenizas de

cascarilla de arroz por encima de la hoja de maíz se pueden utilizar como sustitutos parciales del cemento Pórtland en la elaboración de cementos ordinarios. Se pudo apreciar que en este sentido la cascarilla de arroz es el material de mayor potencialidad. En este caso se logró una ceniza con poco más de 80 % de sílice en su composición, las adiciones de ceniza de cascarilla de arroz provocan incrementos en la resistencia a la compresión, siendo el porcentaje ideal de sustitución de 20 %. (pág. 10)

El aporte de esta investigación, confirma el uso de ceniza de cascarilla de arroz como aditivo prometedor entre los desechos vegetales, especifica la adición ideal de un 20%, adicionada a la mezcla del mortero para la elaboración de cemento gracias a sus propiedades puzolánicas.

Chur (2010) uso residuos agrícolas, como la cascarilla de arroz, en los morteros de mampostería sin afectar de gran manera su resistencia. Se sustituyó un 10% en relación con el agregado fino, se utilizó arena de río, se evaluaron en estado fresco y endurecido por medio de los ensayos y especificaciones indicados en la norma ASTM C-270, se evaluó de acuerdo con la norma ASTM C-144. De acuerdo con los resultados, la densidad de AR (2.32) > CA (0.78), lo que indica que la arena de río es más pesada que la cáscara de arroz, el largo promedio de CA está entre 7 y 9 mm, se evaluó el estado de fluidez de la mezcla; para la mezcla, se midió por el método de la mesa de flujo ($110\% \pm 5\%$), de acuerdo con los resultados, el desarrollo de resistencia a compresión con respecto a la edad (3, 7 y 28 días) y contenido de cáscara de arroz (mezcla Ay B), son los esperados para los morteros evaluados, con valores de resistencia a la compresión promedio de la mezcla A (78.02 y 131.75 Kg/cm²), promedio de la mezcla B (33.46 y 62.00 Kg/cm²), para 3 y 28 días respectivamente, con esto determinamos que se alcanzó mayor

resistencia a la compresión a los 28 días. Se pudo observar en los ensayos a compresión, tensión y adherencia que, a mayor cantidad de cascarilla de arroz, las propiedades mecánicas de los morteros disminuyen, por lo que es importante establecer un nivel medio en la aplicación de este componente (pág. 73)

El aporte que da esta investigación, nos reafirma que no se debe de sustituir la cascarilla de arroz sin ser calcinada y la importancia que tiene el tamaño de la partícula, también nos vuelve a recalcar que no es conveniente remplazar la cascarilla por cemento si no por agregado fino o grueso ya que la ceniza de cascarilla de arroz al sumarle cemento crearas más demanda de agua por consiguiente disminuirás la resistencia a la compresión y la adherencia.

Cárdenas (2019) examina los efectos de la ceniza de cascarilla de arroz como fuente alternativa de sílice para la activación alcalina de sistemas binarios ceniza volante/escoria de alto horno. Para esto, fueron llevados a cabo sobre morteros activados con silicato de sodio o ceniza de cascarilla de arroz, en combinación con hidróxido de sodio, ensayos de laboratorio en estado fresco y endurecido para su caracterización. El programa experimental comprendió la elaboración de 8 mezclas binarias de activación alcalina constituidas por 4 mezclas con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y 4 mezclas con silicato de sodio (Na_2SiO_3) como partes activantes, y diferentes dosificaciones de ceniza volante y escoria de alto horno. Posteriormente, se efectuaron ensayos en estado fresco y endurecido sobre las diferentes mezclas fabricadas con el fin de caracterizar sus desempeños tanto físicos como mecánicos. Con base en los resultados obtenidos para los ensayos realizados, fueron evaluados algunos efectos de la ceniza de cascarilla de arroz como fuente de sílice alternativa en sistemas cementantes binarios ceniza volante/escoria de alto horno. A pesar de la menor fluidez, los sistemas binarios

ceniza volante/escoria de alto horno activados con ceniza de cascarilla de arroz presentaron resistencias a compresión de hasta 61 MPa en 28 días, superiores a las resistencias presentadas por los mismos sistemas activados con silicato de sodio. El presente estudio comprueba que si es viable la utilización de cenizas de cascarilla de arroz como fuente alternativa de sílice en sistemas de activación alcalina en un 15% (pág. 13)

El aporte que da esta investigación, nos muestra que, si es viable activar el cemento por medio de la ceniza de cascarilla de arroz, las partículas de sílice refuerzan y activan el endureciendo del mortero como silicato de sodio y más amigable con el medio ambiente dando buenos resultados mecánicos.

Castaño, Robayo & Sánchez (2013) realizaron la sustitución de cemento hidráulico convencional por cenizas volantes activadas alcalinamente para la producción de mortero sometiendo dichas mezclas a pruebas de laboratorio que determinaron las propiedades de durabilidad. Se trabajaron cuatro mezclas adicionales y dos mezclas de control, así: Mezcla 1: con cemento portland. Mezcla 2: con ceniza volante 100%. Mezcla 3: con ceniza volante 75%. Mezcla 4: con ceniza volante 50%. Mezcla 5: con cenizas volante 25%. Mezcla 6: con cemento de uso general; para evaluar el desempeño de las mezclas frente a un ataque de medios agresivos, se implementó una solución de ácido sulfúrico en concentración de 50 ml/L, se sumerge totalmente la probeta en la solución, por un periodo de 24 horas; posteriormente, se lava y se lleva al horno para luego tomar su peso. Antes de dicha inmersión, la probeta por ensayar se seca en horno a $105\pm 5^{\circ}\text{C}$, con el fin de tomar el peso seco. En este proceso se determinará la resistencia a compresión y la pérdida de masa, las probetas cumplieron un curado de 28 días. De acuerdo con los resultados, para las mezclas se evidenció que la mayor pérdida de masa se registra

en la mezcla 5 con un 77.53% y la mezcla 4 con un 18.40%, donde durante las 24 horas de exposición al ácido, la probeta se fue desintegrando; por otro lado, las muestras que obtuvieron un pequeño porcentaje de pérdida en la capa superficial de la muestra fueron la mezcla 1 con un 2.54%, mezcla 2 con un 7.73%, mezcla 3 con un 4.67% y mezcla 6 con 7.76%. Debido a esto, no fue posible evaluar el comportamiento a compresión de la mezcla 5, ya que tuvo un gran deterioro. Ninguna otra mezcla presentó este comportamiento y aunque la mezcla 4, perdió masa considerable obtuvo una resistencia de 4.57 kg/cm^2 , sin embargo, las mezclas que si fueron posibles evaluar su resistencia son: mezcla 1: 288.27 kg/cm^2 , mezcla 2: 245.95 kg/cm^2 , mezcla 3: 171.21 kg/cm^2 y mezcla 6: 252.15 kg/cm^2 . Se puede distinguir en todas las mezclas un proceso acelerado de deterioro debido a la alta concentración de ácido sulfúrico, y se puede evidenciar el deterioro de las probetas de mortero. (pág. 86)

El aporte que da esta investigación, nos muestra que las cenizas en este caso volantes al ser sustituidas por cemento portland en porcentajes altos son favorables y resistentes a medios agresivos. Por otro lado, mientras menor es el porcentaje de ceniza, el proceso de deterioro es mayor.

Montero (2017) determina el porcentaje más óptimo de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) como reemplazo de cemento en la fabricación de hormigón convencional. Se realizaron 4 mezclas de mortero con diferentes proporciones de material cementante, desde 0%, 5%, 15%, y 20% de reemplazo de CCA en peso de cemento. Se utilizó cemento Holcim GU. Se usó una relación agua-material cementante (a/mc) inicial de 0.4 y como agregado fino se utilizó arena normada por ASTM C33. El dióxido de silicio obtenido de la cascarilla de arroz, obtenido de un proceso de calcinación y posteriormente de trituración presentó buenas

propiedades como material puzolánico. Su alto contenido de sílice hace que al mezclarse con el cemento a temperatura ambiente y en presencia de agua reaccione fácilmente con el calcio, el aporte de esta investigación nos dice que es necesario reducir el tamaño de partícula de la CCA, mediante un proceso de molienda en seco con el fin de que sus partículas alcancen un tamaño menor a 0.08 mm, para que pueda reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio y así formar compuestos con propiedades cementantes. La sustitución de un 10% de CCA en la dosificación de un hormigón convencional obtuvo las mejores prestaciones en resistencia a los 28 días de curado puesto que generó un aumento del 16% en la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla control. (pág. 76)

El aporte que da esta investigación, es de mucha importancia ya que nos da un tamaño de partícula ideal para la reacción adecuada entre el cemento y la ceniza de cascarilla de arroz aumentando de manera positiva la resistencia a la compresión y adherencia sin uso de más agua teniendo un control de mezcla ideal.

1.1.2. Bases teóricas

1.1.2.1. Morteros

1.1.2.1.1 Definición

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos siendo el principal el cemento. También se puede adicionar cal como segundo conglomerante para aportar trabajabilidad y plasticidad. Otros componentes son los áridos silíceos, calizos; los aditivos químicos que pueden ser aireantes, plastificantes, retenedores de agua, hidrofugantes, retardante y el agua. (Vázquez & León, 2014).

1.1.2.1.2 Historia

También nos muestran que antiguamente los egipcios, griegos y romanos adicionaron sustancias naturales como sangre, grasa animal o leche al mortero para mejorar sus propiedades, por tanto, los aditivos son tan antiguos como el mortero mismo. (Montoya, 2009). En la actualidad se describen formulas y recetas que incorporan refuerzos a base de fibras vegetales. Los constructores romanos descubrieron que ciertas cenizas producían un mortero muy fuerte, capaz de resistir la acción del agua dulce o salada que tiene vigencia hasta el día de hoy.

1.1.2.1.3 Funciones de los morteros

Una de las funciones principales es de unión, y asentamiento de bloques de piedra, de ladrillos y de las piezas labradas (sillares, tambores, capiteles, tejas, etc.) que forman los elementos constructivos (muros, columnas, cornisas, techos, etc.) (Aliaga, 2018).

1.1.2.1.4 Clase de mortero

La norma ASTM C-270 (Standard Specification for Masonry Mortar), clasifica a los morteros de acuerdo a cuatro tipos cuyo nombre se deriva de las palabras inglesas "Mason Work", designándolos como M, S, N, O y K. El tipo K se eliminó, dejando los tipos M, S, N y O solamente. Estos pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambos casos (Huamán, 2014).

Tabla 1. Clases de mortero

Mortero	Tipo	Resistencia Kg/cm ² (Mpa)
Cemento de Mampostería	M	176 (17.2)
	S	127 (12.4)
	N	53 (5.2)
	O	25 (2.4)

Nota. Fuente: Huamán (2014)

Por otro lado, la norma técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, clasifica a los morteros para asentado en dos tipos, el tipo P empleado en la construcción de muros portantes; y NP, utilizados en los muros no portantes.

En la Tabla 2, se observarán los componentes del mortero y tendrán proporciones volumétricas en estado suelto y se mostrarán también los usos.

Tabla 2. Tipos de mortero

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1		Hasta 6	Muros no Portantes

Nota. Fuente: Norma E070 (2006-2021)

1.1.2.1.5 Composición de morteros de cemento y arena

a. Cemento

El cemento Portland es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, con el objetivo de tener un polvo muy fino que en contacto con el agua se endurece formando una roca artificial que adquieren propiedades resistentes y adherentes. (Lozano, 2014)

El cemento Portland es indudablemente el aglutinante más ampliamente usado en la manufactura del concreto. (Caldarone, 2009)

- **Tipos de Cemento Portland para morteros de asentado:**

Con diferentes cantidades de los componentes del cemento se obtiene variedades de estos para diferentes usos. En general, hay varios tipos de cemento las cuales son:

- **Tipo I:** Es el cemento portland normal para usos generales. Se utiliza cuando el hormigón no va estar expuesto a ataques fuertes de sulfatos del agua o del suelo.
- **Tipo ICo:** Es un cemento compuesto obtenido por pulverizar en conjunto el Clinker, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30%.

b. Agregado fino

Este agregado pétreo se lo conoce mayormente como arena. Puede ser natural u obtenida por trituración o una combinación de ambas. Debe pasar totalmente a través de la malla de 3/8" y presenta tres características principales:

- El módulo de finura no debe ser menor de 2.20 y no mayor de 3.10.

- El módulo de finura se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados en las mallas (no. 4, 8, 16, 30, 50 y 100) y dividiendo entre 100. El módulo de finura es adimensional.
- El retenido parcial en cualquier tamiz no debe ser mayor del 45%.

c. Agua

El agua es el líquido por excelencia que está presente de manera perenne en la elaboración de concretos y/o morteros, mezclas, en el lavado de agregados, curado y riego de concreto. La misión del agua, aparte de la hidratación del cemento y de los demás componentes activos, es de actuar como lubricante haciendo que la masa en estado fresco sea trabajable.

Por regla general, las aguas que son inodoras, incoloras e insípidas y que no forman espumas o gases cuando son agitadas, pueden ser utilizadas como aguas de amasado para el mortero. Sin embargo, deberán evitarse aquellas aguas que contengan azúcares, taninos, materia orgánica, aceites, sulfatos, sales alcalinas, gas carbónico, así como productos procedentes de residuos industriales (Lozano, 2014).

1.1.2.1.6 Propiedades del mortero

a. Propiedades en estado plástico

a.1. Fluidez

Una de las propiedades más importantes del mortero en estado fresco es la fluidez. De la plasticidad depende lograr buena unión entre los elementos constructivos cuando se colocan mampuestos, así como disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados. En general, se acepta como medida de la manejabilidad, el valor de fluidez

de la mezcla obtenido en la mesa de flujo de acuerdo a la norma ASTM C-230 (Chur, 2010).

La clasificación del mortero de acuerdo a su fluidez, las cuales se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Fluidez según su consistencia

Consistencia	Fluidez (%)	Condición de colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de colocación
Dura (seca)	80-100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimientos de túneles, galerías, pantallas de cimentaciones, pisos	Proyección neumática con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100-120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120-150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Nota. Fuente: Chur (2010)

b. Propiedades en estado endurecido

b.1 Resistencia a la Compresión

Los morteros de mampostería se utilizan para pegar, estos deben proporcionar una unión resistente. Si el mortero va a ser utilizado para soportar cargas altas y sucesos, tal es el caso de la mampostería estructural, debe poseer una alta resistencia a la compresión evaluada según la norma ASTM C-109.

Para diseñar morteros de alta resistencia se debe tener en cuenta que, para un mismo cemento y un mismo tipo de agregado fino, el mortero más resistente y más impermeable será aquel que contenga mayor

contenido de cemento para un volumen dado de mortero; o sea aquel que en la unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos. (Aliaga, 2018)

El tamaño de los granos de la arena juega un papel importante en la resistencia del mortero; un mortero hecho con arena fina será menos denso que un mortero hecho con arena gruesa para un mismo contenido de cemento.

Por último, el contenido de agua del mortero tiene influencia sobre su resistencia; los morteros secos dan mayor resistencia que los morteros húmedos, porque pueden ser más densamente compactados (Gutiérrez, 2003). La clasificación del mortero de acuerdo a su resistencia a la compresión, las cuales se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Resistencia a la compresión según su proporción

Tipo de mortero	Proporción en volumen		Empleo preferente	Resistencia Kg/cm ²
	Cemento	Arena		
Ricos	1	1	Bruñidos y revoques impermeables	160
	1	2	Enlucidos, revoque de zócalos, corrido de cornisas	
	1	3	Bóvedas tabicadas, muros muy cargados, enlucidos de pavimento, enfoscados.	
Ordinarios	1	4	Bóvedas de escalera, tabiques de rasilla	130
	1	5	Muros cargados, fábrica de ladrillos, enfoscados	98
Pobres	1	6	Fábricas cargadas	75
	1	8	Muros sin carga	50
	1	10	Rellenos para solado	30

Nota. Fuente: Aliaga (2018)

b.2 Densidad

Dentro de las propiedades del mortero, según la norma ASTM C642, se encuentra la densidad y esta norma la define como el peso de la unidad de volumen de mortero endurecido. Por lo general, la densidad o masa unitaria de un material es un indicador de la resistencia del mismo, si se tiene un mortero muy denso es probable que su resistencia sea alta; siendo lo contrario para morteros menos densos.

Por otro lado, el significado de densidad se entiende como la relación existente entre la masa de una cantidad dada de mortero y el volumen absoluto que ocupa dicha masa; este es un parámetro fundamental para obtener el contenido de aire atrapado en el mortero. (Gálvez, 2018)

La densidad del mortero dependerá fundamentalmente de la que tengan sus componentes: Arenas, adiciones, etc. También es determinante la granulometría y volumen que éstos ocupen en su dosificación. Además, incide en la densidad la relación agua/cemento del mortero. A medida que aumenta dicha relación más poroso es el mortero. (Aliaga, 2018)

La clasificación del mortero de acuerdo a su densidad, según la Tabla 5:

Tabla 5. Morteros según su densidad

Tipo de mortero	Masa unitaria (Kg/m³)
Liviano	1400 – 1600
Mediano	1600 – 1850
Pesado	1850 - 2200

Nota. Fuente: Gálvez (2018)

b.3 Porosidad

Se sostiene que la porosidad es un parámetro condicionante de primer orden para asegurar la durabilidad del mortero, y esta relación se refleja en prácticamente todos los reglamentos y códigos. Además, se considera a la porosidad como la presencia de poros en la masa, pero también hay que analizar su distribución geométrica y los mecanismos de transporte de fluidos dentro del mortero. (Fernández, 2006)

La porosidad es una propiedad que se define como aquellos sistemas de vacíos presentes en la estructura interna de un mortero endurecido, los cuales no contienen materia sólida. Esta característica, es la que condiciona el comportamiento posterior para absorber líquidos y su capacidad de flujo a través de él. (Quintero, Herrera, Corzo & García, 2011).

La porosidad influye en los mecanismos de transporte de líquidos en el mortero, dadas las características de su sistema de poros, que puede describirse como un conjunto de tubos cilíndricos paralelos y de muy pequeño espesor. En esta propiedad, existe un término donde influye de manera significativa el material con el que está elaborado el mortero, este es la cohesión, que no es más que la atracción entre las moléculas de una misma sustancia, por la acción capilar los cuerpos sólidos hacen subir y mover sus poros, hasta cierto límite, el líquido que los moja. (Gálvez, 2018)

En las obras de construcción, se aplican distintos tipos de dosificaciones de mortero, generalmente expresados en cantidades de cemento y arena, de acuerdo a como se le agregue más arena al mortero, éste tiende a

perder propiedades tanto físicas como mecánicas. Esto debido, a que de acuerdo a la cantidad de cemento que tenga la mezcla, repercutirá directamente con su porosidad y con su resistencia; es decir, mientras más cemento tenga la mezcla, el mortero tiende a ser menos poroso y más resistente; en otras palabras, tiende a impermeabilizarse. (Aliaga, 2018)



Figura 1. Poros del mortero. (Serrano, 2012)

b.4 Durabilidad

La durabilidad es un concepto donde se evalúa el desempeño del material con respecto a un tiempo determinado con la finalidad de no poner en riesgo su funcionalidad frente a agentes externos. Las pruebas de durabilidad se pueden presentar como potenciales de corrosión, tasas de permeabilidad, profundidad de penetración, pérdida de masa y una de las más conocidas es la resistencia a la compresión. (Mendoza, Flores, De los Santos & Garcés, 2015)

Al igual que en el concreto, la durabilidad se define como la resistencia que presenta el mortero ante agentes externos como: Baja temperatura, penetración de agua, desgaste por abrasión y agentes corrosivos. En general, se puede decir que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad.

La Instrucción Española de Hormigón Estructural define la durabilidad de una estructura de hormigón y su armadura como “su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta”. La penetración del agua y de las sustancias disueltas en ésta, pueden causar el deterioro del hormigón armado. Al igual que la difusión del dióxido de carbono y los iones de cloruro provocan la degradación acelerada del material. La durabilidad de un hormigón y de un mortero dependerá en gran medida de la capacidad del mismo para resistir estos ataques. (Molina, Moragues & Gálvez, 2008)

1.1.2.2. Cascarilla de arroz

1.1.2.2.1 Definición

La cáscara o cascarilla de arroz representa aproximadamente una quinta parte en peso del fruto recolectado, variando esta cantidad en función de las condiciones de cultivo y la variedad del arroz. (Serrano, 2012).

La cascarilla de arroz es el principal residuo que se obtiene en la producción mundial de arroz. Burgos, comenta que la cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte (Burgos, 2016)

1.1.2.2.2 Composición de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es el principal residuo que se obtiene de la producción de arroz. Debido a la baja degradabilidad natural que se origina por la alta presencia de sílice en su estructura, este residuo puede acumularse en el ambiente dando origen a graves problemas medioambientales (Aliaga, 2018)

Tabla 6. Componentes de la cascarilla de arroz

Componente	Fórmula	Composición
Celulosa: polímero de glucosa	$C_5H_{10}O_5$	50%
Lignina: polímero de fenol	$C_7H_{10}O_3$	30%
Sílice: componente primario de ceniza	SiO_2	20%

Nota. Fuente: Aliaga (2018)

1.1.2.2.3 Ceniza de cascarilla de arroz

Salas describe a la ceniza de cascarilla de arroz, como un material puzolánico altamente reactivo que se produce por incineración de cascarilla de arroz que contiene un porcentaje muy alto de sílice amorfa o cristalina. (Salas, 2013). Aliaga describe a la ceniza de cascarilla de arroz como el residuo de la calcinación de la cáscara de arroz; para hacerla altamente puzolánica es necesario tener control en la quema de la misma. La temperatura no debe pasar de 700 grados centígrados, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad. (Aliaga, 2018)



Figura 2. Ceniza de cascarilla de arroz

1.1.2.2.4 Composición de la ceniza

La ceniza de cascarilla de arroz cuenta con un tamaño de partícula original de 125 μm (Cárdenas, 2019). La composición química de este material se resume en la Tabla 7.

Tabla 7. Composición química de la cascarilla de arroz

Compuesto	CCA (%)
SiO ₂	90.93
Al ₂ O ₃	0.11
Fe ₂ O ₃	0.19
CaO	0.36
MgO	0.33
Na ₂ O	0.02
K ₂ O	1.97
P ₂ O ₅	-
SO ₃	0.15
Inquemados	4.10

Nota. Fuente: Cárdenas (2019)

1.2. Formulación del problema

- ¿De qué manera influye el porcentaje, tamaño de partícula de ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia del porcentaje, tamaño de partícula de ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado.

1.3.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar la fluidez de la mezcla en función de su trabajabilidad con adición de ceniza de cascarilla de arroz en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5.

OE2: Evaluar la resistencia a la compresión de las muestras con adición de ceniza de cascarilla de arroz a 28 días de curado en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5.

OE3: Evaluar la densidad del mortero con adición de ceniza de cascarilla de arroz en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5.

OE4: Evaluar la porosidad del mortero con adición de ceniza de cascarilla de arroz en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5.

OE5: Evaluar la durabilidad del mortero adicionado con CCA en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5, expuestos a medios agresivos durante 60 días.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- La ceniza de cascarilla de arroz influye en la compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado. Teniendo como resultado un mortero con propiedades superiores o equivalentes que a la vez será amigable con el medio ambiente.

1.4.2. Hipótesis específicas

Tabla 8. Hipótesis Específica

Hipótesis	Componentes Metodológicos		
	Variables	Unidad de análisis	Conector lógico
La ceniza de cascarilla de arroz influye en la compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado. Teniendo como resultado un mortero con propiedades superiores o equivalentes que a la vez será amigable con el medio ambiente.	Compresión		Aumenta
	Fluidez		Disminuye
	Densidad	Mortero ecológico para asentado	Disminuye
	Porosidad		Aumenta
	Durabilidad		Aumenta

Nota. Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito:

El presente proyecto de investigación según su propósito es de tipo aplicada, ya que se cuenta con información de investigaciones para dar solución a objetivos específicos.

2.1.2. Según el diseño de investigación:

En la presente investigación existe manipulación de variables independientes para hallar resultados en variables dependientes por lo que es una investigación experimental.

2.1.3. Diseño de investigación:

Según el diseño es tipo experimental puro en las que varió el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz (A1, A2, A3, A4), así como el tamaño de partícula (C1, C2) para las diferentes dosificaciones (B1, B2, B3); evaluando la resistencia a la compresión (Kg/cm^2), fluidez (%), densidad (g/cm^3), porosidad (%) y durabilidad ($\Delta\text{m}\%$, $\Delta\text{Kg/cm}^2\%$). La Matriz del Diseño Trifactorial experimental se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Diseño de Investigación

		B1	B2	B3
C1	A1	a1, b1, c1	a1, b2, c1	a1, b3, c1
	A2	a2, b1, c1	a2, b2, c1	a2, b3, c1
	A3	a3, b1, c1	a3, b2, c1	a3, b3, c1
	A4	a4, b1, c1	a4, b2, c1	a4, b3, c1
C2	A1	a1, b1, c2	a1, b2, c2	a1, b3, c2
	A2	a2, b1, c2	a2, b2, c2	a2, b3, c2
	A3	a3, b1, c2	a3, b2, c2	a3, b3, c2
	A4	a4, b1, c2	a4, b2, c2	a4, b3, c2

Nota. Combinación de las tres variables. Fuente: Elaboración Propia

2.1.4. Definición de variables dependientes

Variable 1 Resistencia a la Compresión

Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo más elevada posible, aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir. (Chur, 2010)

Variable 2 Fluidez

La fluidez es una medida de la consistencia de la pasta de cemento expresada en términos del incremento del diámetro de un espécimen moldeado por un medio cono, después de sacudir un número específico de veces. (Burgos, 2016)

Variable 3 Densidad

La densidad es la masa por unidad volumétrica de un cuerpo. La mayor o menor densidad de un material de construcción influye en su capacidad aislante y afecta a las propiedades mecánicas. (Cuitiño, Rotondaro & Esteves, 2019)

Variables 4 Porosidad

La porosidad es una propiedad que se define como aquellos sistemas de vacíos presentes en la estructura interna de un mortero endurecido los cuales no contienen materia sólida. Esta característica es la que condiciona el comportamiento posterior para absorber líquidos y su capacidad de flujo a través de él. (Quintero, Herrera, Corzo & García, 2011)

Variable 5 Durabilidad

La durabilidad es un concepto donde se evalúa el desempeño del material con respecto a un tiempo determinado con la finalidad de no poner en riesgo su funcionalidad frente a agentes externos. Las pruebas de durabilidad se pueden presentar como potenciales de corrosión, tasas de permeabilidad, profundidad de penetración, pérdida de masa y en las más conocidas resistencia a la compresión.

(Mendoza, Flores, De los Santos & Garcés, 2015)

2.1.4.1 Clasificación de variables:

Tabla 10. Clasificación de las Variables

CLASIFICACIÓN					
Variables	Relación	Naturaleza	Escala de Medición	Dimensión	Forma de Medición
Porcentaje de CCA	Independiente	Cuantitativa	Intervalo	Unidimensional	Directa
Tamaño de partícula de CCA	Independiente	Cuantitativa	Intervalo	Unidimensional	Directa
Dosificación c/a	Independiente	Cuantitativa	Intervalo	Unidimensional	Directa
Resistencia a la Compresión	Dependiente	Cuantitativa	Intervalo	Unidimensional	Directa
Fluidez	Dependiente	Cuantitativa	Intervalo	Unidimensional	Directa
Densidad	Dependiente	Cuantitativa	Intervalo	Unidimensional	Directa
Porosidad	Dependiente	Cuantitativa	Intervalo	Unidimensional	Directa
Durabilidad	Dependiente	Cuantitativa	Intervalo	Bidimensional	Directa

Nota. Fuente: Elaboración Propia

2.1.4.2 Operacionalización de variables:

Tabla 11. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND.	HERRAMIENTA	ITEMS
V. DEPENDIENTE: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo más elevada posible, aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir. (Chur, 2010)	Se mide aplastando probetas cúbicas de mortero en la máquina de ensayos de compresión con 28 días de curado.	El aporte de la ceniza de cascarilla de arroz en la resistencia a la compresión.	El valor de la resistencia la compresión en morteros.	Kg/cm ²	Guía de observación	La carga total que resiste.
V. DEPENDIENTE: FLUIDEZ	La fluidez es una medida de la consistencia de la pasta de cemento expresada en términos del incremento del diámetro de un espécimen moldeado por un medio cono, después de sacudir un número específico de veces. (Burgos, 2016)	Se mide con respecto a un diámetro resultante después de los golpes en la mesa de flujo.	El aporte de la ceniza de cascarilla de arroz en la fluidez.	El valor de la fluidez en morteros.	%	Guía de observación	El porcentaje de la deformación del diámetro inicial.

**V.
DEPENDIENTE:
DENSIDAD**

La densidad es la masa por unidad volumétrica de un cuerpo. La mayor o menor densidad de un material de construcción influye en su capacidad aislante y afecta a las propiedades mecánicas. (Cuitiño, Rotondaro & Esteves, 2019)

Se mide la masa con respecto al volumen que ocupa por medio de Arquímedes.

El aporte de la ceniza de cascarilla de arroz en la densidad.

El valor de la densidad en morteros.

Kg/cm³

Guía de observación

La masa total ocupada en el volumen cúbico.

**V.
DEPENDIENTE:
POROSIDAD**

La porosidad es una propiedad que se define como aquellos sistemas de vacíos presentes en la estructura interna de un mortero endurecido los cuales no contienen materia sólida. Esta característica es la que condiciona el comportamiento posterior para absorber líquidos y su capacidad de flujo a través de él. (Quintero, Herrera, Corzo & García, 2011).

Se mide el porcentaje de vacíos de los cubos de mortero.

El aporte de la ceniza de cascarilla de arroz en la porosidad.

El valor de la porosidad en morteros.

%

Guía de observación

La cantidad de vacíos.

**V.
DEPENDIENTE:
DURABILIDAD**

La durabilidad es un concepto donde se evalúa el desempeño del material con respecto a un tiempo determinado con la finalidad de no poner en riesgo su funcionalidad frente a agentes externos. Las pruebas de durabilidad se pueden presentar como potenciales de corrosión, tasas de permeabilidad, profundidad de penetración, pérdida de masa y en las más conocidas resistencia a la compresión. (Mendoza, Flores, De los Santos & Garcés, 2015)

Se evalúa el porcentaje de deterioro por medio de la pérdida de masa y la resistencia a la compresión frente al ataque de agentes externos.

El aporte de la ceniza de cascarilla de arroz en la durabilidad.

El valor de la pérdida de masa en morteros.

Δm (%)

Guía de observación

El porcentaje de masa perdida.

El comparativo del valor de la resistencia a la compresión en morteros.

ΔR_c (%)

Guía de observación

El porcentaje de pérdida de la resistencia a la compresión.

Nota. Fuente: Elaboración Propia

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

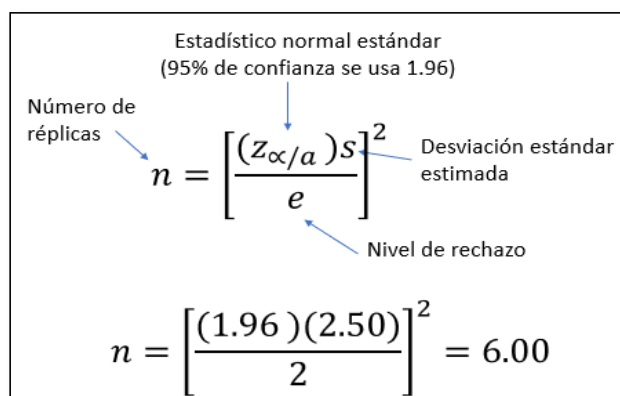
La investigación está conformada por todos los morteros ecológicos de asentado que existen en Trujillo, la población de estudio será analizada en el año 2021.

2.2.2. Muestra

El muestreo es no probabilístico, los elementos de la población han sido seleccionados en base a la observación y el análisis, ya que el número de muestras fue obtenido de un estudio preliminar con la finalidad de tener una muestra representativa.

2.2.2.1. Técnicas de muestreo

El tipo de muestreo a considerar en este proyecto es probabilístico, por muestreo aleatorio simple, donde cada posible muestra puede ser seleccionada y esta será por conveniencia teniendo como base el juicio del investigador; para el número de réplicas tomamos el concepto de longitud de réplicas y distribuciones normales, donde a mayor número de réplicas es mayor el acercamiento a la media muestral requerida. Para obtener 6 como número de réplicas, esta se calculó de la siguiente manera, en la figura 3:



Estadístico normal estándar
(95% de confianza se usa 1.96)

Número de réplicas $n = \left[\frac{(z_{\alpha/a})s}{e} \right]^2$ Desviación estándar estimada

Nivel de rechazo

$$n = \left[\frac{(1.96)(2.50)}{2} \right]^2 = 6.00$$

Figura 3. Cálculo del número de réplicas.

2.2.2.2. Tamaño de muestra

El número de muestras convenientes que se planteo fue de 504 cubos de mortero endurecido de 5cm x 5cm x 5cm y de 168 mezclas de mortero en estado plástico. El tamaño total sería de 672 especímenes descritos de la siguiente manera, en la Tabla 12:

$$V.IA: (3\%, 5\%, 7\%, 10\%) = 4$$

$$V.IB: (1/3, 1/4, 1/5) = 3$$

$$V.IC: (0.08 > C1 < 0.15\text{mm}, C2 < 0.08\text{mm}) = 2$$

$$P: \text{Patrón } (1/3, 1/4, 1/5) = 18$$

$$R: \text{Rapimix} = 6$$

Aplicación de la fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de muestras: } V.IA \times V.IB \times V.IC \times V.D \times \text{REPLICAS} + P + R$$

$$N^{\circ} \text{ de muestras: } 4 \times 3 \times 2 \times 1 \times 6 + 18 + 6$$

$$N^{\circ} \text{ de muestras: } 168 \text{ muestras}$$

N° de muestras totales para:

- **Compresión:** 168 muestras cúbicas de 5cmx5cmx5cm.
- **Fluidez:** 168 muestras en estado fresco.
- **Densidad y Porosidad:** 168 muestras cúbicas de 5cmx5cmx5cm.
- **Durabilidad:** 168 muestras cúbicas de 5cmx5cmx5cm.

Tabla 12. Tamaño de muestras por variable dependiente

Tamaño de partícula	%CCA	R C/A	RESULTADOS
C1	A1	B1	a1, b1, c1 (1)
			a1, b1, c1 (2)
			a1, b1, c1 (3)
			a1, b1, c1 (4)
			a1, b1, c1 (5)
			a1, b1, c1 (6)
			a1, b2, c1 (7)
			a1, b2, c1 (8)
			a1, b2, c1 (9)
	B2	a1, b2, c1 (10)	
		a1, b2, c1 (11)	
		a1, b2, c1 (12)	
		a1, b3, c1 (13)	
		a1, b3, c1 (14)	
		B3	a1, b3, c1 (15)
			a1, b3, c1 (16)
			a1, b3, c1 (17)
			a1, b3, c1 (18)
A2	...	...
	A3	...	...
	A4	...	...
	C2	A1	...
A2		...	...
A3		...	...
A4		...	a4, b3, c2 (168)

Nota. El número total es de 168 especímenes por cada variable. Fuente: Elaboración Propia

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica de recolección de datos.

La técnica que se utilizó fue la observación directa que nos permitió analizar las muestras en un determinado tiempo y espacio garantizando que la información recolectada sea válida y confiable en los diferentes ensayos realizados.

2.3.2. Instrumento de recolección de datos

El instrumento cuantitativo empleado en la ejecución de nuestro estudio experimental es el siguiente:

Guía de observación, ya que ahí almacenaremos los datos obtenidos mediante la investigación.

Tabla 13. Recolección de datos para las variables independientes

VARIABLES	RECOLECCIÓN DE DATOS			
	Fuente	Técnica	Herramienta	Instrumento
Resistencia a la compresión	168 cubos de mortero endurecido	Observación directa	Máquina de compresión	Guía de observación
Fluidez	168 mezclas de mortero en estado plástico	Observación directa	Mesa de flujo	Guía de observación
Densidad / Porosidad	168 cubos de mortero endurecido	Observación directa	Instrumento de Arquímedes, balanza y horno	Guía de observación
Durabilidad	168 cubos de mortero endurecido	Observación directa	Cámara de humedad, balanza y Máquina de compresión	Guía de observación

Nota. Herramientas e instrumentos. Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Análisis de datos:

Para el análisis de resultados obtenidos de la resistencia a la compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad del mortero con la adición de ceniza de cascarilla de arroz, se realizó un control de calidad aplicando la desviación estándar y coeficiente de variación.

	Varianza	Desviación Estándar	Media aritmética	Coefficiente de variación
Muestra	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N - 1}$	$Ds = \sqrt{\sigma^2}$	$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$	$CV = \frac{Ds}{\mu} \times 100$
Donde	σ^2 : Varianza μ : Media aritmética. Σ : Sumatoria. X_i : Observación de la muestra. N: Tamaño de la muestra	Ds: Desviación estándar σ^2 : Varianza	μ : Media aritmética. Σ : Sumatoria. X_i : Observación de la muestra. N: Tamaño de la muestra	CV: Coeficiente de variación. Ds: Desviación estándar μ : Media aritmética.

Figura 4. Fórmulas para el análisis de datos.

2.4. Procedimientos:

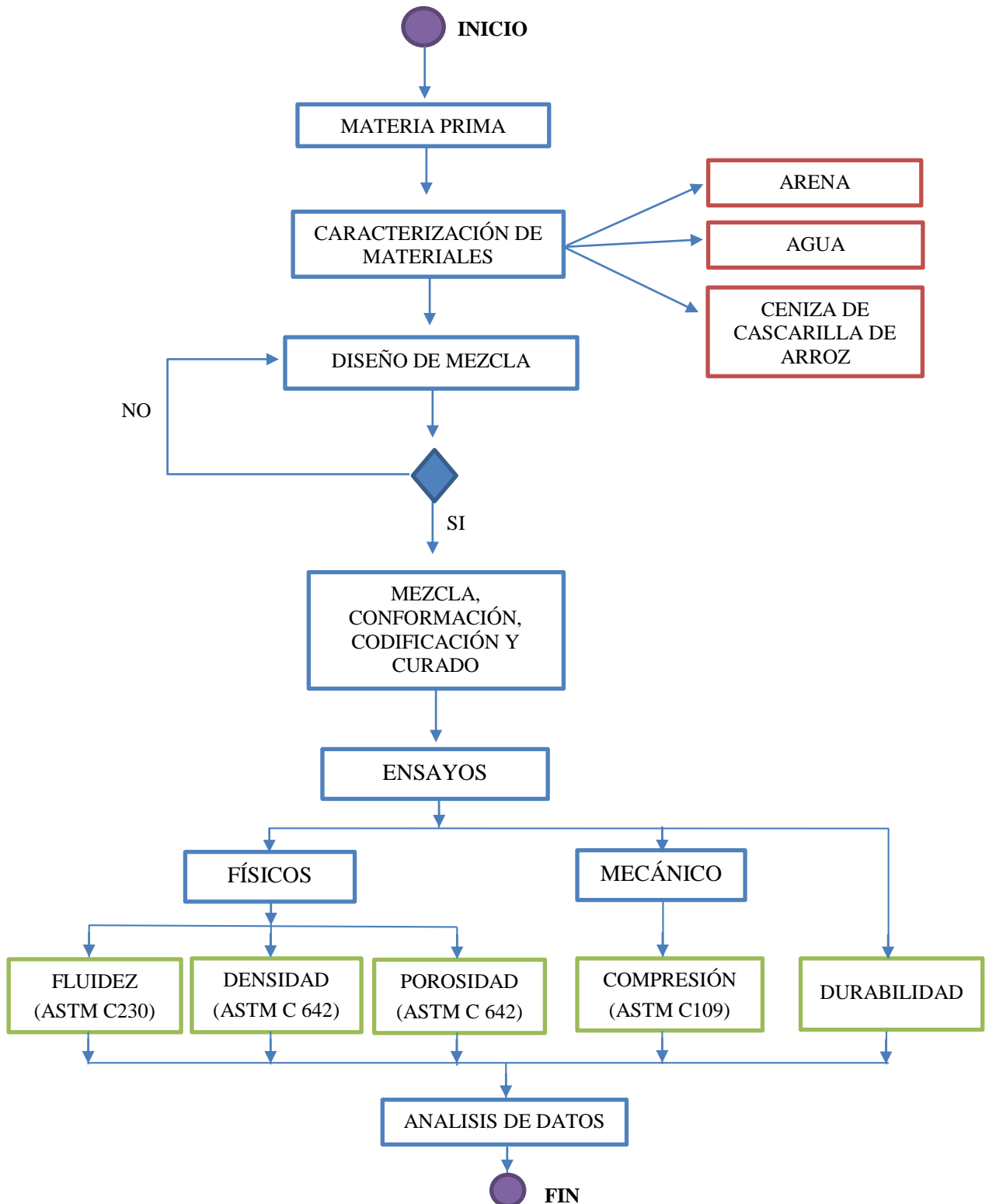


Figura 5. Estructura del procedimiento para el desarrollo de tesis

a) Materia prima:

Debido a que en esta investigación se evaluó la influencia de la sustitución de ceniza de cascarilla de arroz por arena en el mortero de asentado, es necesario utilizar materiales como el cemento, arena gruesa, agua y cascarilla de arroz.

a.1) Cemento:

Se utilizó el cemento tipo ICo de la empresa Cemento Pacasmayo S.A.A en su presentación de 42.5 kg, debido a que ese tipo de cemento es el más común y comercial en la elaboración de morteros para asentado.

Tabla 14. Límites físicos permisibles del cemento

Descripción	Límite Permisible		
Contenido de aire	%	12	Máximo
Expansión en autoclave	%	0.80	Máximo
Superficie específica	cm ² /g	2800	Mínimo
Densidad	g/ml	-	No especifica
Resistencia a la compresión			
28 días	Mpa	25.0	Mínimo
Tiempo de Fraguado Vicat			
Tiempo Inicial	min	45	Mínimo
Tiempo Final	min	420	Máximo

Nota. Fuente: Norma (NTP 334.090).

a.2) Arena Gruesa:

La arena gruesa se adquirió de la cantera El Milagro y se pasó por un proceso de eliminación de residuos contaminantes y exceso en el tamaño del material grueso hasta quedar limpia y utilizable para la elaboración de las mezclas de mortero.

Tabla 15. Módulo de finura para la arena

Tipo de arena	Módulo de Finura - Uso	
Gruesa	2.9 - 3.1	Agregado para concreto
Media	2.2 – 2.9	Mortero de asentado
Fina	1.5 – 2.2	Mortero de revestimiento
Muy fina	1.5	Morteros especiales

Nota. Fuente: Norma (ASTM C33).

a.3) Agua:

El agua que se utilizó para la elaboración del mortero fue agua potable de la red Trujillo a una temperatura de 23°C +/- 2°C, comprobando que durante el proceso no tenga impurezas ni agentes externos que puedan presentar riesgos físicos y químicos en los especímenes.

Tabla 16. Límites permisibles del agua para elaborar mezcla

Descripción	Límite Permissible		
Sólidos en suspensión	5000	ppm	Máximo
Materia orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad	1000	ppm	Máximo
Sulfatos	600	ppm	Máximo
Cloruros	1000	ppm	Máximo
Ph	5 a 8	ppm	Máximo

Nota. Fuente: Norma (NTP 339.088).

a.4) Cascarilla de arroz

Para obtener ceniza de cascarilla de arroz de forma ecológica se realizaron los procesos de recolección, limpieza-secado, calcinado, molienda y tamizado a la cascarilla de arroz así se logró obtener ceniza de cascarilla de arroz amigable con el medio ambiente. Para lograr la obtención de la ceniza, se realizaron los siguientes pasos:

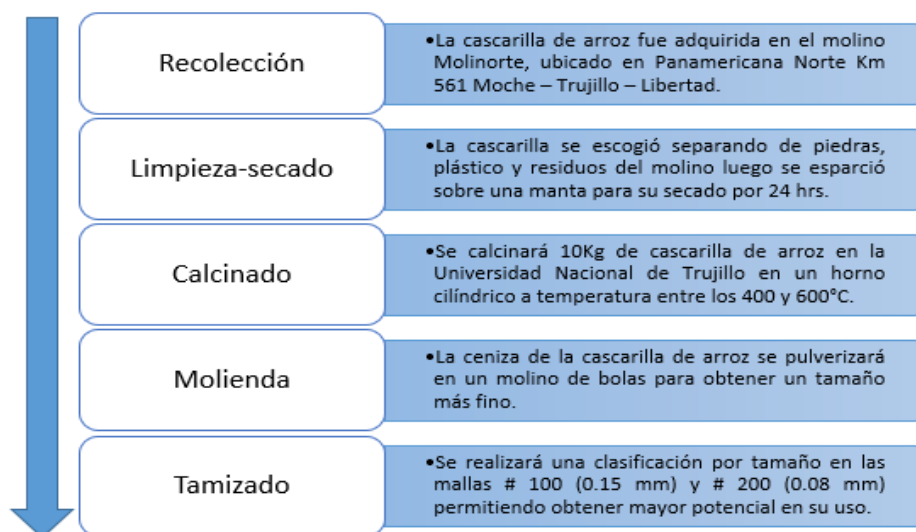


Figura 6. Procedimiento para la obtención de ceniza de cascarilla de arroz

b) Caracterización de materiales:

b.1 Caracterización física:

b.1.1 Caracterización física de la arena:

A. Granulometría (NTP 400.012):

- Se tomó tres muestras de la arena de 500gr cada uno.
- Se pesó cada tamiz para obtener el peso de cada uno, la arena al ser un agregado fino se utilizaron tamices: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y fondo, colocando estos en forma decreciente según el tamaño de la abertura.
- Se vierte la muestra en el tamiz de la malla superior, se asegura la tapa y se vibra durante 5 min.
- Al finalizar el tiempo se separó con cuidado cada tamiz, se pesó en una balanza analítica de 0.1g con capacidad de soporte de 1kg para mayor exactitud y se limpió cada tamiz sin dejar impurezas para repetir este proceso tres veces.
- Para el cálculo del módulo de finura de la arena se usó la siguiente formula:

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Donde:

MF= Módulo de finura

Tabla 17. Análisis granulométrico de la arena

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g) A	% Peso retenido $B = A/\Sigma A$	% Peso retenido acumulado $C = B_0 + B_1$	% Que pasa $D = 100 - C$
3/8"	9.50				
N° 4	4.75				
N° 8	2.36				
N° 16	1.18				
N° 30	0.60				
N° 50	0.30				
N° 100	0.15				
N° 200	0.08				
Fondo	0				
Peso tamizado (g)					

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

- Por otro lado, el agregado fino debe cumplir con los siguientes límites permitidos impuestos por la NTP 400.037, descritos en la Tabla 18:

Tabla 18. Parámetro granulométrico del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Límite inferior	Límite superior
3/8"	9.5	100	100
N° 4	4.8	95	100
N° 8	2.4	85	100
N° 16	1.2	50	85
N° 30	0.6	25	60
N° 50	0.3	5	30
N° 100	0.2	0	10
N° 200	0.1	0	0

Nota: Fuente: Norma (NTP 400.037).

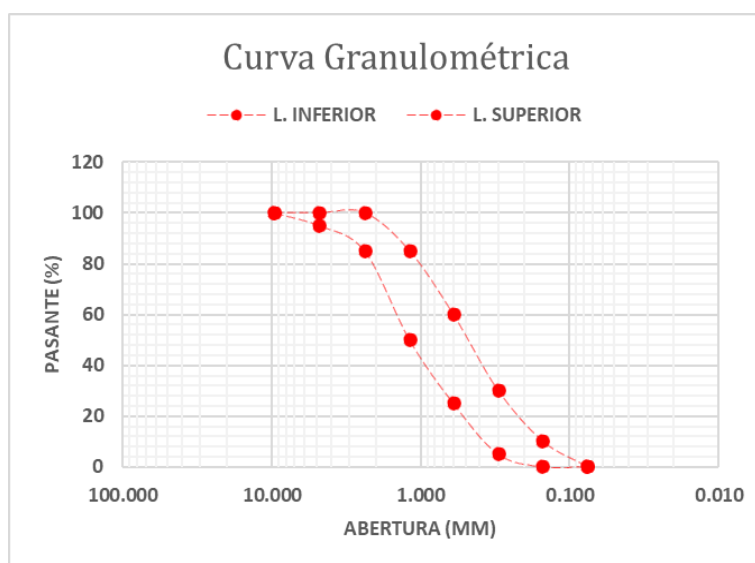


Figura 7. Formato de la curva granulométrica

B. Humedad (NTP 339.185):

- Se tomó y taró el peso de tres recipientes metálicos para luego colocar la muestra de arena en su estado natural en una balanza analítica de 0.1 g con capacidad de soporte de 1Kg. Dándonos un peso (Ph).
- Se preparó la estufa a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se colocaron las muestras por 24 horas, luego se pesaron dándonos un peso (Ps).
- Para hallar el contenido de humedad (W), se reemplazó en la siguiente fórmula:

$$W = \left[\frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Donde:

Ph = Peso natural del material

Ps = Peso seco del material

W= Porcentaje de humedad

Tabla 19. Contenido de humedad

Cód.	Peso de la muestra natural (g)	Peso de la muestra seca (g)	Humedad (%)
	Ph	Ps	W
M1			
M2			
M3			
			Promedio

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

C. Peso unitario suelto y compactado (NTP 400.017):

- Se tomó el molde donde realizamos el ensayo, se limpió y se pesó vacío.
- Se vertió agua hasta llenar el molde para calcular su volumen a través de su peso en una balanza electrónica.
- Se tomó la muestra de arena vertiéndola en el molde hasta llenarla, se enrazó y se pesó.
- Para el peso unitario compactado se tomó la muestra y vertió en tres capas de igual proporción, cada capa se compactó uniformemente en todo el recipiente con una varilla 25 veces, se enrazó y se pesó.
- Los datos se reemplazaron en la siguiente formula:

$$Vr = \frac{Pa}{Fa}$$

Donde:

Pa = Peso de agua contenida en el recipiente (Kg)

Fa = Factor del agua a 21°C (998.08 kg/m³)

Vr = Volumen del recipiente (m³)

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

Donde:

Gs = Peso unitario del agregado suelto + peso de recipiente. (Kg)

T = Peso de recipiente. (Kg)

V = Volumen del recipiente (m³)

PUSS = Peso unitario suelto (kg/m³)

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

Donde:

Gc = Peso unitario del agregado compactado + peso de recipiente. (Kg)

T = Peso de recipiente. (Kg)

V = Volumen del recipiente (m³)

PUCS = Peso unitario compactado (kg/m³)

Tabla 20. Volumen del molde de peso unitario

Muestra	Cod.	Peso del molde (kg)	Peso de molde + agua (kg)	Peso del agua (kg)	Factor del agua a 21°C (kg/m ³)	Volumen del molde (m ³)
Volumen del agua	M1					
	M2					
	M3					
						Promedio

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21. Peso unitario suelto

Cod.	Peso del molde (kg)	Peso de la muestra suelta + molde (G) (kg)	Peso de la muestra suelta (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario suelto (Kg/m ³)
M1					
M2					
M3					
					Promedio

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 22. Peso unitario compactado

Cod.	Peso del molde (kg)	Peso de la muestra compactada + molde (G) (kg)	Peso de la muestra compactada (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario compactado (Kg/m ³)
M1					
M2					
M3					
					Promedio

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

D. Peso específico y absorción (NTP 400.022):

- Se separó 2Kg de arena y se dejó reposar en un balde con agua por 24 horas para replicar el ensayo tres veces, después de ello se secó la muestra con una secadora donde quedó superficialmente seca.
- Se utilizó el cono con diámetro inferior de 90mm y diámetro superior de 40mm, después se procedió a rellenar en tres capas de igual proporción compactando 25 veces cada capa con el pisón de un peso de 340g y con un diámetro de 25mm.
- Se verificó que la muestra sea adecuada en una condición saturada superficialmente seca, derrumbándose 1/3 de la muestra cónica total, de no ser así se realizaría el procedimiento anterior.
- Luego se tomó el peso de la fiola con agua hasta la línea marcada (B), se desechó el agua, se secó y limpió la fiola para colocar la muestra de arena anteriormente pesada y se le añadió agua hasta la línea marcada.
- Después se eliminó todas las burbujas de aire haciendo rodar la fiola en una superficie plana durante 1 min o usando una máquina de vacío.
- Se pesó la fiola con el agua y la muestra (C).
- Se dejó reposar la muestra dentro de la fiola, se botó el agua y la muestra se colocó en un recipiente ya tarado (S) y se procedió a colocar en la estufa a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ aproximadamente 24 horas para su secado.
- Por último, se tomó el peso de la muestra seca al horno (A).
- Con la siguiente fórmula se determinó el peso específico y su absorción:

$$P_s = \left(\frac{A}{B + S - C} \right) \times 100$$

$$P_{sss} = \left(\frac{S}{B + S - C} \right) \times 100$$

$$Pa = \left(\frac{A}{B + A - C} \right) \times 100$$

$$Abs = \left(\frac{S - A}{S} \right) \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca al horno. (g)

B = Peso de la fiola + agua. (g)

C = Peso de la fiola + peso de la muestra SSS + agua (g)

S = Peso de la muestra SSS

Ps = Peso específico seco (Kg/m³)

Psss = Peso específico de masa SSS (Kg/m³)

Pa = Peso específico aparente (Kg/m³)

Abs = Porcentaje de absorción. (%)

Tabla 23. Peso específico del agregado

Cód.	P. muestra seca (g) A	P. de la fiola + agua (g) B	P. muestra sumergida (g) C	P. de la muestra SSS (g) S	Peso específico seco (Kg/m ³)	Peso específico de masa SSS (Kg/m ³)	Peso específico aparente (Kg/m ³)
E1							
E2							
E3							
Promedio							

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24. Absorción del agregado.

Cód.	P. muestra seca (g) A	P. de la muestra SSS (g) S	Absorción (%)
E1			
E2			
E3			
Promedio			

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.1.2 Caracterización física de la ceniza de cascarilla de arroz:

- Se realizó la caracterización de la ceniza de cascarilla de arroz en sus dos tamaños y se tomó por muestra 100 gr.
- Luego se realizó el proceso del lavado según la norma ASTM C117.
- Esta caracterización nos permitió ver si la ceniza utilizada en la presente investigación cumple con las características físicas establecidas en la norma ASTM C618.
- La ceniza de cascarilla de arroz pertenece a la clase N por ser una puzolana calcinada artificial altamente activa de naturaleza amorfa por lo que la cantidad retenida debe ser como máximo un 34%.

Tabla 25. Caracterización de la ceniza de cascarilla de arroz

% CCA	Tamaño de partícula C1		Tamaño de partícula C2	
	M1	M2	M1	M2
	% retenido			
% que pasa				
Promedio retenido				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.2 Caracterización química:

b.2.1 Caracterización química de la arena (NTP 400.042):

Este ensayo se llevó a cabo para comprobar que la arena con los límites permisibles que indica la norma NTP 400.042 y ver sus principales propiedades químicas.

- En tres vasos de vidrio de 250ml, se colocó 50 g de nuestra arena y se le añadió agua hasta doblar el volumen de la arena.
- Luego cada vaso se embolsó con plástico para que el reposo no se vea alterado por el cambio de temperatura.

- Pasadas 72 horas de reposo, se tomó lectura con el medidor de alcalinidad (pH) y conductividad.
- Para finalizar, se contrastó con los parámetros indicados en el NTP 400.042.
- Para mayor veracidad se contó con el apoyo de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Trujillo, brindándonos datos químicos importantes de la arena. (Anexo 4)

Tabla 26. Conductividad y pH de la arena

Muestra	Conductividad (mS/cm)	pH
Agua con arena		

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27. Parámetros químicos de la arena

Parámetros	Unidades	Muestra	Límites
Temperatura	C		-
pH			6.5 – 8.5
Conductividad eléctrica	mS/cm		< 1.5
Salinidad	%		-
Sólidos suspendidos	%		< 0.1
Cloruros	%		< 0.1
Sulfatos	%		< 1.2

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.2.2 Caracterización química del agua (NTP 339.088):

Se asume que el agua de diseño cumple con los parámetros para un agua de mezcla por ser potable y consumible ya que viene de la red de agua de Trujillo por lo que se descartan los estudios de: Sólidos suspendidos, alcalinidad, sulfatos y cloruros, por tal motivo solo se realizó el ensayo de conductividad y pH. La SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento), señala que el agua potable debe tener una conductividad a 25°C menor a 1500 uS/cm y un pH entre 6.5 y 8.5.

- Se utilizaron en total seis vasos de vidrio, dentro de ello son tres vasos con 150ml de agua destilada y tres vasos con 150ml de agua potable.
- Se dejó reposar las muestras durante 24 horas y se embolsó con plástico impermeable, para después tomar lectura de la conductividad y pH.
- Se colocó el electrodo en cada vaso de vidrio y se tomó el valor mostrado en la pantalla.

Tabla 28. Conductividad y pH del agua

Muestra	Conductividad (mS/cm)	pH
Agua		

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.2.3 Caracterización química de la ceniza de cascarilla de arroz:

Para hallar el pH de la ceniza de cascarilla de arroz se realizó el mismo procedimiento del pH del agua.

Tabla 29. Conductividad y pH de la ceniza de cascarilla de arroz

Muestra	Conductividad (mS/cm)	pH
C1		
C2		

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

También se realizó el análisis en un espectrómetro de fluorescencia de rayos X a nuestra ceniza de cascarilla de arroz para conocer la composición química y estructura interna. Este ensayo consta en aplicar radiación X, la que produce que una partícula de masa pequeña pero altamente energética incida en la ceniza de cascarilla de arroz debido a la elevada energía cinética. Esta colisión produce una perturbación en la materia que verifica la composición de la ceniza de cascarilla de arroz y nos muestra la composición química del material. Este método está normado por la ASTM-C25.

Tabla 30. Composición química de la CCA

Composición Química	Resultados (%)	Método utilizado
---------------------	----------------	------------------

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

c) Diseño de mezcla:

Para la dosificación del mortero se tomó la relación de 1:3, 1:4, 1:5, para ver cómo se adapta la ceniza frente a diferentes dosificaciones; con una relación agua/cemento variable dependiendo del ensayo de fluidez cuyos valores estén alrededor de 110% con una variación de $\pm 5\%$; se utilizó arena gruesa (mediana) y cemento ICo siendo este el más comerciable y utilizado en la elaboración de morteros. A su vez la arena gruesa (mediana) fue reemplazada por ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 10%, en función del peso total de la arena y duplicando el procedimiento para un tamaño de partícula C1 y C2.

La dosificación con el reemplazo de la arena gruesa (mediana) por ceniza de cascarilla de arroz, fueron diseñadas para 787.5cm^3 en función de los materiales sólidos secos del mortero para 6 cubos de $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$, con el 5% de material sobrante, realizando la siguiente operación:

$$\text{Volumen de un cubo } 5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm} = 125\text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen de 6 cubos: } 125\text{ cm}^3 \times 6 \text{ und} = 750\text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen + el 5\% de desperdicios: } 750\text{ cm}^3 \times 1.05 = 787.5\text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen de mortero} = 787.5\text{ cm}^3$$

siendo especificadas en las siguientes tablas:

Tabla 31. Dosificación del mortero

Ceniza	0%				
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial		
Proporción de sólidos en volumen					
Proporción de sólidos en porcentajes (%)					
Peso de los materiales en gramos (g)					
Cantidad total de material en gramos (g)					

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Hasta el procedimiento C se reflejarán los datos en el desarrollo de la tesis desde este punto hacia adelante son resultados largos y algunos no cuantitativos que estarán anexados y podrán ser revisados para su mayor comprensión.

d) Mezcla, conformación, codificación y curado (ASTM C 31):

A. Mezcla del mortero

- Los materiales que se utilizaron para realizar la mezcla del mortero fueron: Arena gruesa (mediana), ceniza de cascarilla de arroz (CCA), agua y cemento ICo.
- Las herramientas que se usaron fueron: una balanza analítica con capacidad de 1kg de sensibilidad de 0.1g, un cucharón, una espátula de hoja de acero y un recipiente de aluminio.
- Las mezclas del mortero se realizaron para 787.5 cm^3 gr en función de los materiales sólidos secos.
- Para el desarrollo, se tomó los materiales como la arena gruesa (mediana), ceniza de cascarilla de arroz y cemento según los diseños de mezcla establecidos, se procedió a verter en el recipiente de plástico y mezclar homogenizando dichos componentes; esta operación se efectuó durante 1 minuto.
- Luego se incorporó la cantidad de agua para cada tipo de mezcla de forma homogénea logrando una pasta más concisa, dicha operación duró entre 2 a 4 minutos.

B. Conformación de los especímenes

- Se realizó la elaboración de las probetas de mortero según el tipo de ensayo.
- Los materiales utilizados fueron: aceite (lubricar), pincel, papel toalla, film y mezcla de mortero.
- Las herramientas que se utilizaron fueron: un molde de madera barnizado de 10 compartimientos de 5 cm x 5 cm x 5 cm, un apisonador, una regla,

una espátula de hoja de acero y un cucharón; para los ensayos de compresión, densidad, porosidad y durabilidad.

- Se engrasó el molde de madera, después se colocó la mezcla de mortero en tres capas y se prosiguió a realizar el apisonamiento, cada capa fue compactada por 25 veces según la norma ASTM C109.
- Luego se engrasó con la espátula los moldes de madera, además con la ayuda de la regla se niveló constantemente para lograr una superficie plana, uniforme y nivelada; por consiguiente, se embaló el molde de madera con film y se guardó en un ambiente bajo techo.
- Después de 24 horas que haya reposado se procedió a desmoldar y se retiró los especímenes de mortero.

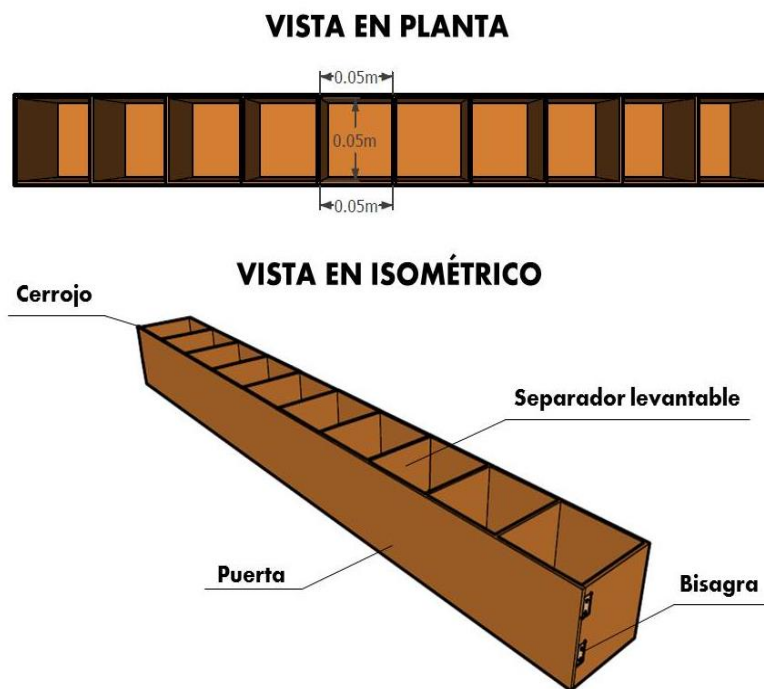


Figura 8. Conformación de los especímenes.

C. Codificación de los especímenes

- Después de desmoldar los cubitos, se procedió a codificar en forma aleatoria de acuerdo a cada diseño de mezcla con un corrector y se tomó las medidas del área con un vernier.

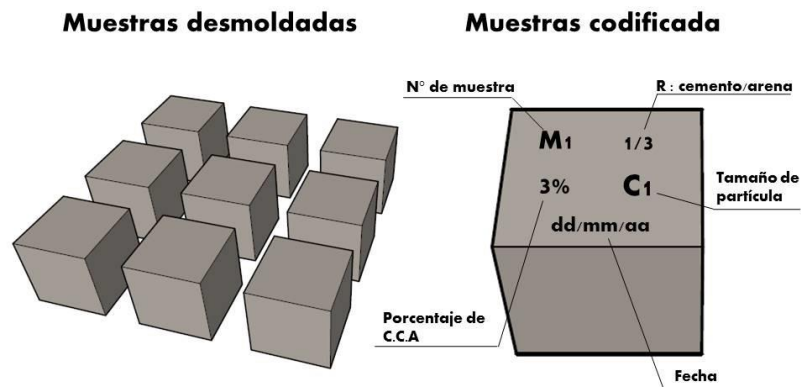


Figura 9. Codificación de los especímenes.

D. Curado de los especímenes

- Los especímenes de mortero se colocaron en una poza de curado de hidróxido de calcio durante 28 días, según la norma ASTM C192 a una temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

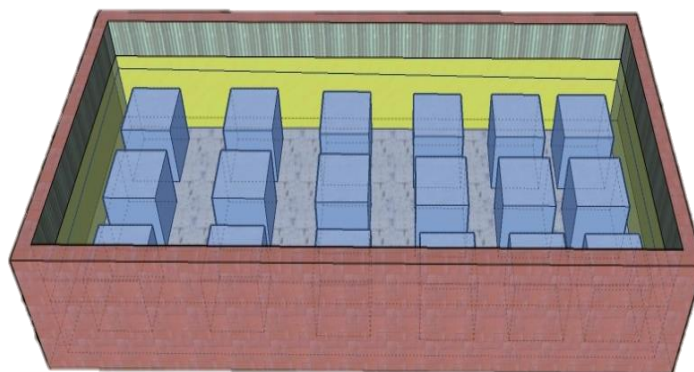


Figura 10. Codificación de los especímenes.

e) Ensayos para evaluar las propiedades de mortero:

A. Ensayo de fluidez ASTM C230

- Se procedió a pesar el material a utilizar en el mortero.
- Luego se mezcló los materiales manualmente debido a que se trabajó con mezclas menores a 0.007m^3 .
- Se midió el diámetro interno de la base de anillo de cono trunco con un vernier dándonos como medida de 99 mm, luego se pasó a limpiar la plataforma de la mesa de flujo, para luego colocar el anillo de cono trunco en el centro.
- El mezclado se realizó de la siguiente forma: El cemento se combinó con la ceniza de cascarilla de arroz, luego se adicionó la arena gruesa (mediana).
- Luego se inició a agregar agua en relación al peso de cemento entre 0.50 – 1.00, hasta que nos resulte una fluidez de $110\% \pm 5\%$ para cada diseño de mezcla.
- Después se procedió a colocar una capa de mortero de aproximadamente 25 mm de espesor en el molde y se compactó con 20 golpes con el apisonador. Seguidamente se llenó el molde con una segunda capa de mortero compactando como se hizo con la primera capa. Inmediatamente se retiró el exceso de mortero con una espátula por la parte superior del molde.
- En seguida se quitó el molde de forma ascendente sin maltratar la mezcla dejando solo el mortero y de inmediato se giró el manubrio para hacer descender la mesa a una altura de 13 mm a 25 veces en 15 segundos. Una vez que ya se terminó el paso anterior, con la ayuda de un calibrador se

determinó la fluidez midiendo el diámetro del mortero deformando por los golpes teniendo como referencia las líneas marcadas de la mesa de flujo. Después se determinó la fluidez registrando y sumando las cuatro lecturas marcadas en el calibrador. Además, se verificó con el cumplimiento de la desviación estándar de las muestras, ya que no se deben exceder el 4% que se encuentra indicado en la norma.

$$F = \frac{Lp - Dc}{Dc} \times 100$$

Donde:

Lp = Longitud promedio del diámetro del mortero deformado (mm).

Dc = Diámetro interno de la base de anillo de cono trunco (mm).

F = Fluidez (%).

Tabla 32. Ensayo de fluidez

CCA (%)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura 4 (mm)	Promedio (mm)	Fluidez (%)

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

B. Ensayo de densidad NTP 339.187

Elaboración y curado de especímenes de mortero en el laboratorio (ASTM C192)

- Después de realizar el ensayo de fluidez, se tendrá la cantidad de agua que se le agregará a la mezcla en sus diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz.
- Se procedió a pesar los materiales a utilizar en el mortero.
- Luego se mezcló los materiales manualmente debido a que se trabajó con mezclas menores a 0.007m^3 .
- El mezclado se realizó de la siguiente manera: Se combinó el cemento con la ceniza de cascarilla de arroz, luego se adicionó la arena gruesa (mediana).
- Seguidamente se conformaron 168 probetas de 5 cm x 5cm x 5cm, en tres capas con 25 golpes de varillas.
- Por último, se retiró los moldes pasada las 24 horas de moldeados y se introdujeron en la poza de curado por 28 días para luego ser puestas al horno y tomar sus pesos respectivos. La poza de curado contenía agua potable a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ incorporada con cal con una concentración de 1% a 2%.

Determinación de densidad

- Se retiró los especímenes de mortero de 5 cm x 5 cm x 5cm de la poza de curado las cuales estuvieron sumergidas durante 28 días para esencialmente llenar los poros.

- Luego se prosiguió a remover la muestra del agua y se secó superficialmente al espécimen del mortero para determinar su masa saturada (P_m).
- Después se tomó el peso sumergido bajo el procedimiento de Arquímedes (P_{sss}).
- Posteriormente, se llevó los especímenes de mortero a la estufa a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Pasado el tiempo indicado se procedió a retirarlos y se dejó enfriar a una temperatura confortable para la toma de su peso en estado seco (P_s).
- Finalmente, la densidad se calculó de la siguiente manera:

$$D = \frac{(P_s)}{(P_{sss} - P_m)}$$

Donde:

P_s = Peso seco de la muestra.

P_{sss} = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca.

P_m = Peso sumergido de la muestra.

D = Densidad en estado endurecido.

Tabla 33. Ensayo de densidad

CCA (%)	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	Densidad (Kg/m^3)

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

C. Ensayo de porosidad

- Al igual de densidad se remueve la muestra del agua, se seca superficialmente el espécimen del mortero para determinar su masa saturada (P_m).
- Después se tomó el peso sumergido bajo el procedimiento de Arquímedes (P_{ss}).
- Posteriormente, se llevó los especímenes de mortero a la estufa a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Pasado el tiempo indicado se procedió a retirarlos y se dejó enfriar a una temperatura confortable para la toma de su peso en estado seco (P_s).
- Finalmente, la porosidad se calculó de la siguiente manera:

$$V = P_m - P_{ss}$$

$$P = \frac{P_m - P_s}{V} \times 100$$

Donde:

P_m = Peso sumergido de la muestra (g).

P_{ss} = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (g).

P_s = Peso seco de la muestra (g).

V = Volumen de Arquímedes.

P_o = Porosidad (%).

Tabla 34. Ensayo de Porosidad

CCA (%)	Peso sumergido (g)	Peso saturado (g)	Peso seco (g)	V	Porosidad (%)

Nota. Fuente: Elaboración Propia

D. Ensayo de compresión ASTM C109

- Se retiró los especímenes de mortero de la poza de curado a los 28 días edad de las muestras.
- Para la determinación de este ensayo se usó la máquina de ensayo a compresión con una capacidad de 2000 KN y con sensibilidad ± 5 KN.
- Posteriormente, se encendió la fuente de 222 V, pulsando el botón ubicado en la parte posterior.
- Para nivelar la superficie de las probetas y tener más exactitud en sus resultados se usó neoprenos y se colocó en las caras donde actuarán las fuerzas.
- Luego se ubicó la probeta en la plataforma de acero para proceder a obtener la fuerza (KN) y la resistencia a la compresión (MPa) y se aplicó la carga en forma continua a una velocidad de 0.90 KN/s.
- La resistencia a la compresión se calculó mediante la siguiente fórmula y se expresara en Kg/cm²:

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

Donde:

P = Carga máxima total (N).

A = Superficie de carga (mm²).

f_m = Resistencia a la compresión (Kg/cm²).

Tabla 35. Ensayo de resistencia a la compresión

CCA (%)	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)
	L (mm)	A (mm)	H (mm)			

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

E. Ensayo de durabilidad

E.1) Durabilidad por pérdida de masa frente a sulfato de magnesio y agua de mar.

- Seguidamente se conformaron 168 probetas de 5 cm x 5cm x 5cm.
- Se retiró los moldes pasada las 24 horas de moldeados y se introdujeron en la poza de curado por 28 días. La poza de curado contenía agua potable a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ incorporada con cal con una concentración de 1% a 2%.
- Se retiró los especímenes de mortero de 5 cm x 5 cm x 5cm de la poza de curado las cuales estuvieron sumergidas durante 28 días para alcanzar su máxima resistencia.
- Posteriormente, se llevó los especímenes de mortero a la estufa a una temperatura de $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Pasado el tiempo indicado se procedió a retirarlos para la toma de su peso en estado seco (Ps).
- En una poza de curado limpia se acondiciono una mezcla entre agua y sulfato de magnesio en una porción de 50g por cada litro de agua y se acondicionó un motor de pecera que impida el estancamiento y no permita la sedimentación del sulfato.
- Se retiró los especímenes de mortero de la poza de curado con sulfato de magnesio las cuales estuvieron sumergidas durante 30 días para penetrar el sulfato en su interior.
- Después se pasaron a una cámara donde serían nebulizadas diariamente 8 horas durante 30 días con agua de playa en forma de neblina para aumentar la degradación.

- Posteriormente, se llevó los especímenes de mortero a la estufa a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Pasado el tiempo indicado se procedió a retirarlos y se dejó enfriar a una temperatura confortable para la toma de su peso en estado seco después del proceso de degradación (Pd).
- Finalmente, la pérdida de masa se calculó de la siguiente manera:

$$\Delta m = \frac{P_s - P_d}{P_s} \times 100$$

Donde:

P_s = Peso seco de la muestra (g).

P_d = Peso seco después del proceso de degradación (g).

$\Delta m\%$ = Pérdida de masa (g).

Δm = Pérdida de masa (%).

Tabla 36. Pérdida de masa

CCA (%)	Peso seco (g)	Peso seco después del proceso (g)	Pérdida de masa (g)	Pérdida de masa (%)

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

E.2) Durabilidad en comparación con su resistencia a la compresión inicial.

- Después de pasar por el proceso de pérdida de masa los especímenes son evaluados a compresión.
- Para la determinación de este ensayo se usó la máquina de ensayo a compresión con una capacidad de 2000 KN y con sensibilidad ± 5 KN.
- Posteriormente, se encendió la fuente de 222 V, pulsando el botón ubicado en la parte posterior.

- Para nivelar la superficie de las probetas y tener más exactitud en sus resultados, se usó neoprenos y se colocó en las caras donde actuarán las fuerzas.
- Luego se ubicó la probeta en la plataforma de acero para proceder a obtener la fuerza (KN) y la resistencia a la compresión (MPa) y se aplicó la carga en forma continua a una velocidad de 0.90 KN/s.
- La resistencia a la compresión se calculó mediante la siguiente fórmula
- Con los datos anteriores como antecedentes comparativos al presentar las mismas características, se calculará la variación en su resistencia a la compresión:

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

$$\Delta f_m = \frac{f_{mc} - f_{md}}{f_{mc}} \times 100$$

Donde:

P = Carga máxima total (N).

A = Superficie de carga (mm²).

f_{md} = R.C después del proceso de degradación (Kg/cm²).

f_{mc} = Resistencia a la compresión comparativa inicial (Kg/cm²).

Δf_m = Variación de la Resistencia a la compresión (%).

Tabla 37. Ensayo de resistencia a la compresión

CCA (%)	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		
	L (mm)	A (mm)	H (mm)			f_{md}	f_{mc}	Δf_m

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

f) Análisis de los datos:

Se realizó el análisis de datos a todos los resultados de los ensayos tanto para fluidez, compresión, densidad, porosidad y durabilidad.

Tabla 38. Fluidez del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Fluidez promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%)	R a/c
Patrón	0		1/3				
			1/4				
			1/5				
C1	3%		1/3				
			1/4				
			1/5				
	5%		1/3				
			1/4				
			1/5				
	7%		1/3				
			1/4				
			1/5				
	10%		1/3				
			1/4				
			1/5				
C2	3%		1/3				
			1/4				
			1/5				
	5%		1/3				
			1/4				
			1/5				
	7%		1/3				
			1/4				
			1/5				
	10%		1/3				
			1/4				
			1/5				
Rapimix	0	-					

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de datos de fluidez, se tomaron los resultados con un mínimo de dos decimales expresados en porcentaje, calculando así la fluidez promedio, la varianza que nos llevará a encontrar la desviación estándar y con eso calcular su coeficiente de variación.

Tabla 39. Densidad del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Densidad promedio (Kg/m ³)	Varianza (Kg/m ³)	Desviación estándar (Kg/m ³)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3				
		1/4				
		1/5				
C1	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
C2	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
Rapimix	0	-				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de datos de densidad se tomaron los resultados con un mínimo de dos decimales expresados en Kg/m³, calculando así la densidad promedio, la varianza que nos llevará a encontrar la desviación estándar y con eso calcular su coeficiente de variación.

Tabla 40. Porosidad del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Porosidad promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3				
		1/4				
		1/5				
C1	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
C2	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
Rapimix	0	-				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de datos de porosidad se tomaron los resultados con un mínimo de dos decimales expresados en porcentaje, con esto se calculó la porosidad promedio, la varianza que nos llevará a encontrar la desviación estándar y con eso calcular su coeficiente de variación.

Tabla 41. Resistencia a la compresión del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	R. Comp. promedio (Kg/cm ²)	Varianza (Kg/cm ²)	Desviación estándar (Kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3				
		1/4				
		1/5				
C1	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
C2	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
Rapimix	0	-				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de datos de resistencia a la compresión del mortero se tomaron los resultados con un mínimo de dos decimales expresados en Kg/cm², calculando así la resistencia a la compresión promedio, la varianza que nos llevará a encontrar la desviación estándar y con eso calcular su coeficiente de variación.

Tabla 42. Durabilidad por pérdida de masa del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Durabilidad (Δm) promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3				
		1/4				
		1/5				
C1	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
C2	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
Rapimix	0	-				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de datos de durabilidad por pérdida de masa se tomaron los resultados con un mínimo de dos decimales expresados en porcentaje calculando así, durabilidad por pérdida de masa promedio, la varianza que nos llevará a encontrar la desviación estándar y con eso calcular su coeficiente de variación.

Tabla 43. Durabilidad en comparación con su R. Comp. del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Durabilidad (Δ fm) Promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3				
		1/4				
		1/5				
C1	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
C2	3%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	5%	1/3				
		1/4				
		1/5				
	7%	1/3				
		1/4				
		1/5				
10%	1/3					
	1/4					
	1/5					
Rapimix	0	-				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de datos de durabilidad en comparación con su Resistencia a la Compresión se tomaron los resultados con un mínimo de dos decimales expresados en porcentaje, calculando así la durabilidad en comparación con su resistencia a la compresión promedio, la varianza que nos llevará a encontrar la desviación estándar y con eso calcular su coeficiente de variación.

2.5. Desarrollo de tesis:

a) Materia prima:

Se tomaron las propiedades físicas y químicas más significativas de los materiales a utilizarse en la investigación, como lo son: Cemento, ceniza de cascarilla de arroz, arena y agua. Para argumentar su uso en la mezcla.

a.1) Cemento:

En la Tabla 44, se puede visualizar los límites físicos permisibles del cemento extraídos de su ficha técnica.

Tabla 44. Límites físicos permisibles del cemento

Descripción	Límite Permissible	Cemento Pacasmayo Tipo ICo		Tipo
Contenido de aire	%	12	4	Máximo
Expansión en autoclave	%	0.80	0.07	Máximo
Superficie específica	Cm ² /g	2800	5640	Mínimo
Densidad	g/ml	-	2.92	No específica
Resistencia a la compresión				
28 días	Mpa	25.0	36.7	Mínimo
Tiempo de Fraguado Vicat				
Tiempo Inicial	min	45	134	Mínimo
Tiempo Final	min	420	290	Máximo

Nota. Fuente: Norma (NTP 334.090).

a.2) Ceniza de cascarilla de arroz:

En la Tabla 45, se puede visualizar los resultados después de la calcinación de la cascarilla de arroz observando cuanto es el peso real obtenido utilizable.

Tabla 45. Resultados después de la calcinación

N° de muestra	Peso total (kg)	Peso calcinado (kg)	Peso perdido (kg)
M1	10	4.17	5.83
M2	10	4.12	5.88
M3	10	4.08	5.92
M4	10	4.12	5.88
Promedio (%)	100	41.23	58.77

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Distribución de lo calcinado

N° de muestra	Desperdicios (kg)	Tamaño de partícula C1 (kg)	Tamaño de partícula C2 (kg)
M1	0.11	1.68	2.38
M2	0.15	1.57	2.40
M3	0.13	1.67	2.28
M4	0.13	1.64	2.35
Promedio (%)	3.17	39.74	57.07

Nota. Fuente: Elaboración propia

b) Caracterización de materiales:

b.1 Caracterización física:

b.1.1 Caracterización física de la arena:

En la Tabla 47, se puede visualizar la caracterización física de la arena garantizando que cumplan con los requisitos indispensables para ser agregada en una mezcla para asentado.

Tabla 47. Caracterización de la arena

Descripción	Und	Muestra	Norma
Módulo de finura		2.49	NTP 400.012
Contenido de Humedad	%	0.81	NTP 339.185
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1533.13	NTP 400.017
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1771.51	NTP 400.017
Peso Específico	Kg/m ³	2665.00	NTP 400.022
Absorción	%	1.6	NTP 400.022

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.1.2 Caracterización física de la ceniza de cascarilla de arroz:

En la Tabla 48, se puede visualizar que ambas partículas de ceniza cumplen con la caracterización al no sobrepasar el 34% de material retenido como máximo establecido en la ASTM C618.

Tabla 48. Caracterización de la ceniza de cascarilla de arroz

% CCA	Tamaño de partícula C1		Tamaño de partícula C2	
	M1	M2	M1	M2
% retenido	32.54	31.14	17.13	19.30
% que pasa	67.46	68.86	82.87	80.70
Promedio retenido	31.84		18.22	

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.2 Caracterización química:

b.2.1 Caracterización química de la arena (NTP 400.042):

En la Tabla 49 y 50, se puede visualizar la caracterización química de la arena garantizando un material limpio de sustancias y que cumplan con los requisitos indispensables para ser agregada en una mezcla para asentado sin afectar la estructura de este mortero.

Tabla 49. Conductividad y pH de la arena

Muestra	Conductividad (mS/cm)	pH
Agua con arena	0.798	8.17

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 50. Parámetros químicos de la arena

Parámetros	Unidades	Muestra	Límites
Temperatura	C	23.2	-
pH		8.17	6.5 – 8.5
Conductividad eléctrica	mS/cm	0.798	< 1.5
Salinidad	%	0.115	-
Sólidos suspendidos	%	0.014	< 0.1
Cloruros	%	0.089	< 0.1
Sulfatos	%	0.045	< 1.2

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.2.2 Caracterización química del agua (NTP 339.088):

En la Tabla 51, se puede visualizar la caracterización química del agua teniendo en cuenta su conductividad y pH.

Tabla 51. Conductividad y pH del agua

Muestra	Conductividad (mS/cm)	pH
Agua	1.365	7.86

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

b.2.3 Caracterización química de la ceniza de cascarilla de arroz:

En la Tabla 52, se puede visualizar la conductividad y pH de la ceniza de cascarilla de arroz tanto para el tamaño de partícula C1 como para la C2, dándonos resultados dentro de los parámetros establecidos para ser añadidos en una mezcla de mortero sin afectar a esta.

Tabla 52. Conductividad y pH de la ceniza de cascarilla de arroz

Muestra	Conductividad (mS/cm)	pH
C1	0.525	7.41
C2	0.435	7.48

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 53, se puede visualizar la composición química de la ceniza de cascarilla de arroz que se realizó mediante el ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos x, mostrando los siguientes resultados.

Tabla 53. Composición química de la CCA

Composición Química	Resultados (%)	Método utilizado
Dióxido de silicio (Si O ₂)	41.64	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
Oxido de calcio (Ca O)	22.67	
Trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	11.32	
Trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	6.17	
Oxido de potasio (K ₂ O)	3.19	
Oxido de magnesio (Mg O)	2.88	
Pentóxido de fosforo (P ₂ O ₅)	1.52	
Oxido de cobre (Cu O)	0.47	
Trióxido de azufre (SO ₃)	0.096	
Oxido de zinc (Zn O)	0.054	
Oxido de manganeso (Mn O)	0.013	
Pérdida por quemado	9.97	

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

c) Diseño de mezcla:
Tabla 54. *Dosificación 1:3 con 0% de CCA, para 787.5 cm³. (Patrón)*

Ceniza		0%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial		
Proporción de sólidos en volumen	1	0	3	0.70	4
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	25	0	75	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	368	0	1127	276	1495
Cantidad total de material en gramos (g)					1771

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 55. *Dosificación 1:4 con 0% de CCA, para 787.5 cm³. (Patrón)*

Ceniza		0%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial		
Proporción de sólidos en volumen	1	0	4	0.80	5
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	20	0	80	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	301	0	1232	261	1533
Cantidad total de material en gramos (g)					1794

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 56. *Dosificación 1:5 con 0% de CCA, para 787.5 cm³. (Patrón)*

Ceniza		0%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial		
Proporción de sólidos en volumen	1	0	5	0.90	6
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	17	0	83	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	255	0	1304	251	1559
Cantidad total de material en gramos (g)					1810

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 57. Dosificación 1:3 con 3% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.

Ceniza		3%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.09	3 2.91	0.70 c-0.75	4
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	25	2	73	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	368	33.81	1093.19	276	1495
Cantidad total de material en gramos (g)					1771

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 58. Dosificación 1:4 con 3% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.

Ceniza		3%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.12	4 3.88	0.80 c-0.87	5
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	20	2	78	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	301	36.96	1195.04	261	1533
Cantidad total de material en gramos (g)					1794

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 59. Dosificación 1:5 con 3% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.

Ceniza		3%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.15	5 4.85	0.90 c-0.98	6
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	17	3	81	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	255	39.12	1264.88	251	1559
Cantidad total de material en gramos (g)					1810

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 60. Dosificación 1:3 con 5% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.

Ceniza		5%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.15	3	0.70	4
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	25	4	71	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	368	56.35	1070.65	276	1495
Cantidad total de material en gramos (g)					1771

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 61. Dosificación 1:4 con 5% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.

Ceniza		5%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.20	4	0.80	5
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	20	4	76	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	301	61.60	1170.40	261	1533
Cantidad total de material en gramos (g)					1794

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 62. Dosificación 1:5 con 5% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.

Ceniza		5%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.25	5	0.90	6
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	17	4	79	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	255	65.20	1238.80	251	1559
Cantidad total de material en gramos (g)					1810

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 63. *Dosificación 1:3 con 7% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.*

Ceniza		7%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.21	3 2.79	0.70 c-0.75	4
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	25	5	70	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	368	78.89	1048.11	276	1495
Cantidad total de material en gramos (g)					1771

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 64. *Dosificación 1:4 con 7% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.*

Ceniza		7%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.28	4 3.72	0.80 c-0.87	5
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	20	6	74	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	301	86.24	1145.76	261	1533
Cantidad total de material en gramos (g)					1794

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 65. *Dosificación 1:5 con 7% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.*

Ceniza		7%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial	(R a/c)	
Proporción de sólidos en volumen	1	0.35	5 4.65	0.90 c-0.98	6
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	17	6	78	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	255	91.28	1212.72	251	1559
Cantidad total de material en gramos (g)					1810

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 66. *Dosificación 1:3 con 10% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.*

Ceniza		10%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial		
Proporción de sólidos en volumen	1	0.30	3 2.70	0.70 c-0.75	4
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	25	8	68	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	368	112.70	1014.30	276	1495
Cantidad total de material en gramos (g)					1771

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 67. *Dosificación 1:4 con 10% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.*

Ceniza		10%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial		
Proporción de sólidos en volumen	1	0.40	4 3.60	0.80 c-0.87	5
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	20	8	72	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	301	123.20	1108.80	261	1533
Cantidad total de material en gramos (g)					1794

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 68. *Dosificación 1:5 con 10% de CCA con C1 y C2, para 787.5 cm³.*

Ceniza		10%			
Material	Cemento	CCA	Arena gruesa (Media)	Agua Potable (R a/c)	Total, del cemento, CCA y arena
Características	ICo	Natural	Artificial		
Proporción de sólidos en volumen	1	0.50	5 4.50	0.90 c-0.98	6
Proporción de sólidos en porcentajes (%)	17	8	75	-	100
Peso de los materiales en gramos (g)	255	130.44	1173.60	251	1559
Cantidad total de material en gramos (g)					1810

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo se detallan los resultados, producto del análisis de los datos obtenidos en el laboratorio. Los materiales usados cumplieron con las exigencias establecidas por las normas expuestas. Dichos materiales son: Cemento, arena gruesa (media), agua y ceniza de cascarilla de arroz. Mostrando sus características resultantes en un contexto similar.

3.1 FLUIDEZ DEL MORTERO:

Los resultados promedios obtenidos del ensayo de fluidez efectuadas a las muestras en estado fresco con diferentes porcentajes de reemplazo de CCA, resumidas en la Tabla 69, en la cual se puede diferenciar los dos tamaños de partícula y cómo se comporta la ceniza a medida que el porcentaje aumenta comparada con la muestra patrón. Detalladas para cada R: c/a en la Figura 11, 12 y 13 correspondiente.

Tabla 69. Resultados de fluidez en (%)

R:c/a	Patrón	C1				C2			
		3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
1/3	114	111	107	102	97	113	108	103	101
1/4	113	111	105	101	97	111	106	103	100
1/5	113	110	105	100	98	112	104	103	98
Rpmx					124				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

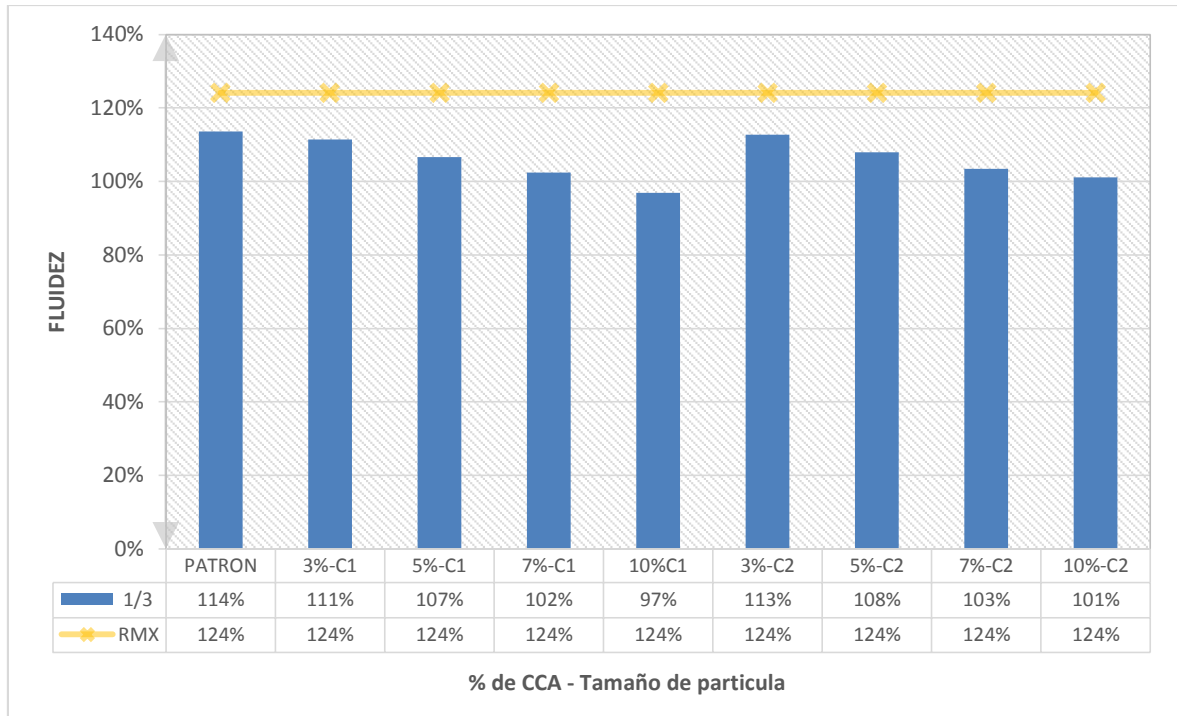


Figura 11. Resultados fluidez para la R c:a 1/3 R a/c=0.75.

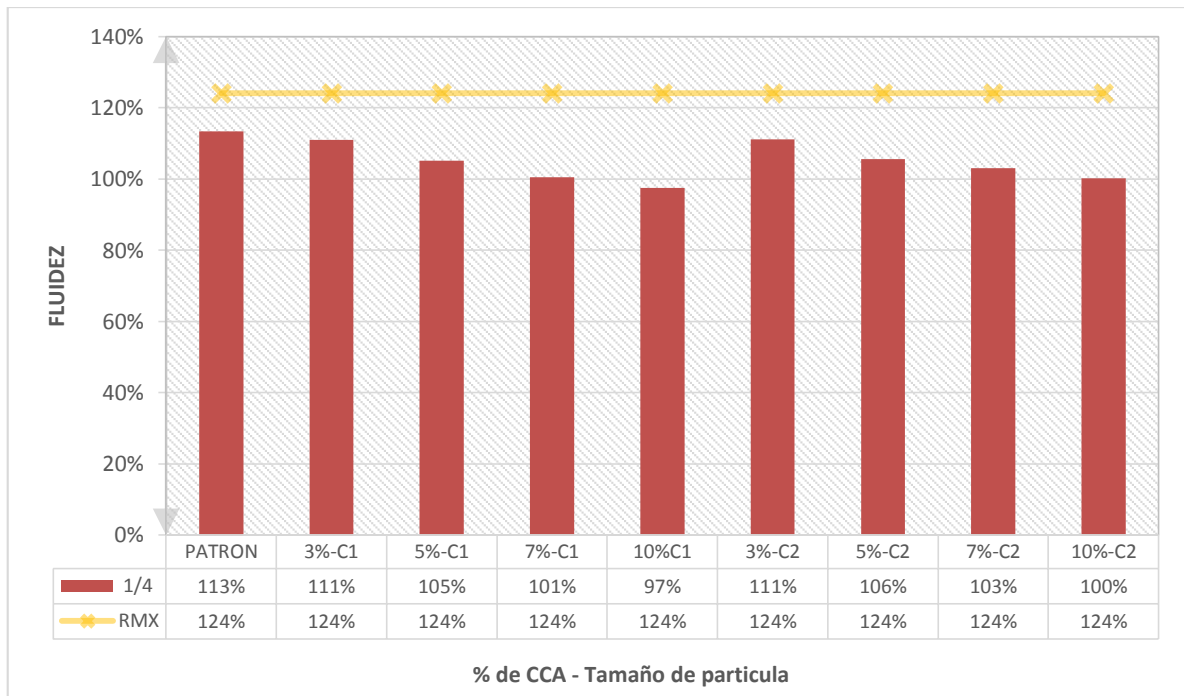


Figura 12. Resultados fluidez para la R c:a 1/4 R a/c=0.87.

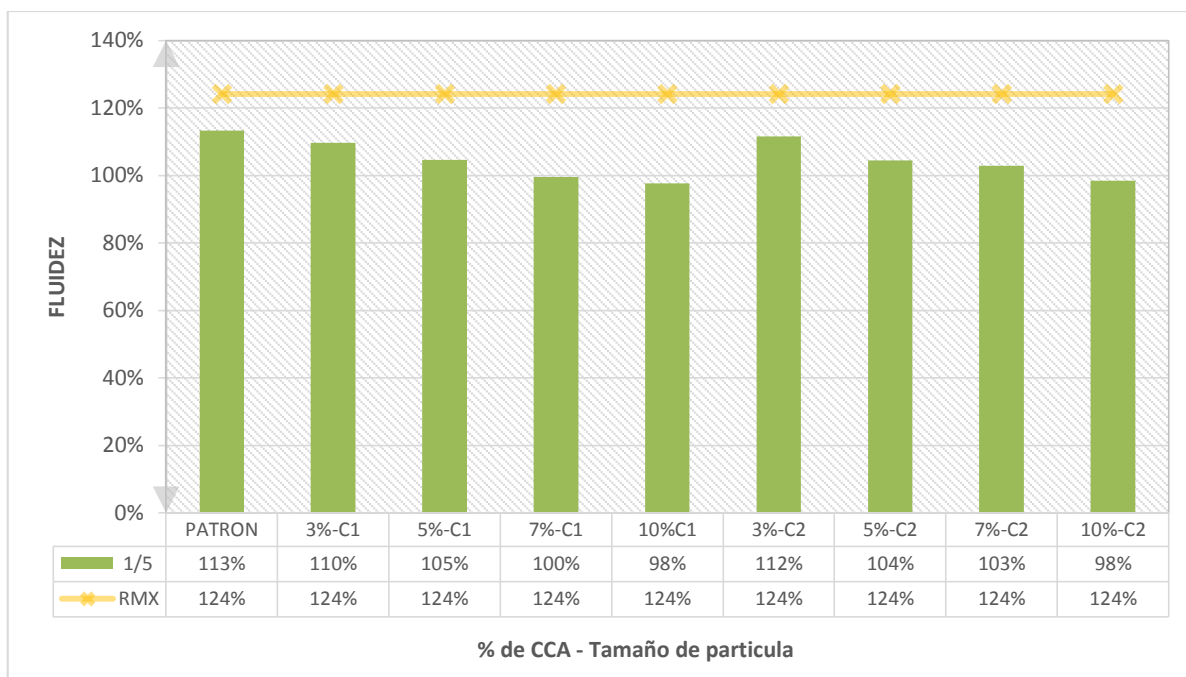


Figura 13. Resultados fluidez para la R c:a 1/5 R a/c=0.98.

3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO:

Los resultados promedios obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión efectuadas a los cubos en estado endurecido con diferentes porcentajes de reemplazo de CCA, resumidas en la Tabla 70, en la cual se puede diferenciar los dos tamaños de partícula y cómo se comporta la ceniza a medida que el porcentaje aumenta comparada con la muestra patrón. Detalladas para cada R: c/a en la Figura 14, 15 y 16 correspondiente.

Tabla 70. Resultados de R. Compresión en (Kg/cm²)

R:c/a	Patrón	C1				C2			
		3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
1/3	174	190	186	155	117	204	192	145	146
1/4	144	151	125	75	79	165	148	182	117
1/5	102	81	74	54	71	117	101	76	73
Rpmx					142				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

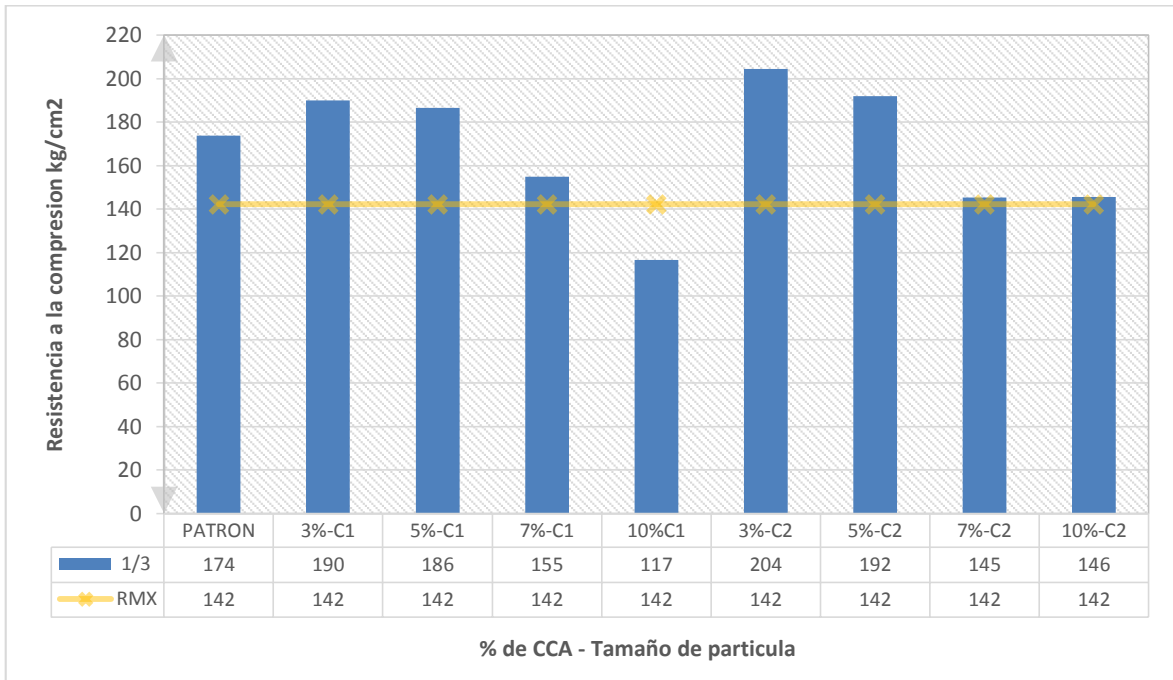


Figura 14. Resultados de Resistencia a la Compresión R c:a 1/3.

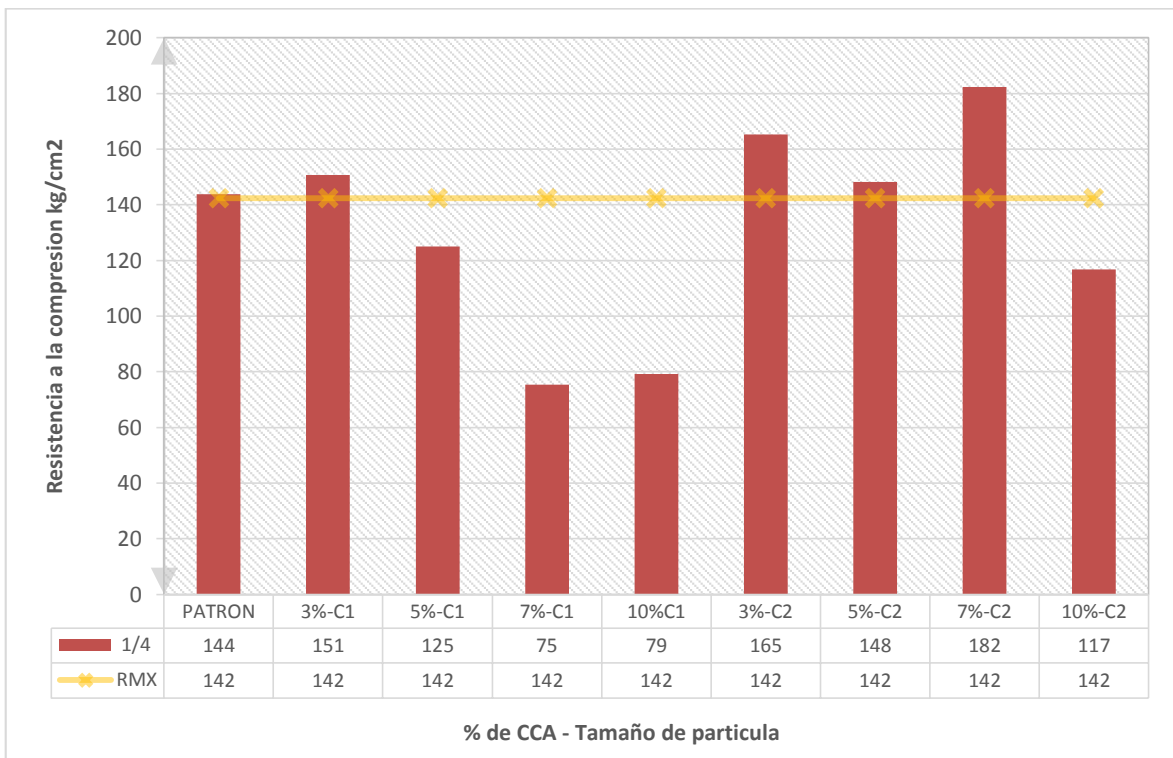


Figura 15. Resultados de Resistencia a la Compresión R c:a 1/4.

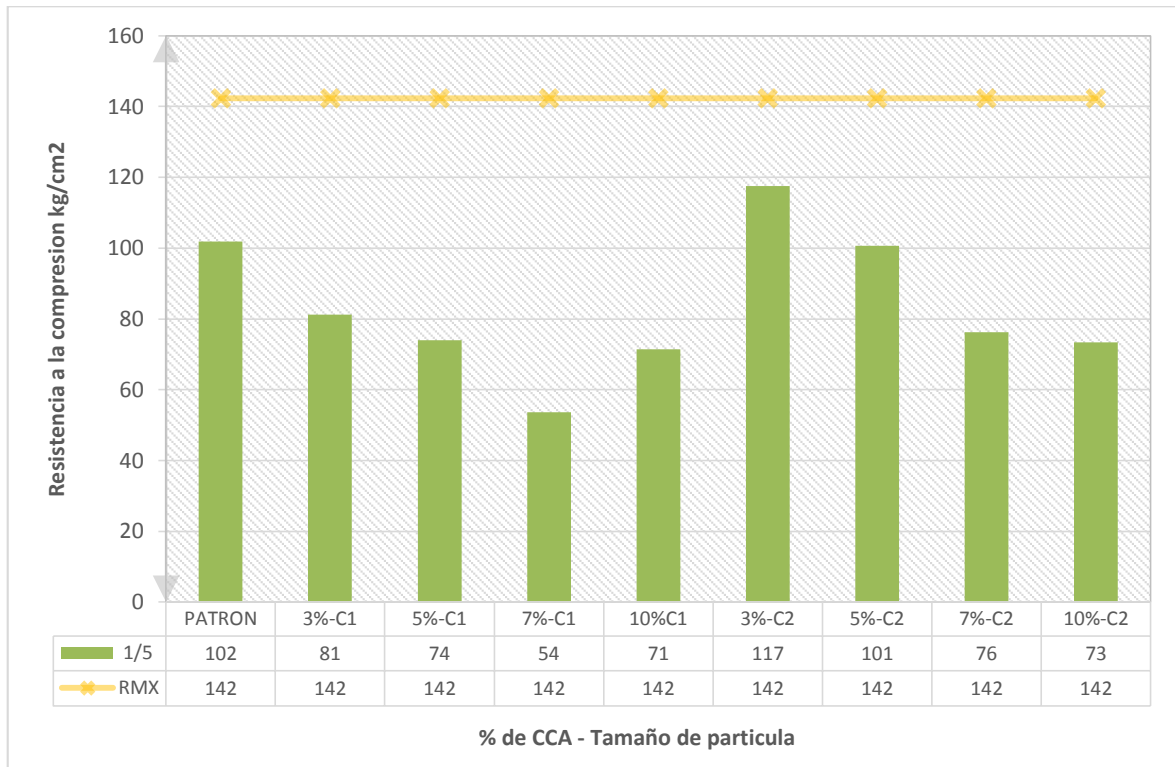


Figura 16. Resultados Porosidad de Resistencia a la Compresión R c:a 1/5.

3.3 DENSIDAD DEL MORTERO:

Los resultados promedios obtenidos del ensayo de densidad efectuadas a los cubos en estado endurecido con diferentes porcentajes de reemplazo de CCA, resumidas en la Tabla 71, en la cual se puede diferenciar los dos tamaños de partícula y cómo se comporta la ceniza a medida que el porcentaje aumenta comparada con la muestra patrón. Detalladas para cada R: c/a en la Figura 17, 18 y 19 correspondiente.

Tabla 71. Resultados de Densidad en (kg/m³)

R:c/a	Patrón	C1				C2			
		3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
1/3	1884	1868	1817	1761	1778	1890	1803	1774	1729
1/4	1861	1847	1847	1600	1549	1887	1839	1790	1676
1/5	1946	1823	1717	1490	1567	1890	1806	1723	1632
Rpmx					2021				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

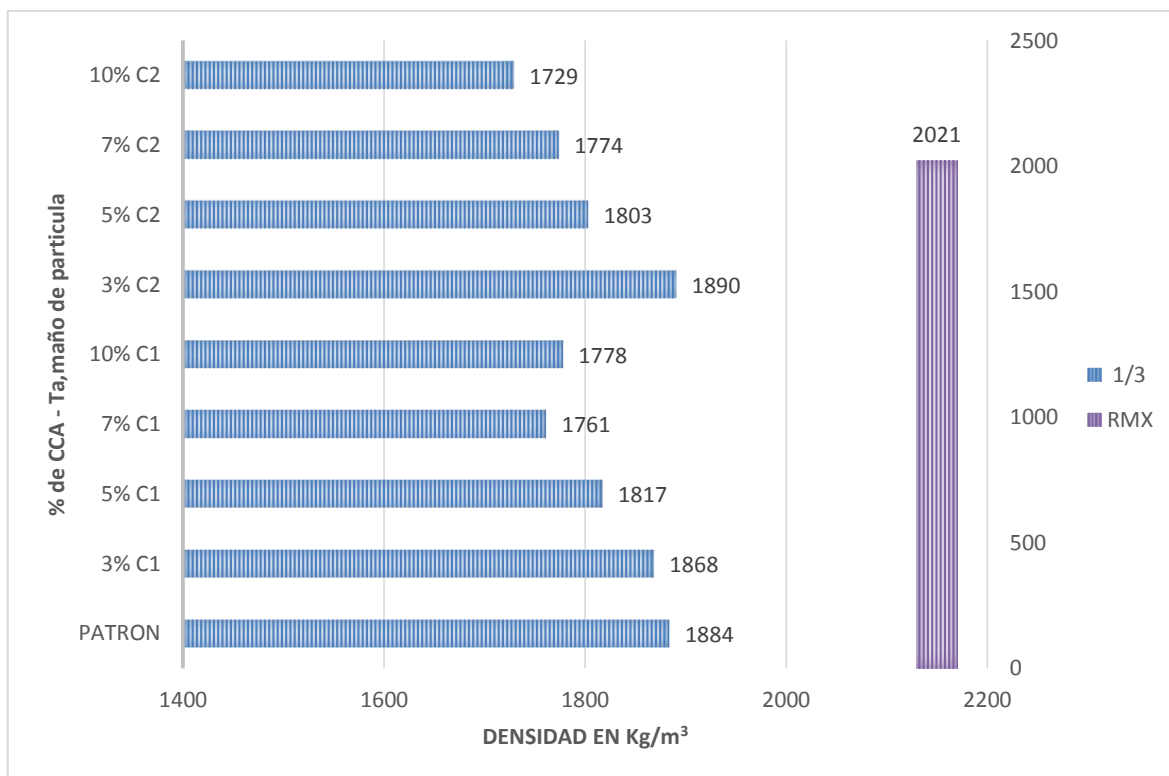


Figura 17. Resultados de Densidad R c:a 1/3.

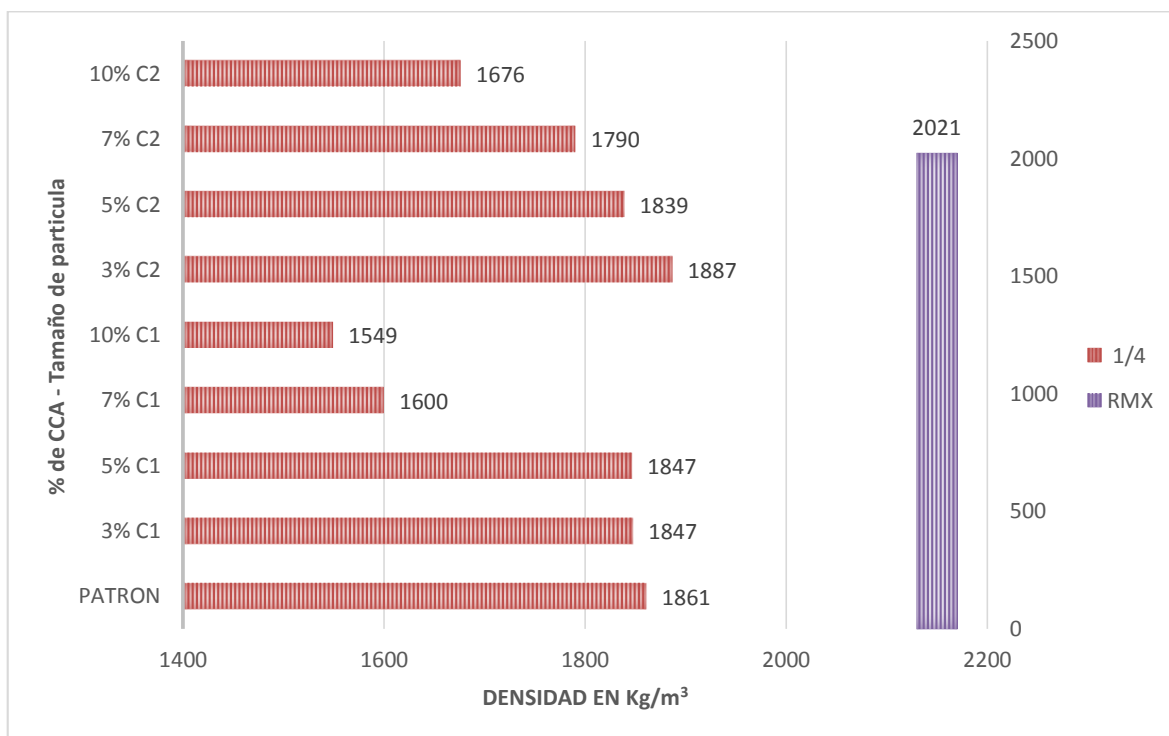


Figura 18. Resultados de Densidad R c:a 1/4.

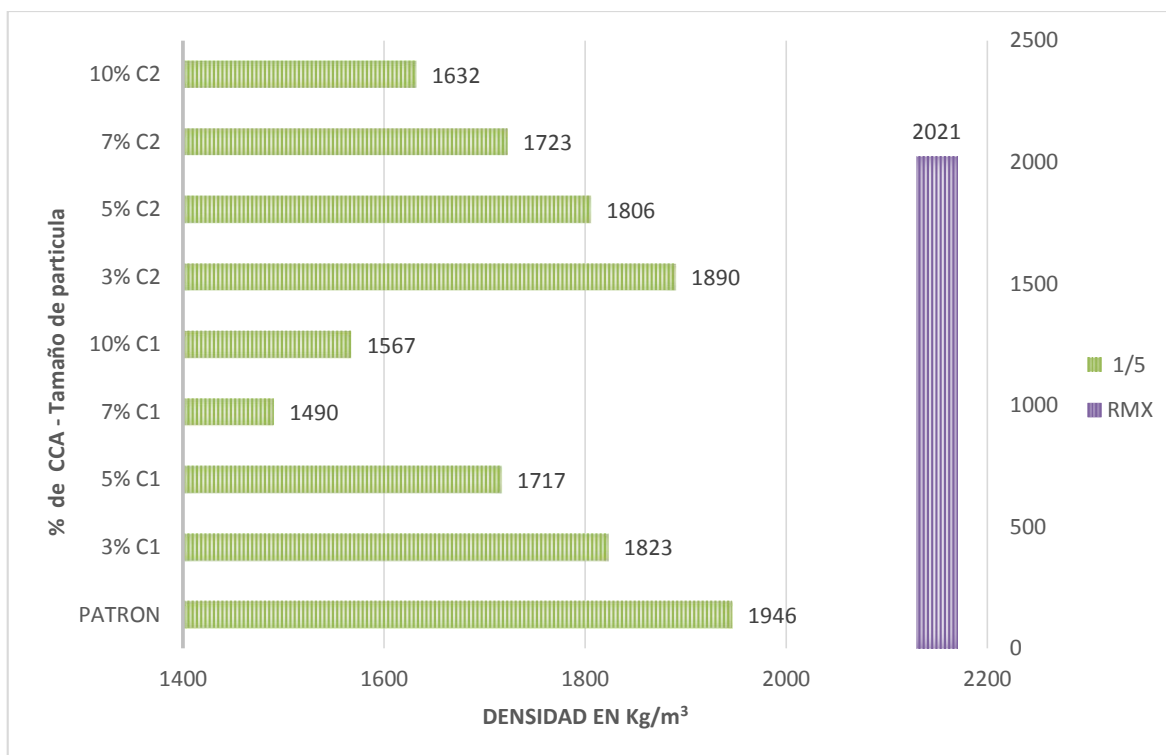


Figura 19. Resultados de Densidad R c:a 1/5.

3.4 POROSIDAD DEL MORTERO:

Los resultados promedios obtenidos del ensayo de porosidad efectuadas a los cubos en estado endurecido con diferentes porcentajes de reemplazo de CCA, resumidas en la Tabla 72, en la cual se puede diferenciar los dos tamaños de partícula y cómo se comporta la ceniza a medida que el porcentaje aumenta comparada con la muestra patrón. Detalladas para cada R: c/a en la Figura 20, 21 y 22 correspondiente.

Tabla 72. Resultados de Porosidad en (%)

R:c/a	Patrón	C1				C2			
		3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
1/3	26	25	28	28	25	24	27	29	28
1/4	24	27	23	33	33	25	21	26	29
1/5	25	28	27	31	34	27	23	32	32
Rpmx					24				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

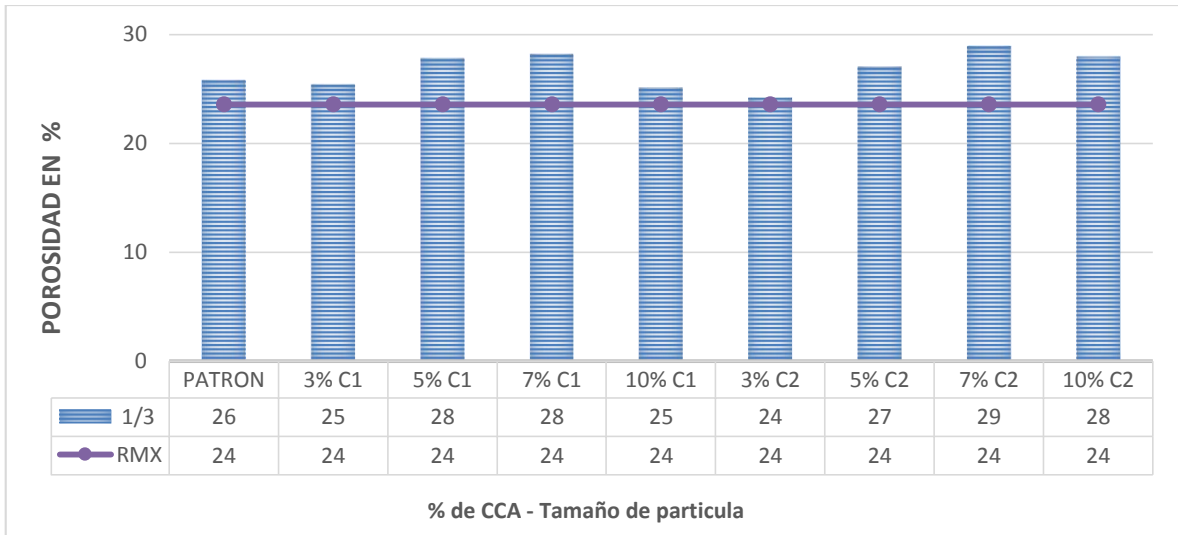


Figura 20. Resultados de Porosidad R c:a 1/3.

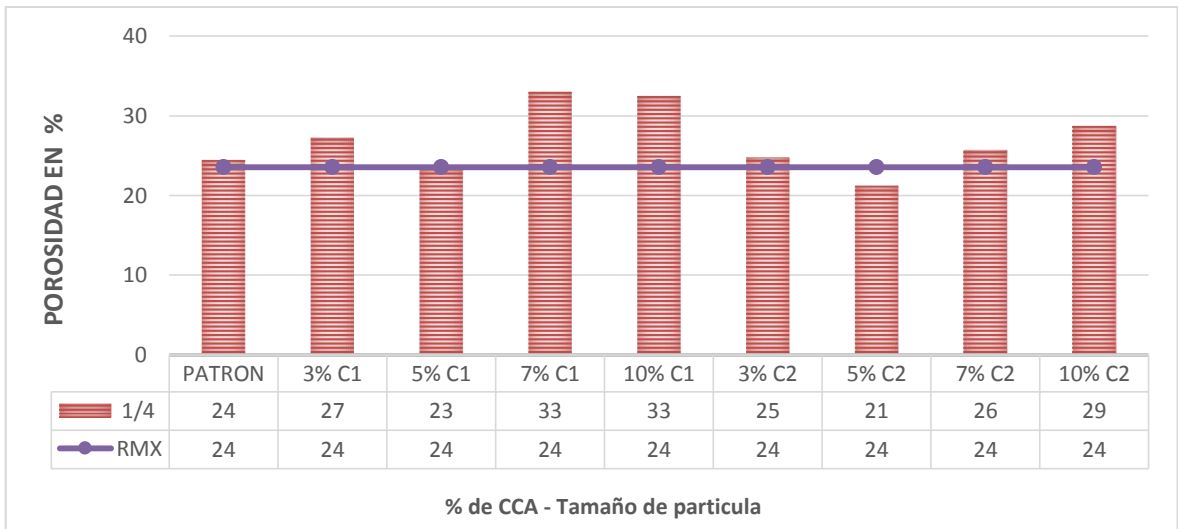


Figura 21. Resultados de Porosidad R c:a 1/4.

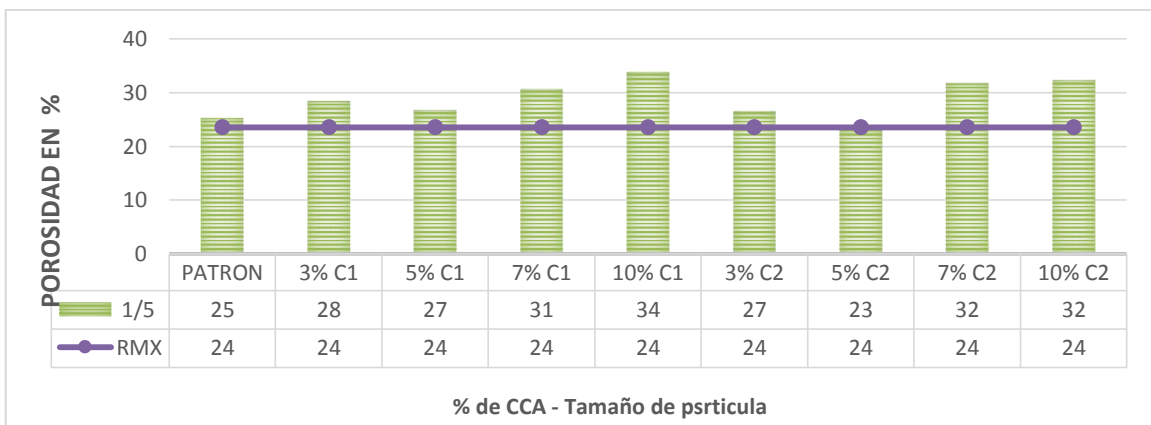


Figura 22. Resultados de Porosidad R c:a 1/5.

3.5 DURABILIDAD DEL MORTERO:

3.5.1 DURABILIDAD POR PERDIDA DE MASA DEL MORTERO:

Los resultados se presentarán con dos decimales, para este ensayo no existe un parámetro de presentación así que los datos puestos en las figuras y tablas son tomados a consideración de los autores.

Los resultados promedios obtenidos del ensayo de durabilidad por pérdida de masa del mortero efectuadas a los cubos en estado endurecido con diferentes porcentajes de reemplazo de CCA, resumidas en la Tabla 73, en la cual se puede diferenciar los dos tamaños de partícula y cómo se comporta la ceniza a medida que el porcentaje aumenta comparada con la muestra patrón. Detalladas para cada R: c/a en la Figura 23, 24 y 25 correspondiente.

Tabla 73. Resultados de pérdida de masa en (%)

R:c/a	C1					C2			
	Patrón	3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
1/3	7.32	4.46	3.53	4.16	3.42	3.37	2.60	4.50	3.19
1/4	7.48	5.07	2.49	4.79	4.68	5.07	3.03	4.46	0.82
1/5	8.50	3.07	1.49	4.12	4.54	3.68	3.00	3.69	2.10
Rpmx					4.81				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

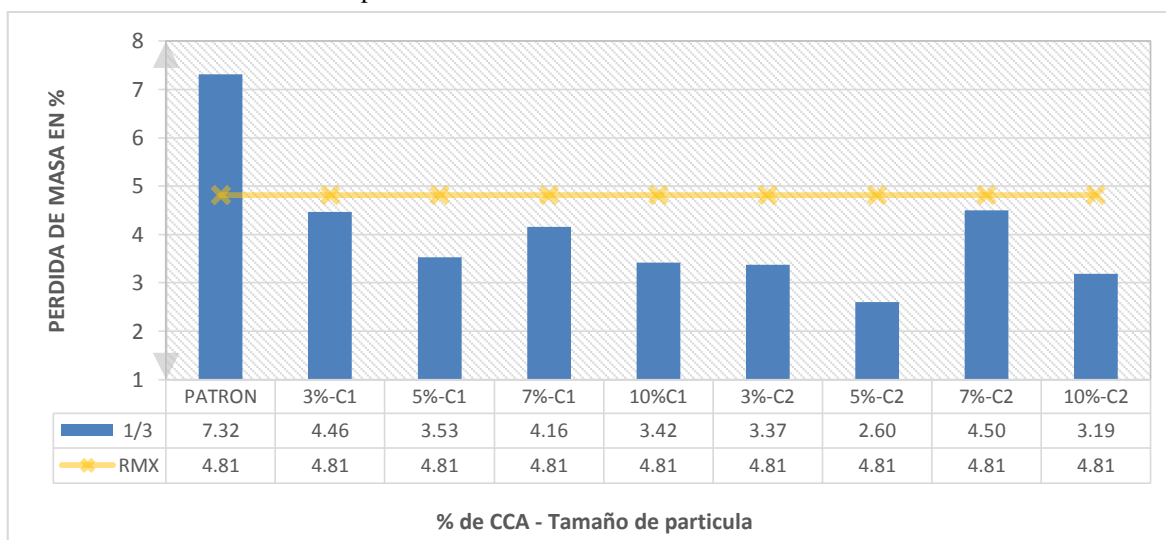


Figura 23. Resultados de Pérdida de masa R: c/a 1/3.

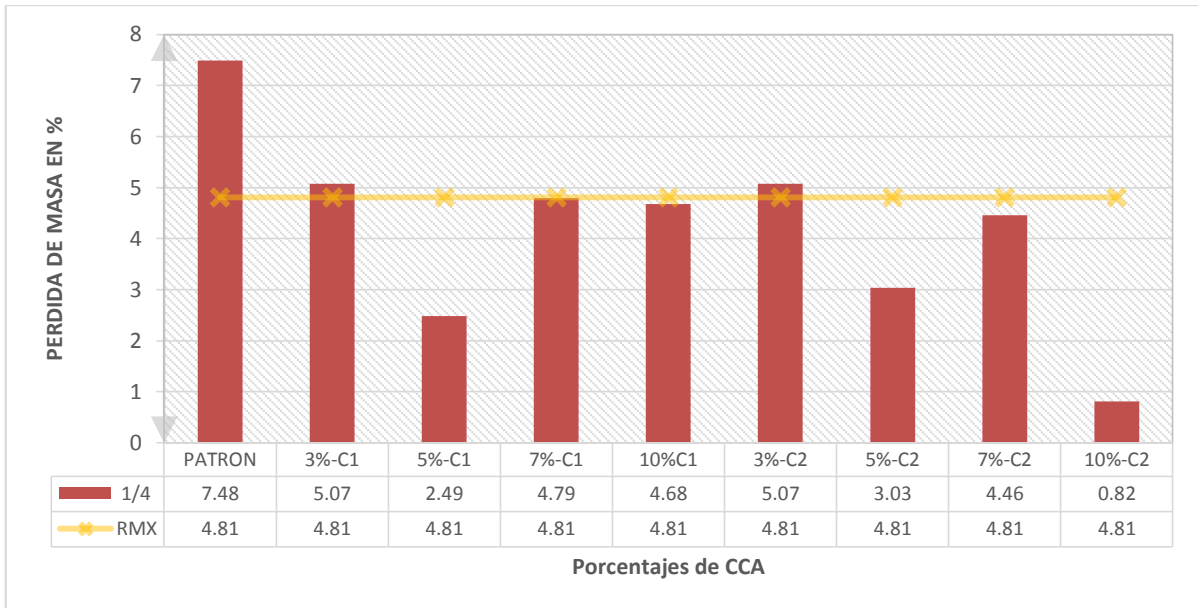


Figura 24. Resultados de Pérdida de masa R c:a 1/4.

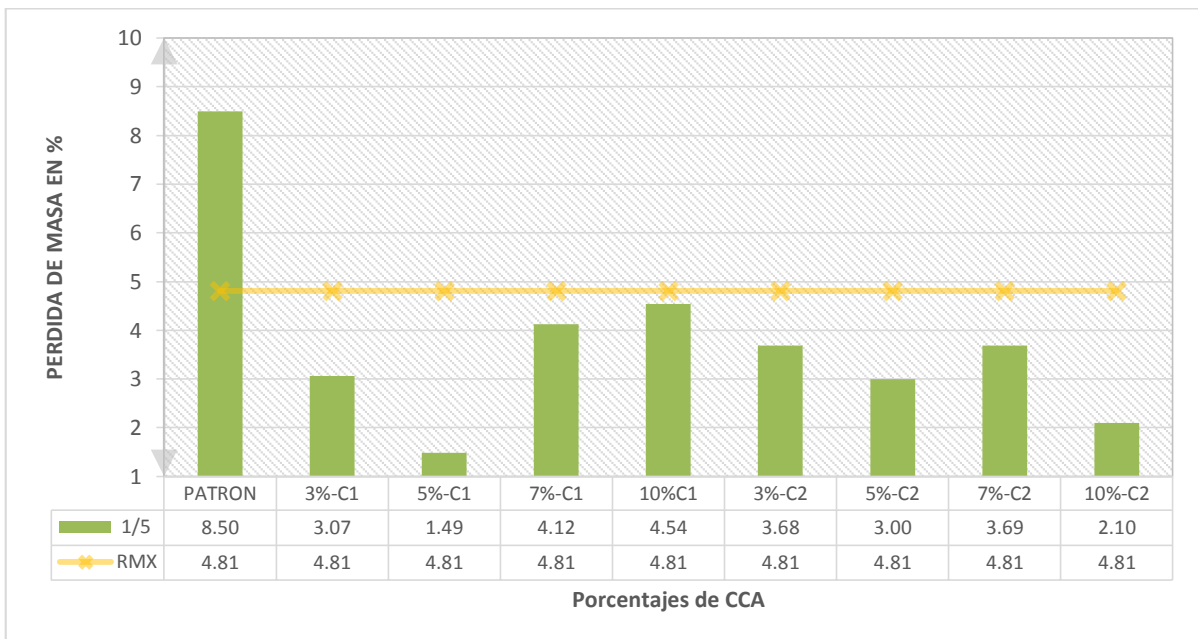


Figura 25. Resultados de Pérdida de masa R c:a 1/5.

3.5.1 DURABILIDAD EN COMPARACIÓN CON SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO:

Los resultados promediados se presentarán con signos negativos en la tabla 74, debido a la pérdida de la resistencia, de no presentar el signo negativo, la resistencia se comportó de forma contraria, de este ensayo efectuado a los cubos en estado endurecido con diferentes porcentajes de reemplazo de CCA, se muestra de forma

general en la Tabla 74, en la cual se puede diferenciar los dos tamaños de partícula y cómo se comporta la ceniza a medida que el porcentaje aumenta comparada con la muestra patrón. Detalladas para cada R: c/a en la Figura 26, 27 y 28 correspondiente.

Tabla 74. Resultados de variación de resistencia a la compresión (%)

R:c/a	Patrón	C1				C2			
		3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
1/3	-34%	-23%	9%	-14%	-22%	-8%	13%	-15%	-9%
1/4	-42%	-17%	-13%	-21%	-25%	-20%	-22%	-27%	-37%
1/5	-41%	-19%	-22%	-20%	-38%	-7%	-15%	-26%	-37%
Rpmx					-21%				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

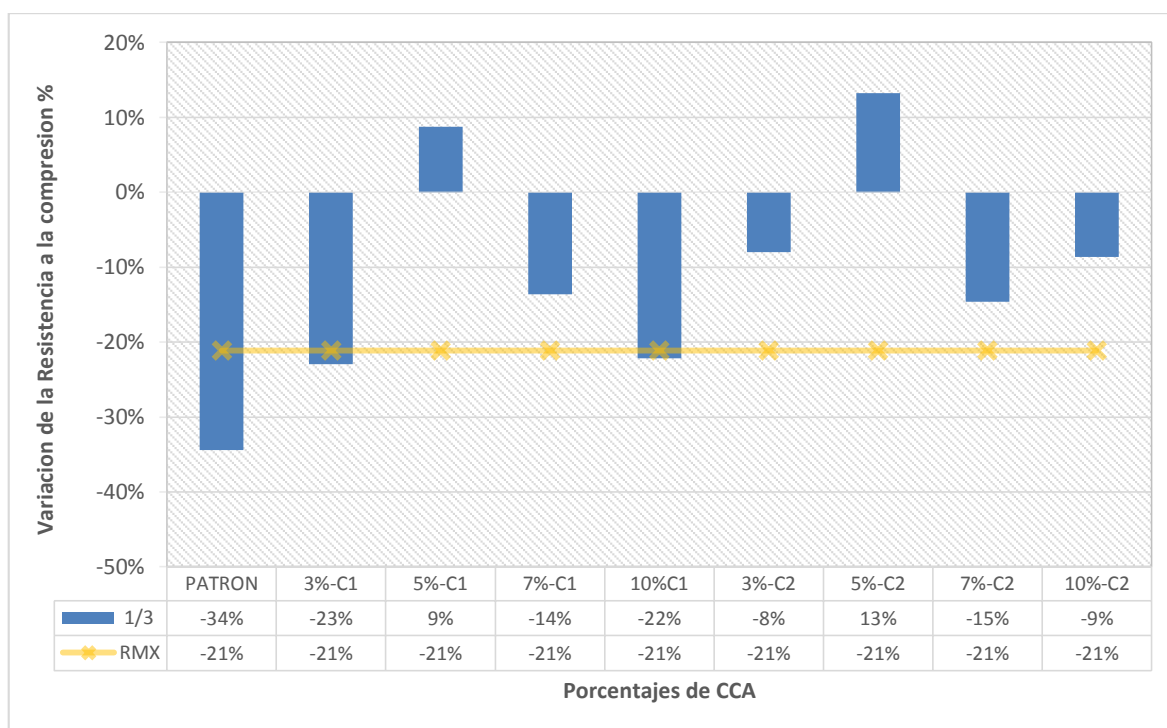


Figura 26. Resultados de Variación de la R.C R c:a 1/3.

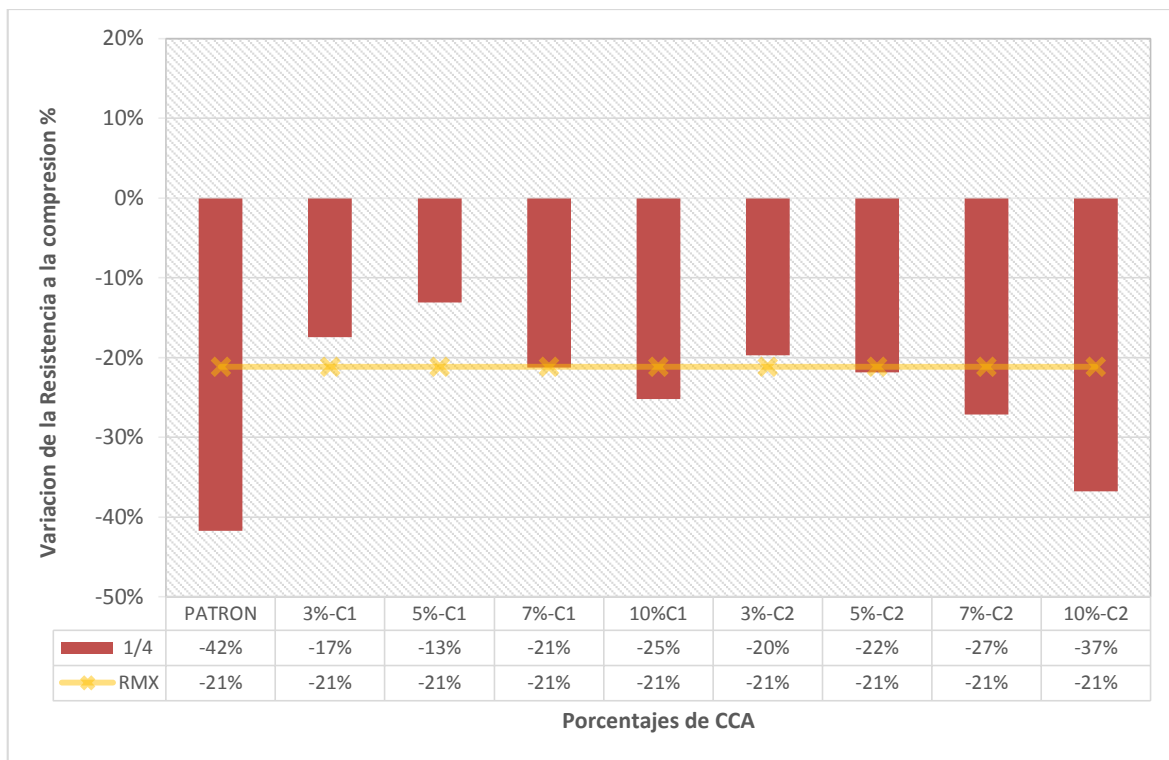


Figura 27. Resultados de Variación de la R.C R c:a 1/4.

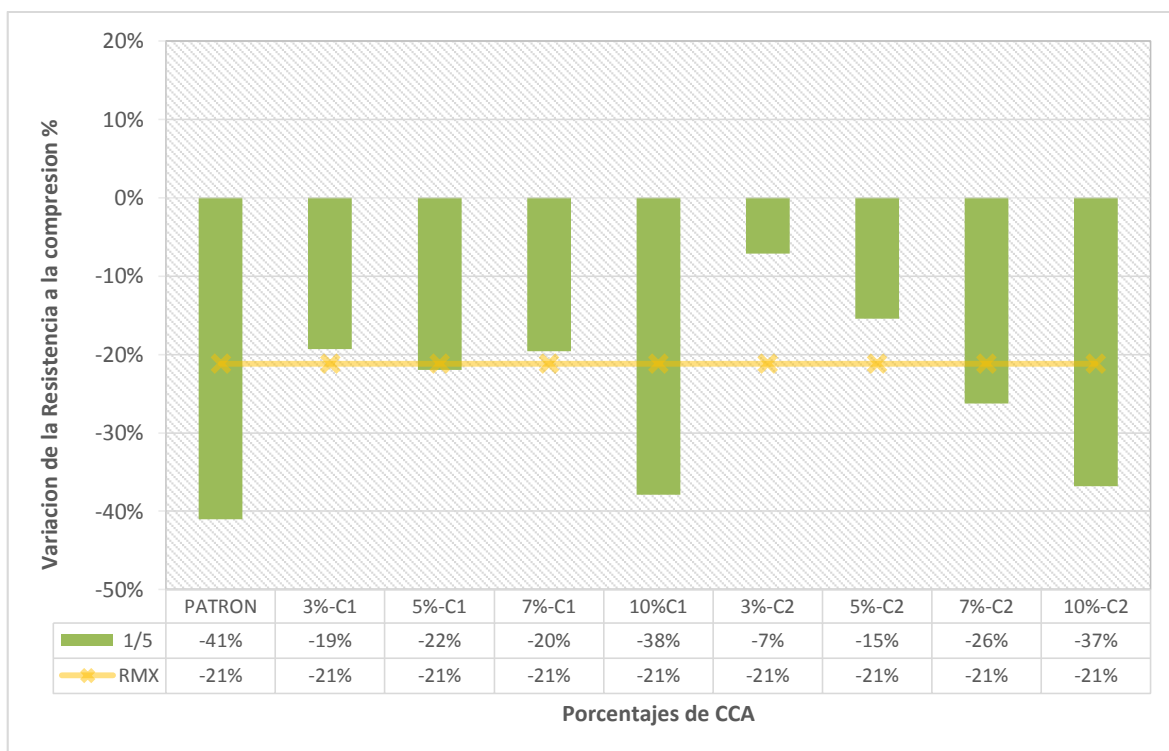


Figura 28. Resultados de Variación de la R.C R c:a 1/5.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El propósito de la investigación es determinar que influencia tiene la sustitución de la ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes, en dos tamaños diferentes de partícula, para tres relaciones cemento: arena sobre las propiedades del mortero tanto físicas como mecánicas. Para ello se realizó ensayos de fluidez, densidad, porosidad, compresión y durabilidad a las muestras.

4.1.1 Ensayos realizados

4.1.1.1 Fluidez

La fluidez es una de las propiedades físicas del mortero en estado fresco de mayor importancia ya que mide la relación correcta de agua en la mezcla, importante para que se produzca la hidratación de los principales componentes del cemento y tenga una trabajabilidad apta, en este caso media (plástica) perfecta para la pega de mampostería.

En la figura 29, se puede observar que a medida que se sustituye la arena por ceniza de cascarilla de arroz, el mortero va descendiendo en cuanto a su porcentaje de fluidez. Para el mortero patrón 1/3 al contener más cemento, la cantidad de agua fue mayor, empezando en una relación agua /cemento de 0.70 y se le añadió agua como nos indica la norma ASTM C230, hasta tener una fluidez entre los 100% a 120%, luego de 25 golpes en la mesa de flujo se obtuvo una fluidez de 114% con una relación agua/cemento de 0.75 óptima para el asentado. A partir de este diseño de agua se realizó el comparativo con las muestras adicionadas ambas con la misma relación cemento: arena (1:3).

Para el tamaño de partícula C1, representada por la curva de color azul, una partícula con mayor área superficial se nota mayor descenso de fluidez a medida

que aumenta la sustitución se ve la caída, perdiendo con 3% de adición de CCA un 3% de su fluidez, con 5% de adición de CCA, un 7% de su fluidez, con 7% de adición de CCA, un 12% de su fluidez y por último con un 10% de adición de CCA, pierde en promedio 17% de su fluidez sacándola del parámetro establecido para ser una mezcla plástica.

Por otro lado, el tamaño de partícula C2 representada por la curva de color rojo, contando con menor área superficial se aprecia que el descenso de la fluidez a medida que aumenta la sustitución es menor a la C1, perdiendo con 3% de adición de CCA, 1% de su fluidez con 5% de adición de CCA, un 6% de su fluidez con 7% de adición de CCA, un 11% de su fluidez y por último con un 10% de adición de CCA pierde en promedio 13% de su fluidez manteniéndola dentro del parámetro establecido para ser una mezcla plástica pero no recomendada, ya que lo recomendado es que sea $110\% \pm 5\%$ y esta, se encuentra en 103%.

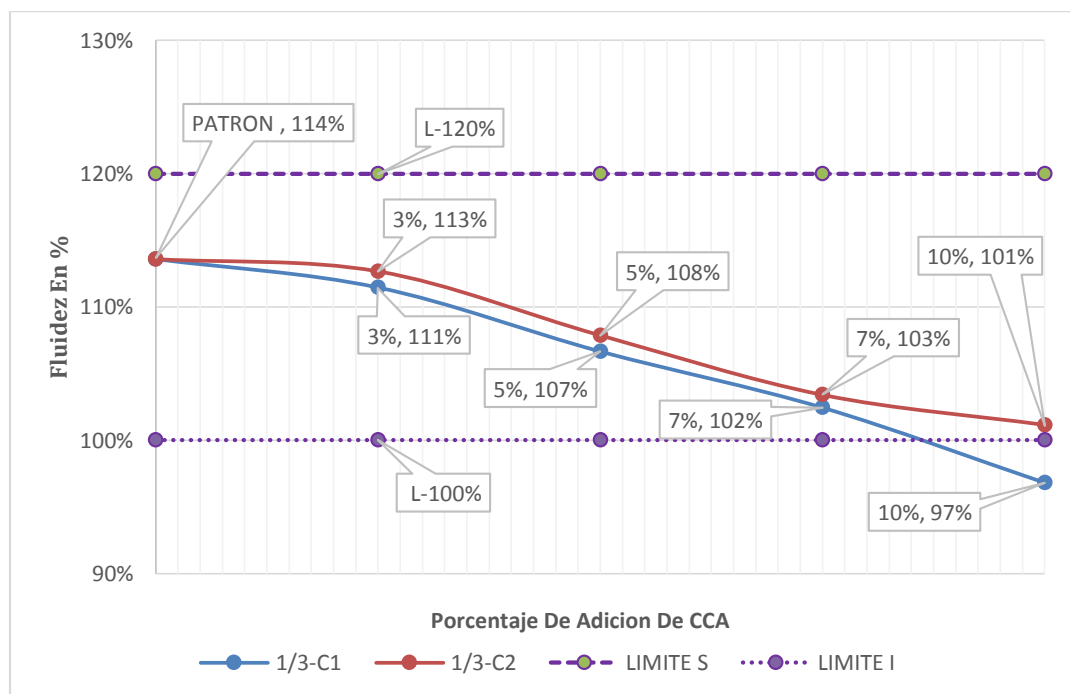


Figura 29. Limites fluidez R c:a 1/3.

En la figura 30, se puede observar que a medida que se sustituye la arena por ceniza de cascarilla de arroz, el mortero va descendiendo en cuanto a su porcentaje de fluidez. Para el mortero patrón 1/4 al contener menos cemento que la mezcla anterior 1/3, la cantidad de agua fue menor empezando en una relación agua/cemento de 0.80 y se le añadió agua como nos indica la norma ASTM C230, hasta tener una fluidez entre los 100% a 120%, luego de 25 golpes en la mesa de flujo se obtuvo una relación de 113% con una relación agua/cemento de 0.87 óptima para el asentado, a partir de este diseño de agua se realizó el comparativo con las muestras adicionadas ambas con la misma relación cemento: arena (1:4).

Para el tamaño de partícula C1 representada por la curva de color azul, una partícula con mayor área superficial se nota mayor descenso de fluidez de los dos últimos porcentajes, a medida que aumenta la sustitución se ve la caída. Perdiendo con 3% de adición de CCA un 2% de su fluidez, con 5% de adición de CCA un 7% de su fluidez, con 7% de adición de CCA un 12% de su fluidez encontrándose en el límite permitido y por último con un 10% de adición de CCA pierde en promedio 16% de su fluidez sacándola del parámetro establecido para ser una mezcla plástica.

Por otro lado, el tamaño de partícula C2 representada por la curva de color azul, contando con menor área superficial se aprecia que el descenso de la fluidez a medida que aumenta la sustitución es menor a la de la C1 en sus tres últimos porcentajes, teniendo la misma fluidez con 3% de adición de CCA perdiendo 1% de su fluidez, con 5% de adición de CCA un 8% de su fluidez, con 7% de adición de CCA un 10% de su fluidez y por último con un 10% de adición de CCA pierde en promedio 13% de su fluidez manteniéndola dentro del parámetro establecido

para ser una mezcla plástica pero no recomendada ya que lo recomendado es que sea $110\% \pm 5\%$ y esta, se encuentra en 103%.

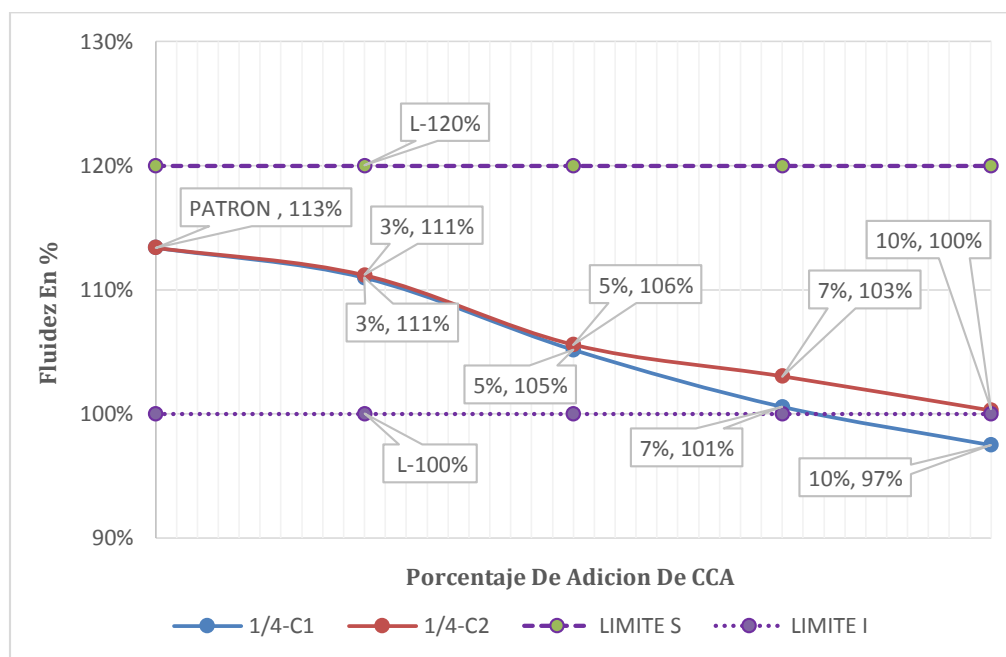


Figura 30. Limites fluidez R c:a 1/4.

En la figura 31, al igual que las anteriores se puede observar que a medida que se sustituye la arena por ceniza de cascarilla de arroz, el mortero va descendiendo en cuanto a su porcentaje de fluidez. Para el mortero patrón 1/5 al contener menos cemento que la mezcla anterior 1/4, la cantidad de agua fue menor empezando en una relación agua /cemento de 0.95 y se le añadió agua como nos indica la norma ASTM C230, hasta tener una fluidez entre los 100% a 120% luego de 25 golpes en la mesa de flujo se obtuvo una relación de 113% con una relación agua/cemento de 0.98 óptima para el asentado, a partir de este diseño de agua se realizó el comparativo con las muestras adicionadas ambas con la misma relación cemento: arena (1:5).

Para el tamaño de partícula C1, representada por la curva de color azul, una partícula con mayor área superficial, se nota mayor descenso de fluidez en sus tres primeros porcentajes, a medida que aumenta la sustitución se ve la caída.

Perdiendo con 3% de adición de CCA un 3% de su fluidez, con 5% de adición de CCA un 8% de su fluidez menor que la de la C2, con 7% de adición de CCA un 13% de su fluidez encontrándose en el límite permitido y por último con un 10% de adición de CCA pierde en promedio 15% de su fluidez sacándola del parámetro establecido para ser una mezcla plástica.

Por otro lado, el tamaño de partícula C2 representada por la curva de color azul, contando con menor área superficial se aprecia que el descenso de la fluidez a medida que aumenta la sustitución es menor a la C1 a excepción de la muestra con el 5% de adición para el tamaño C1, con 3% de adición de CCA perdiendo 1% de su fluidez, con 5% de adición de CCA un 9% de su fluidez, con 7% de adición de CCA un 10% de su fluidez y por último con un 10% de adición de CCA pierde en promedio 15% de su fluidez al igual que la muestra C1 sacándola del parámetro establecido para ser una mezcla plástica.

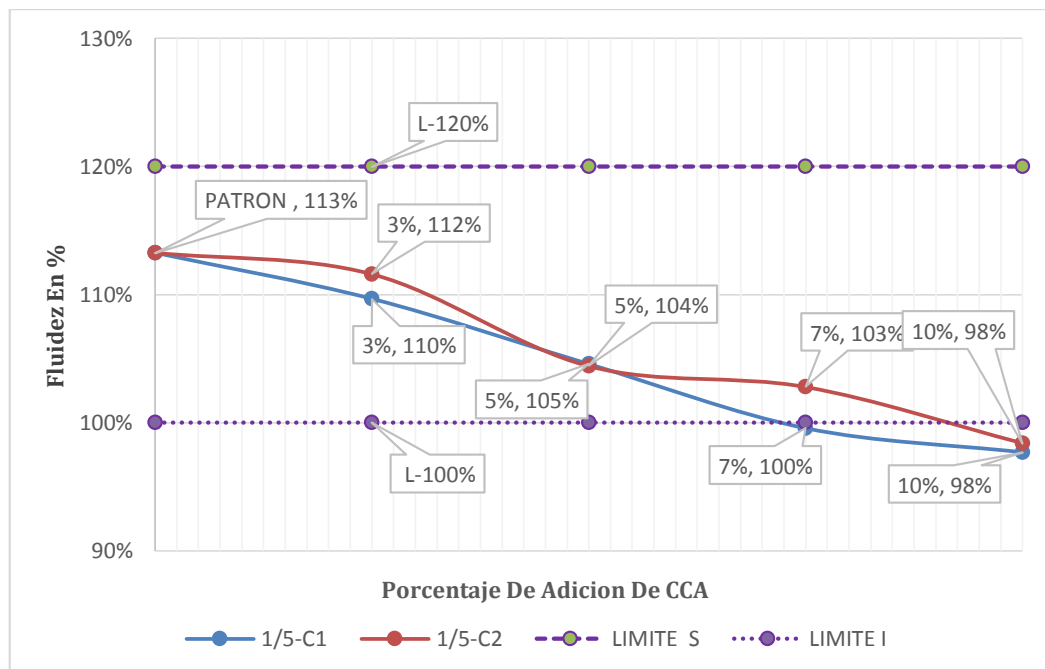


Figura 31. Limites fluidez R c:a 1/5.

Los resultados obtenidos con respecto a este ensayo, nos detallan que este mortero para asentado al agregarle CCA en porcentajes más altos del 5% empiezan a perder fluidez comparadas con sus muestras patrón, esto es perjudicial para la trabajabilidad de la muestra, las relaciones cemento: arena al contener mayor cantidad de arena pierden cemento y la mayor cantidad de arena es remplazada por ceniza de cascarilla de arroz, esta afecta directamente a su fluidez es por eso que las muestras con relación 1/5 tienen menor fluidez. Al compararse estas con un mortero precodificado como Rapimix donde se le agrega 7.5 litros de agua \pm 0.5 litros por bolsa de 40kg de mortero seco nos da una fluidez de 124% siendo una mezcla muy fluida para el asentado como se pueden apreciar en las figuras 11, 12 y 13.

4.1.1.2 Densidad

La densidad es una de las propiedades importantes del mortero en estado endurecido, ésta depende principalmente de sus componentes, por ello se dice que los morteros de mayor densidad son los que poseen mayor densidad en el agregado, por ello se sustituye con CCA con la intención de aligerar el mortero sin perder resistencia.

Según Gálvez, clasifica a los morteros en livianos, medianos y pesados según su densidad, los livianos orbitan entre los 1400 Kg/m³ a 1600 Kg/m³, los medianos llegan hasta los 1850 Kg/m³ y los pesados se ubican hasta 2200 Kg/m³

De la figura 17, se puede decir que las muestras, incluida la muestra patrón se encuentran dentro de los morteros medianos al no pasar de los 1850 Kg/m³ y no ser menores de 1600 Kg/m³ a excepción de la muestra con un 3% de adición de CCA para un tamaño de partícula C2, ésta si sobrepasa el límite con un valor de

1890 Kg/m³ y se convierte al igual que Rapimix con un valor de 2021 Kg/m³ en un mortero pesado.

En la figura 32, se puede observar que a excepción de la muestra 3% C2, todas pierden densidad comparándolas a partir del patrón, a mayor porcentaje de remplazo, la densidad disminuye. Para el tamaño de partícula C1 en un 3% de adicción de CCA pierde 0.81% de su densidad patrón, lo mismo sucede cuando se adiciona 5%, 7% y 10% pierden 3.53%, 6.51% y 5.62% en el orden antes mencionado, de su densidad patrón. Caso contrario sucede con la partícula C2, esta gana densidad en un porcentaje muy pequeño de 0.36% cuando se le adiciona 3% de CCA para el resto de muestras de la partícula C2, todas pierden densidad 4.29%, 5.84%, 8.21% en el siguiente orden de adición de CCA, 5%, 7% y 10%.

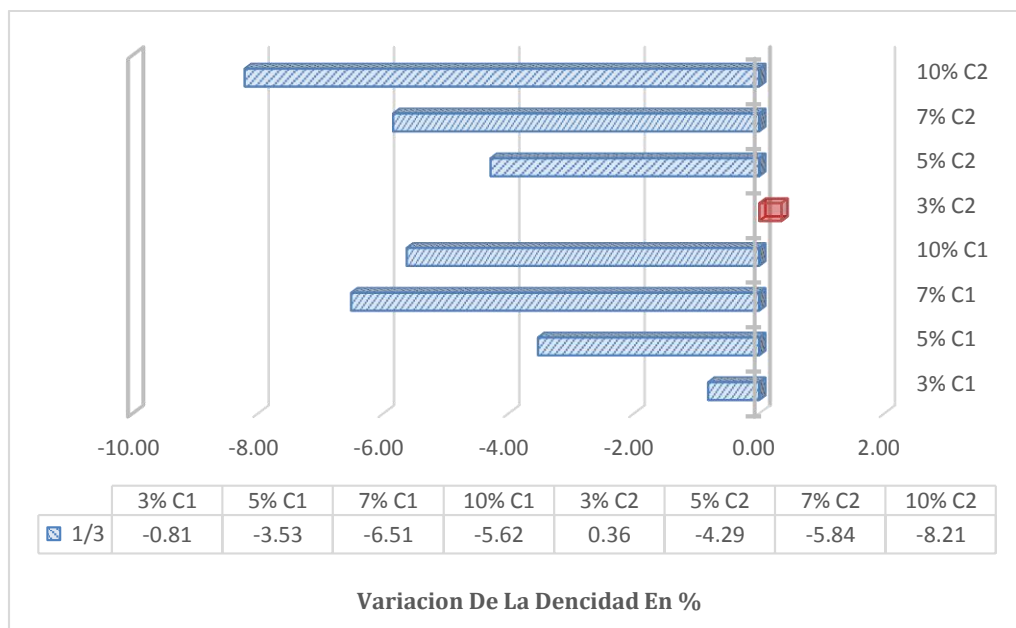


Figura 32. Variación de la densidad 1/3.

En figura 18, se puede decir que las muestras para una relación 1/4 cemento: arena se encuentran dentro de los morteros medianos a excepción de la muestra con un 7% y 10% de adición de CCA para un tamaño de partícula C1, está por debajo del límite con un valor de 1600 Kg/m³ y 1549 Kg/m³ respectivamente también la

muestra 3% C2 con un valor 1887 Kg/m^3 se convierte al igual que la muestra patrón con un valor de 1861 Kg/m^3 en un mortero pesado.

En la figura 33, se puede observar que a excepción de la muestra 3% C2 todas pierden densidad comparándolas a partir del patrón, a mayor porcentaje de remplazo la densidad disminuye. Para el tamaño de partícula C1 en un 3% de adicción de CCA pierde 0.72% de su densidad patrón lo mismo sucede cuando se adiciona 5%, 7% y 10% pierden 0.76%, 14.03% y 16.75% en el orden antes mencionado. Caso contrario sucede con la partícula C2, esta gana densidad en un porcentaje de 1.39% cuando se le adiciona 3% de CCA, para el resto de muestras de la partícula C2 todas pierden densidad 1.18%, 3.78%, 9.93% en el siguiente orden de adición de CCA, 5%, 7% y 10%.

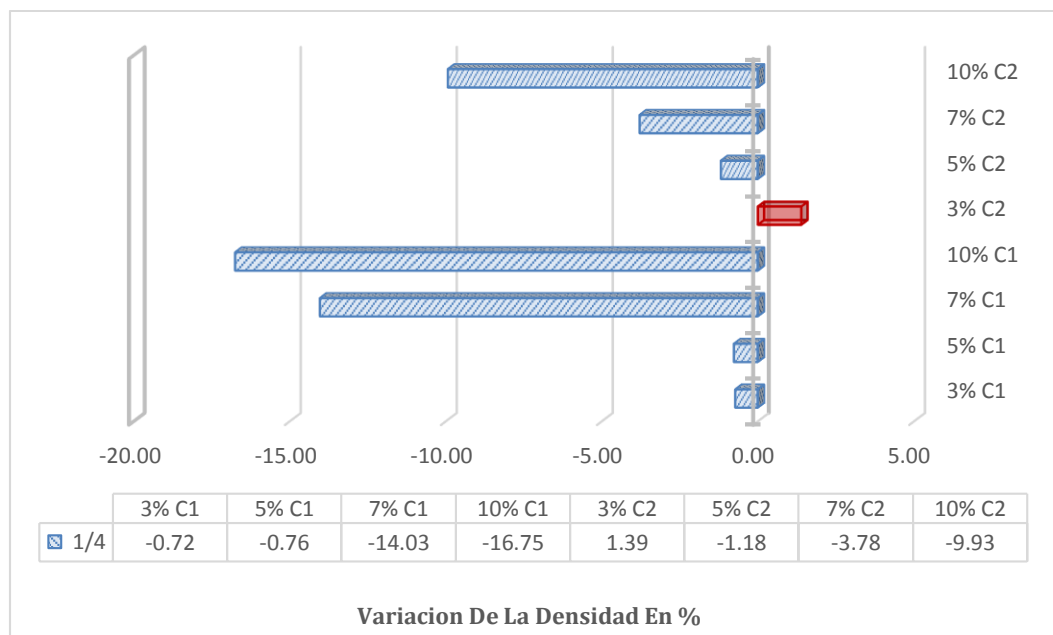


Figura 33. Variación de la densidad 1/4.

De la figura 19, se puede decir que las muestras no incluidas, el patrón para una relación 1/5 cemento: arena se encuentran dentro de los morteros medianos a excepción de las muestras con un 7% y 10% de adición de CCA para un tamaño de partícula C1, está por debajo del límite con un valor de 1490 Kg/m^3 y 1567 Kg/m^3 respectivamente también la muestra 3% C2 con un valor 1890 Kg/m^3 se

convierte en un mortero pesado tal y como es para este caso el patrón con 1946 Kg/m³.

En la figura 34, se puede observar que todas muestras pierden densidad comparándolas a partir del patrón, a mayor porcentaje de remplazo, la densidad disminuye. Para el tamaño de partícula C1 en un 3% de adicción de CCA pierde 6.34% de su densidad patrón, lo mismo sucede cuando se adiciona 5%, 7% y 10% pierden 11.80%, 23.43% y 19.47% en el orden antes mencionado. Lo mismo sucede para la partícula C2, esta pierde densidad en porcentajes más pequeños que los antes mencionados, de 2.90% cuando se le adiciona 3% de CCA, 7.23%, 11.49%, 16.16% en el siguiente orden de adición de CCA, 5%, 7% y 10%.

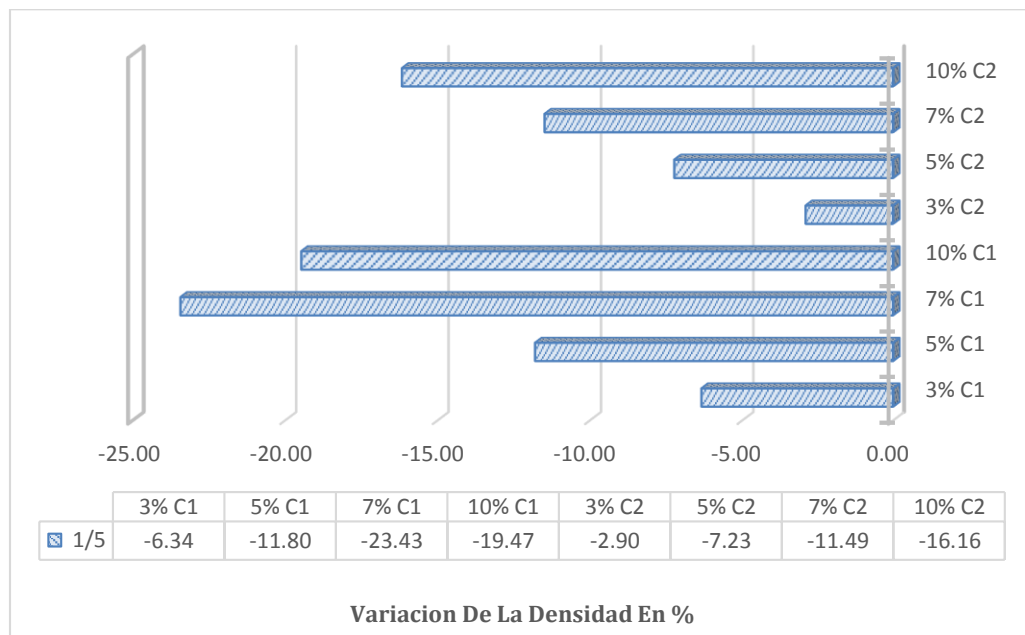


Figura 34. Variación de la densidad 1/5.

Los resultados obtenidos con respecto a este ensayo nos detallan que este mortero para asentado al agregarle CCA a excepción de 3%C2 tanto para la relación cemento arena 1/3 y 1/4, se ven aligerados al contener mayor cantidad de ceniza de cascarilla de arroz remplazada por arena. Al compararse estas con un mortero precodificado como Rapimix, donde se obtiene una densidad de 2021 Kg/m³ siendo un mortero pesado para el uso en muros.

4.1.1.3 Porosidad

La porosidad es un parámetro condicionante de primer orden para asegurar la durabilidad del mortero, los poros sirven como mecanismo de transporte para los fluidos dentro de este. Según Aliaga, un mortero menos poroso tiende a ser más resistente, denso y durable. A tener el porcentaje de porosidad menor en un mortero, este se considera con capacidad impermeable.

En la figura 35, se puede observar que la variación entre las muestras no supera el 3% de diferencia con el patrón, eso quiere decir que la porosidad en el mortero no es muy variable. Para el tamaño de partícula C1 en un 3% de adicción de CCA pierde 1% de su porosidad comparada con el patrón, esto beneficia al mortero al tener menor porcentaje de porosidad, aumenta el porcentaje de mortero seco sólido ocupando esos vacíos. Lo mismo sucede cuando se adiciona 10% pierden 1%, como lo antes mencionado. Por otro lado, cuando se adiciona 5% y 7% se incrementa el porcentaje de poros en un 2% aumentando la cantidad de vacíos y disminuyendo la presencia de mortero seco sólido hasta en un 72%, el mejor resultado lo presenta la muestra 3% para la partícula C2 perdiendo un 2% de su porosidad quiere decir que aumento la presencia de mortero seco sólido disminuyendo su porosidad hasta un 24%. Para la misma partícula C2, en adiciones del 5%, 7% y 10% todas aumentan su porosidad con respecto al patrón, aumentándola en 1%, 3% y 2% en el orden antes mencionado.

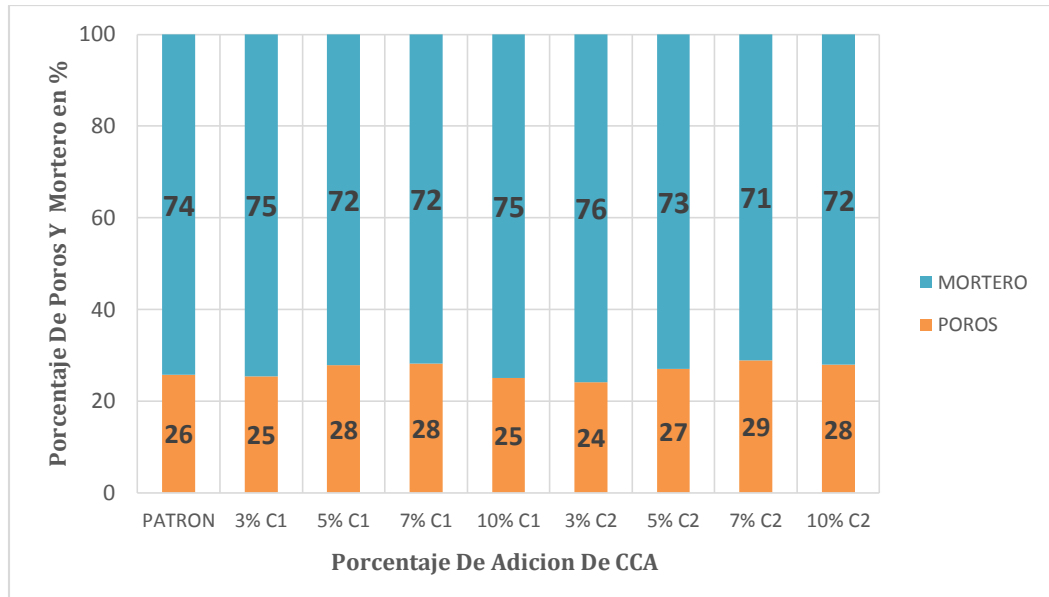


Figura 35. Porosidad en el mortero 1/3.

En la figura 36, se puede observar que la variación entre las muestras no supera el 9% de diferencia con el patrón, eso quiere decir que la porosidad en el mortero es mucho más variable que la relación anterior. Para el tamaño de partícula C1 en un 3% de adición de CCA, aumenta un 3% de su porosidad comparada con el patrón, esto no beneficia al mortero, al tener mayor porcentaje de porosidad, disminuye el porcentaje de mortero seco sólido ocupando esos vacíos. Lo mismo sucede cuando se adiciona 7% y 10% aumenta un 8%, como lo antes mencionado. Por otro lado, cuando se adiciona 5% disminuye el porcentaje de poros en un 1% menguando la cantidad de vacíos y aumentando la presencia de mortero seco sólido hasta en un 77%, el mejor resultado lo presenta la muestra 5% para la partícula C2, perdiendo un 3% de su porosidad, quiere decir que aumentó la presencia de mortero seco sólido disminuyendo su porosidad hasta un 21%. Para la misma partícula C2, en adiciones del 3%, 7% y 10%, todas aumentan su porosidad con respecto al patrón, aumentándola en 1%, 2% y 5% en el orden antes mencionado.

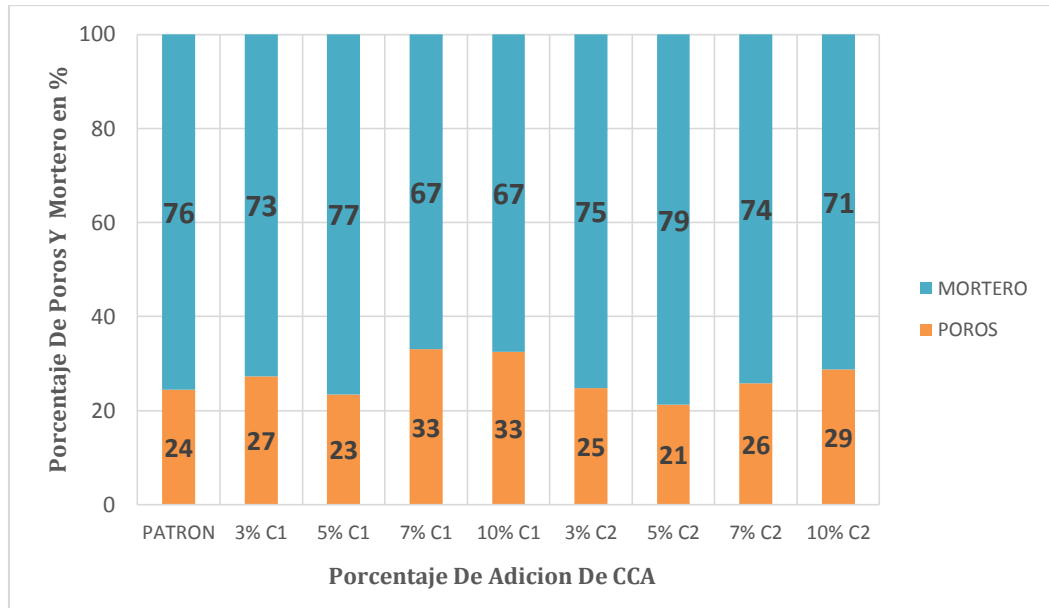


Figura 36. Porosidad en el mortero 1/4.

En la figura 37, se puede observar que la variación entre las muestras no supera el 9% de diferencia con la muestra patrón, eso quiere decir que la porosidad en el mortero no es igual de variable que la relación anterior. Para el tamaño de partícula C1 en un 3% de adición de CCA aumenta 3% de su porosidad comparada con el patrón, esto no beneficia al mortero al tener mayor porcentaje de porosidad, disminuye el porcentaje de mortero seco sólido ocupando esos vacíos. Lo mismo sucede cuando se adiciona 5%, 7% y 10%, se incrementa el porcentaje de poros en un 2%, 6% y 9% siendo este último el mortero más poroso de todas las muestras, por ello la cantidad de vacíos aumentan y disminuye la presencia de mortero seco sólido hasta en un 66%, el mejor resultado lo presenta la muestra 5% para la partícula C2 perdiendo un 2% de su porosidad, quiere decir que aumentó la presencia de mortero seco sólido disminuyendo su porosidad hasta un 23%. Para la misma partícula C2 en adiciones del 3% aumentan su porosidad con respecto al patrón, aumentándola en un 2%, las adiciones 7% y 10% aumentan el valor de la porosidad por igual en 7% teniendo un porcentaje de porosidad del 32%.

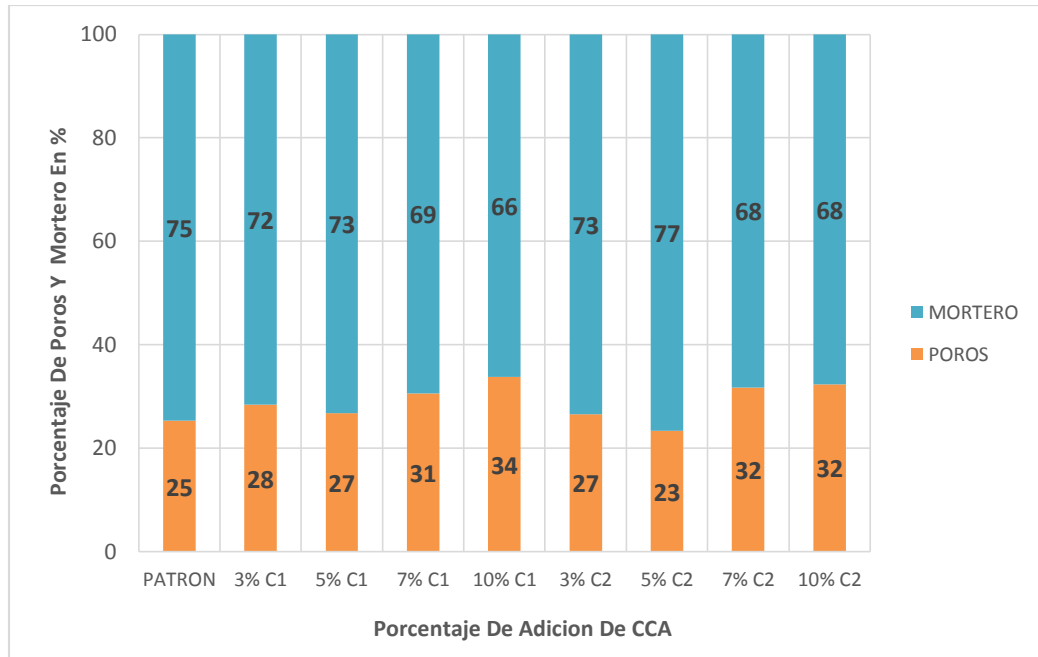


Figura 37. Porosidad en el mortero 1/5.

Los resultados obtenidos con respecto a este ensayo nos detallan que este mortero para asentado al agregarle CCA en su mayoría aumenta su porosidad hasta en 9% como máximo, eso aligera la estructura solida del mortero. Al compararse estas con un mortero precodificado como Rapimix donde se obtiene una porosidad de 24% no muy alejada de los patrones en sus tres relaciones, se puede decir que lo normal sería que un mortero se encuentre entre 21% y 27% de porosidad criterio obtenido bajo nuestro criterio.

4.1.1.4 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión de un mortero es la garantía de que este soportara cargar altas, por ello es la propiedad más importante en estado endurecido cuando la mampostería es estructural.

Aliaga, clasifica a los morteros de cemento en ricos, ordinarios y pobres según su resistencia, de una forma parecida la norma ASTM C270, los nombra por letras entre los que se encuentran los de tipo M, S, N y O diferenciados por su capacidad para soportar cargas; por otro lado, la Norma Técnica E.070 solo posee dos tipos

de morteros según su uso, los que serán usados en muros portantes y los que no cargarán peso en su vida útil. A mayor carga que soporta el mortero es menor la cantidad de agregado por volumen de cemento, quiere decir que las proporciones 1/3 tendrán mayor capacidad de carga que las proporciones 1/4 y 1/5.

Para este ensayo se siguió los parámetros establecidos en la normal ASTM C109 y se pusieron límites extraídos de la Tabla 4 ya que son morteros usados para muros cargados.

En la figura 38, se puede observar que a partir del patrón 1/3 que da como resultado 174 Kg/cm^2 por encima de límite que es 160 Kg/cm^2 para morteros ricos, a medida que se adiciona CCA en porcentajes de 3% y 5% estas muestras ganan resistencia a excepción de la muestra con porcentajes de 7% y 10% para ambas partículas, estas se ven afectadas, pero quien muestra un comportamiento mucho más decadente son las muestras con tamaño de partícula C1. En las muestras, para la partícula C1 con 3% de adición de CCA se obtiene un incremento del 9% con respecto al patrón con un resultado de 190 Kg/cm^2 , lo mismo sucede cuando se le adiciona 5% de CCA para el mismo tamaño de partícula C1 teniendo un incremento del 7% con respecto al patrón, luego se observa una caída en la resistencia a la compresión de forma acelerada cuando se le adiciona 7% y 10% de CCA, estas muestras llegan a perder un 17% y 33% en el orden antes mencionado, encontrándose muy por debajo del límite establecido para un mortero rico 1/3. En las muestras para la partícula C2 con 3% de adición de CCA se obtiene un incremento mucho mayor al anterior presentando esta partícula un comportamiento más efectivo en cuanto al incremento de la resistencia llegando al 17% más con respecto al patrón con un resultado de 204 Kg/cm^2 , lo mismo sucede cuando se le adiciona 5% de CCA para el mismo tamaño de partícula C1,

teniendo un incremento del 10% con respecto al patrón, luego se observa una caída en la resistencia a la compresión de forma acelerada cuando se le adiciona 7% y 10% de CCA aligerando la caída en el traspaso del último porcentaje, estas muestras llegan a perder un 17% y 16% en el orden antes mencionado resaltando que con 10% se pierde menos que con 7%, encontrándose muy por debajo del límite establecido para un mortero rico 1/3.

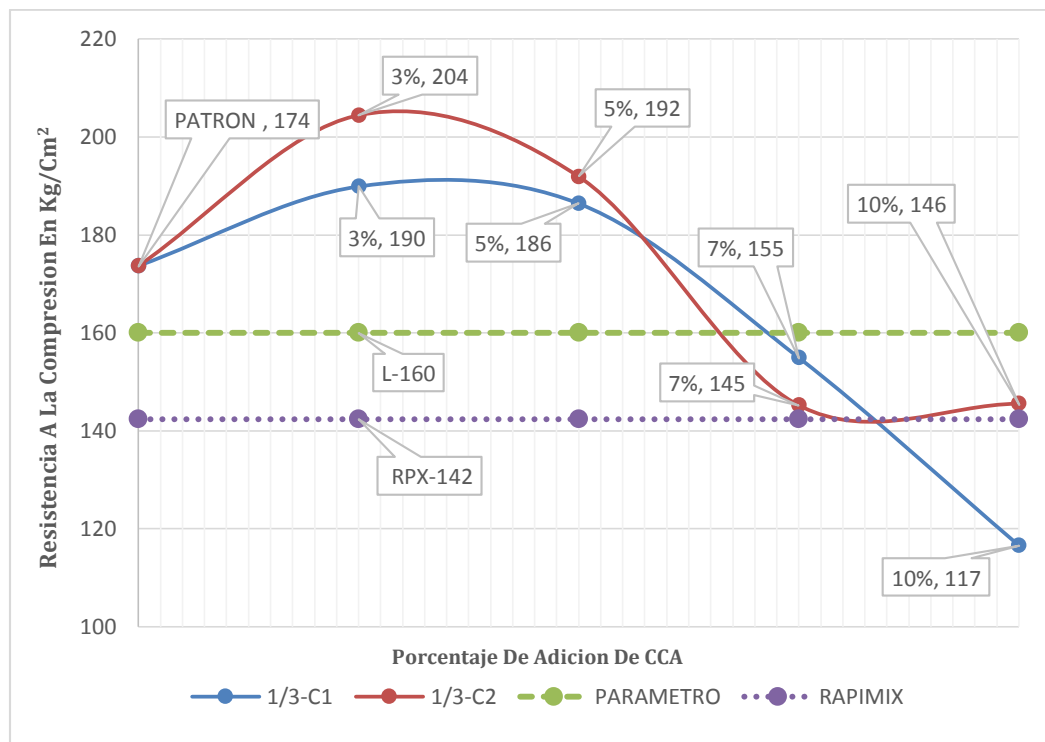


Figura 38. Resistencia a la compresión en el mortero 1/3.

En la figura 39, se puede observar que a partir del patrón 1/4 que da como resultado 144 Kg/cm² por encima de límite que es 130 Kg/cm² para morteros ordinarios, a medida que se le adiciona CCA en porcentajes de 3% y 5%, éstas muestras ganan resistencia a excepción de las muestras de 5% C2, 7% y 10% para ambas partículas, estas se ven afectadas, pero quien muestra un comportamiento mucho más decadente son las muestras con tamaño de partícula C1. En las muestras para la partícula C1 con 3% de adición de CCA, se obtiene un incremento del 5% con respecto al patrón con un resultado de 151 Kg/cm², luego se observa

una caída en la resistencia a la compresión de forma acelerada cuando se le adiciona 5%, 7% y 10% de CCA. Estas muestras llegan a perder un 13%, 48% y 45% en el orden antes mencionado encontrándose muy por debajo del límite establecido para un mortero ordinario 1/4. En las muestras para la partícula C2 con 3% de adición de CCA, se obtiene un incremento mucho mayor al anterior, presentando un comportamiento más efectivo en cuanto al incremento de la resistencia llegando al 15% más, con respecto al patrón, obtenido como resultado 165 Kg/cm², lo mismo sucede cuando se le adiciona 5% de CCA para el mismo tamaño de partícula C1, teniendo un incremento del 3% con respecto al patrón, luego se observa un pico en la resistencia a la compresión de forma acelerada cuando se le adiciona 7%, llegando a aumentar un 26% con respecto al patrón, muy por encima del límite hasta en un 40%, esto es muy favorable para la muestra. Por otro lado, con 10% de CCA se pierde resistencia de una manera acelerada llegando a perder hasta un 19% encontrándose no muy por debajo del límite establecido para un mortero ordinario 1/3 pero si afectado y no recomendado.

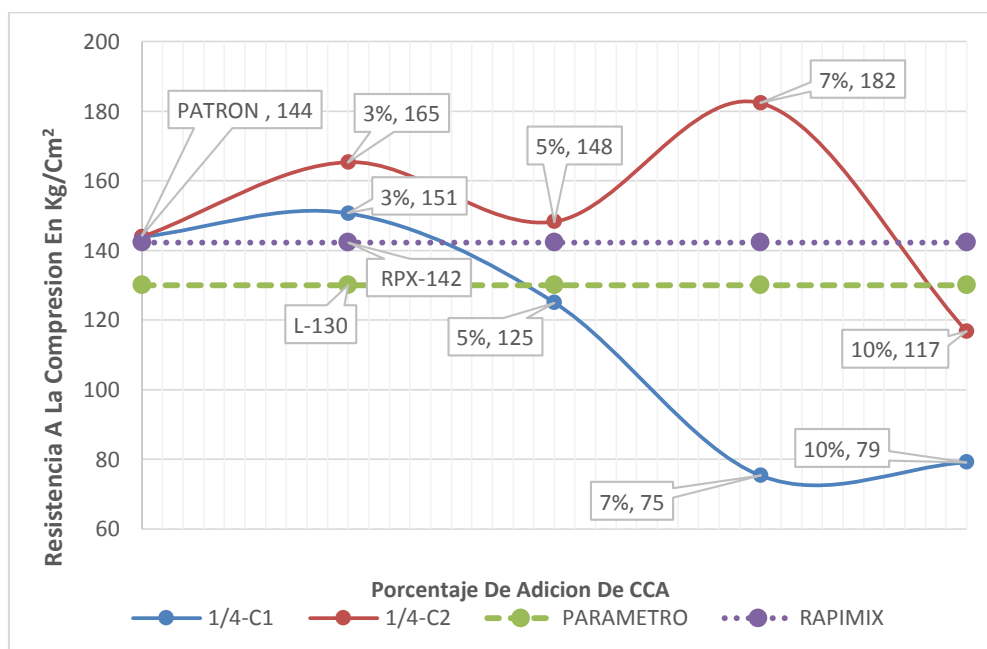


Figura 39. Resistencia a la compresión en el mortero 1/4.

En la figura 40, se puede observar que a partir del patrón 1/5 que da como resultado 102 Kg/cm^2 semejante al límite que es 98 Kg/cm^2 para morteros ordinarios, a medida que se adiciona CCA en porcentajes, estas muestras pierden resistencia a excepción de las muestras con porcentajes de 3% y 5% para un tamaño de partícula C2, estas se ven afectadas por la falta de cemento en la composición del mortero por ello la ceniza no tiene un complemento que le ayude a aumentar la cristalización en el proceso de curado, pero quien muestra un comportamiento mucho más decadente son las muestras con tamaño de partícula C1. En las muestras para la partícula C1, se observa una caída en la resistencia a la compresión de forma acelerada cuando se le adiciona 3%, 5%, 7% y 10% de CCA, estas muestras llegan a perder un 21%, 27%, 47% y 30% en el orden antes mencionado, encontrándose muy por debajo del límite establecido para un mortero ordinario 1/5 resaltando la adición final de 10% de CCA incrementa con respecto a la de 7%. En las muestras para la partícula C2 con 3% de adición de CCA se obtiene un incremento presentando esta partícula un comportamiento más efectivo en cuanto al incremento de la resistencia llegando al 15% más con respecto al patrón con un resultado de 117 Kg/cm^2 , cuando se le adiciona 5% de CCA para el mismo tamaño de partícula C1 teniendo una pérdida del 1% con respecto al patrón, pero aún se mantiene dentro del límite establecido para este tipo de mortero ordinario 1/5. Luego se observa una caída en la resistencia a la compresión de forma acelerada cuando se le adiciona 7% y 10% de CCA aligerando la caída en el traspaso del último porcentaje, estas muestras llegan a perder un 25% y 28% en el orden antes mencionado encontrándose muy por debajo del límite establecido para un mortero rico 1/5.

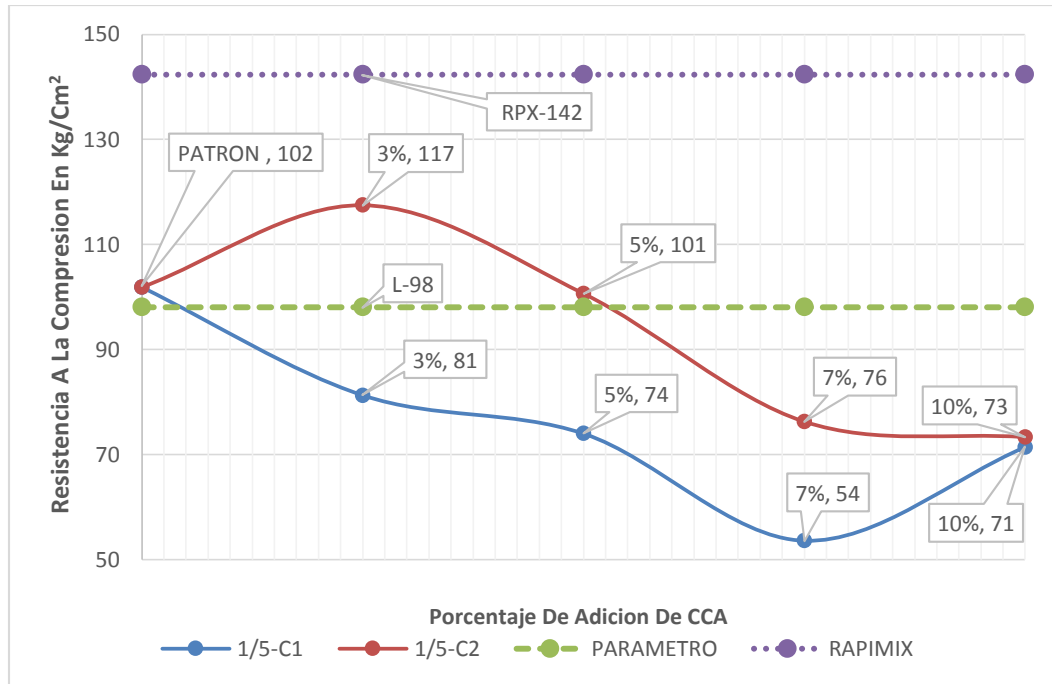


Figura 40. Resistencia a la compresión en el mortero 1/5.

Los resultados obtenidos con respecto a este ensayo nos detallan que este mortero para asentado al agregarle CCA en porcentajes no mayores al 5%, a excepción de la muestra 1/4 con 7% de CCA para la partícula C2, aumenta su resistencia hasta en un 17% en promedio, más efectivo resultó para el tamaño de partícula C2 detallado en la discusión anterior. Al compararse estas con un mortero precodificado como Rapimix como se ve en la figura 41, donde se obtiene una resistencia a la compresión de 142 Kg/cm² muy parecida al patrón 1/4 solo con 1% de diferencia, de los otros patrones se dice que para 1/3 Rapimix está un 23% por debajo del patrón y para 1/5 se encuentre 28% por arriba de la muestra patrón.



Figura 41. Resistencia a la compresión Patrón y RPMX.

4.1.1.5 Durabilidad

Es importante discutir acerca de la durabilidad como terminó, en nuestra investigación la conceptualizamos como la evaluación del desempeño de mortero en un tiempo determinado comparando su variación desde su etapa inicial hasta el tiempo puesto a prueba. En el antecedente *“Materiales de construcción sostenibles. Comportamiento mecánico y durabilidad de morteros con cenizas volantes activadas alcalinamente”* prueban la durabilidad a través de la pérdida de masa y de la resistencia a la compresión después de un proceso determinado donde involucra agentes externos dañinos a estas mezclas y tiempo comparándolas con las mismas mezclas sin alteración alguna y en su estado máximo con un periodo de vida inicial. Por ello dividimos los resultados de durabilidad en los siguientes.

4.1.1.5.1 Durabilidad Por Pérdida De Masa

La composición de mortero cambia como consecuencia del envejecimiento y la alteración de su estructura por agentes externos altamente dañinos, estos cambios, que, a su vez, pueden repercutir en sus funcionalidades físicas y mecánicas. Somos testigos que el ataque del sulfato de magnesio y el agua marina aceleran el proceso de deterioro de la capacidad física del mortero debido a los cambios que produce en el sistema interno de la muestra, ésta pierde masa lo cual es causante de que el material expuesto pierda capacidad para soportar fuerza y por ello calidad en la estructura disminuyéndola también. Para alargar y evitar la aparición de este problema se suele usar aditivos que contengan compuestos ricos en sílice principalmente dióxido de silicio comprobado que absorbe la humedad y con ellos los agentes corrosivos para el mortero evitando moho y el salitre en los muros. La CCA tiene como

compuesto principal en su estructura química dióxido de silicio en un 41.64% de su estructura en general permitiendo reducir la pérdida de masa por estos problemas.

En la figura 42, se puede observar que a partir del patrón 1/3 que da como resultado una pérdida de masa del 7.3% con respecto a su masa inicial inalterada, a medida que se le adiciona CCA en porcentajes, estas muestras pierden menor cantidad de masa que la patrón siendo favorable para la evaluación de la durabilidad, los porcentajes más favorables son 3% y 5% para ambas partículas sobresaliendo más la partícula C2, estas se ven beneficiadas ya que llegan a perder un 3.4% y 2.6% de su masa inicial, comparándolas con la patrón están por debajo en un 3.9% y 4.7% en el orden antes mencionado. Por otro lado, las muestras con la partícula C1 para 3% y 5% de adición CCA se encuentran por arriba de la partícula C2, estas llegan a perder un 4.5% y 3.5% de su masa inicial, comparándolas con el patrón están por debajo en un 2.8% y 3.8% en el orden antes mencionado. Los resultados de los porcentajes del 7% y 10% también presentan menor pérdida de masa comparada con el patrón, para las muestras C2 pierde en masa 4.5% y 3.2% comparada con su muestra inicial inalterada, estos resultados comparados con el patrón están por debajo en un 2.8% y 4.1% resultados beneficiosos. Para las muestras C1, pierde en masa 4.2% y 3.4% comparada con su muestra inicial inalterada, estos resultados comparados con el patrón están por debajo en un 3.1% y 3.9% en el orden antes mencionado, quiere decir que la CCA previene la pérdida de masa para morteros con la relación 1/3.

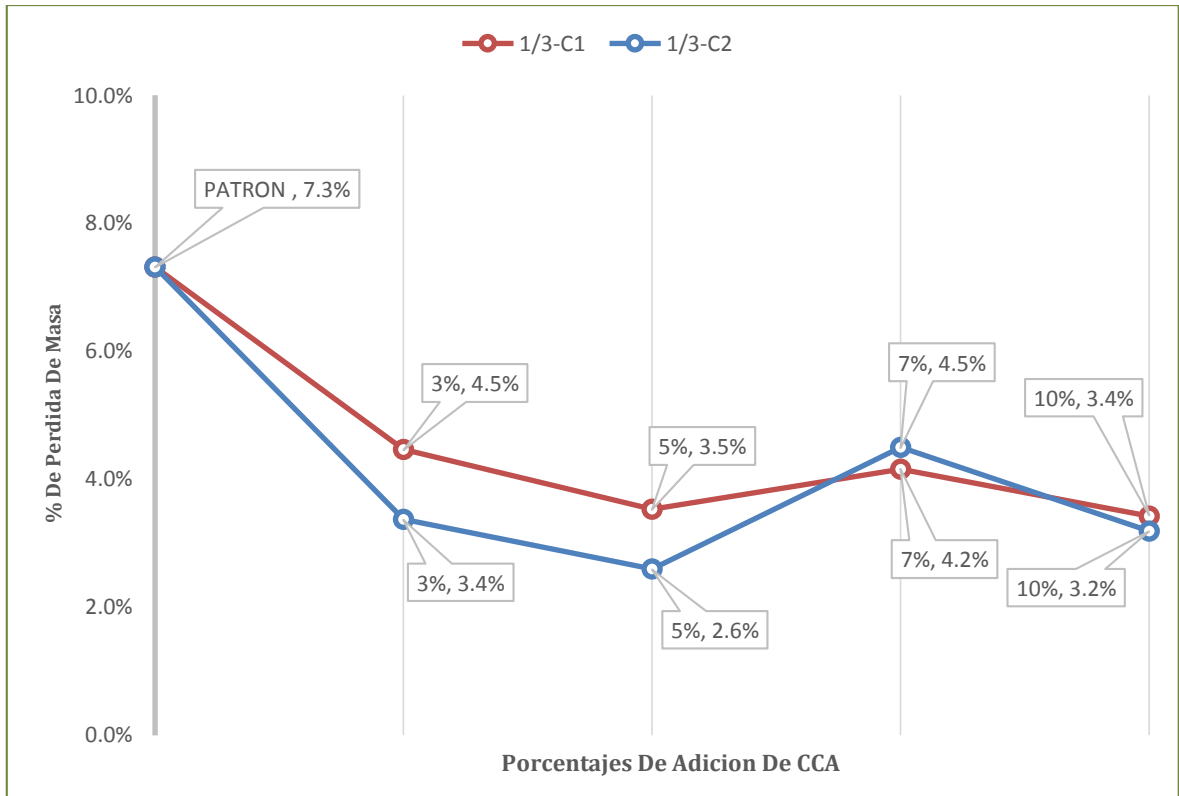


Figura 42. Pérdida de masa en el mortero 1/3.

En la figura 43, se puede observar que a partir del patrón 1/4 que da como resultado una pérdida de masa del 7.5% con respecto a su masa inicial inalterada, a medida que se le adiciona CCA en porcentajes estas muestras pierden menor cantidad de masa que la muestra patrón siendo favorable para la evaluación de la durabilidad, los porcentajes más favorables son 3%, 5% y 10% sobresaliendo más la partícula C2. Estas se ven beneficiadas ya que llegan a perder un 5.1%, 3.0% y 0.8% de su masa inicial, comparándolas con la muestra patrón están por debajo en un 2.4%, 4.5% y 6.7% en el orden antes mencionado destacando entre todas, la última muestra. Por otro lado, las muestras con la partícula C1 para 5% de adición CCA, se encuentran por abajo de la partícula C2, estas llegan a perder menos masa que la anterior teniendo como resultados 2.5% de su masa inicial, comparándolas con el patrón están por debajo en un 5%. El resultado del 7% de adición de CCA para la partícula C2, también presentan menor pérdida de masa comparada

con el patrón, pierde en masa 4.5% comparada con su muestra inicial inalterada, estos resultados comparados con el patrón están por debajo en un 3% resultando beneficioso. Para las muestras C1 en su porcentaje 3% de adición de CCA esta igualada al resultado de la C2, por otro lado, para 5% y 10% de adición de ceniza de cascarilla de arroz para la partícula C1 pierden en masa 3.0% y 4.5% comparada con su muestra inicial inalterada, estos resultados comparados con el patrón están por debajo en un 4.5% y 3.0% en el orden antes mencionado, quiere decir que la CCA previene la pérdida de masa para morteros con la relación 1/4.

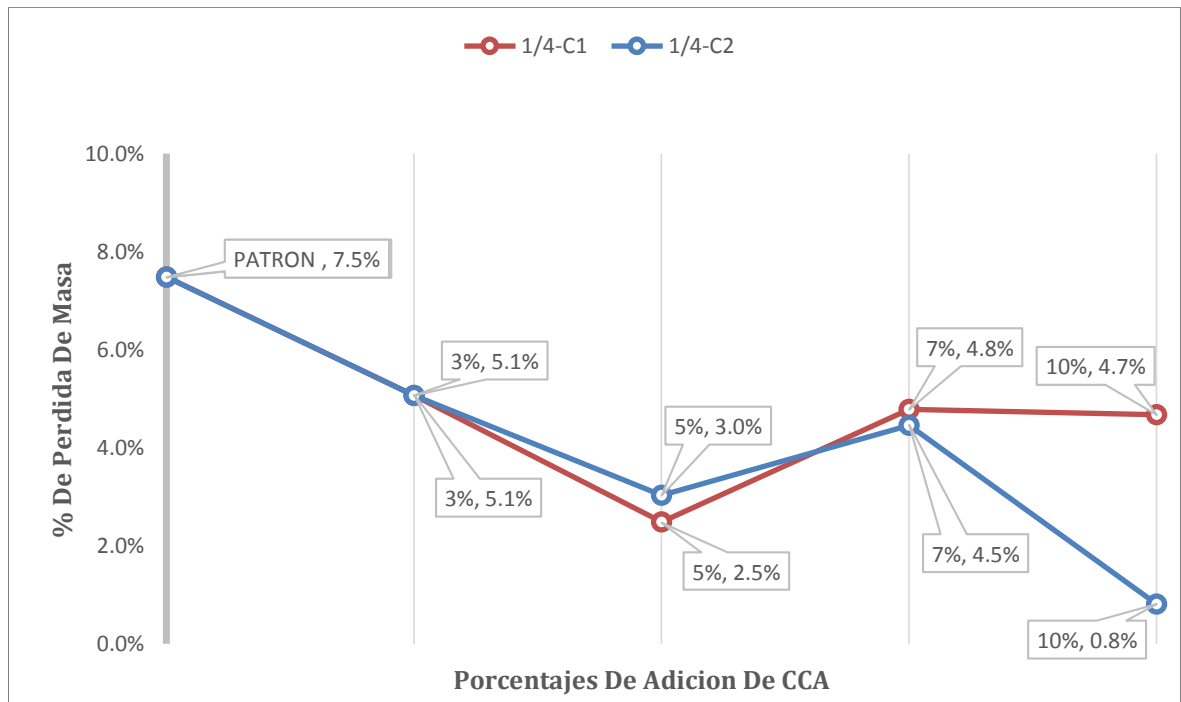


Figura 43. Pérdida de masa en el mortero 1/4.

En la figura 44, se puede observar que a partir del patrón 1/5 que da como resultado una pérdida de masa del 8.5% con respecto a su masa inicial inalterada, a medida que se adiciona CCA en porcentajes, estas muestras pierden menor cantidad de masa que la muestra patrón, siendo favorable para la evaluación de la durabilidad, los porcentajes más favorables son 3% y 5% sobresaliendo para este caso la partícula C1, estas se ven beneficiadas ya que

llegan a perder un 3.1% y 1.5% de su masa inicial, comparándolas con la patrón están por debajo en un 5.4% y 7.0% en el orden antes mencionado destacando entre todas la última muestra. Por otro lado, las muestras con la partícula C1 para 7% y 10% de adición de CCA, se encuentran por arriba de la partícula C2. Estas llegan a perder más masa que la anterior, teniendo como resultados 4.1% y 4.5% de pérdida comparándola con su masa inicial, comparándolas con el patrón están por debajo en un 4.4% y 4.0%. Los resultados obtenidos para el tamaño de partícula C2 son superados solo por las dos primeras muestras de la C1, los resultados para adiciones de 3% y 7% muestran una curva suave teniendo el mismo porcentaje de pérdida de masa de 3.7% con relación a su muestra inalterada, con respecto a la patrón está por debajo por un total de 4.8%. Por otro lado, las muestras con 5% y 10% de adición de CCA para la misma partícula C2, muestran menos pérdida que las anteriores en especial la del 10% perdiendo de masa 2.1% en comparación con su muestra inalterada con respecto a la patrón está por debajo por 6.4%. Para la muestra C2 en su porcentaje 5% de adición de CCA, esta pierde un 3.0% de su masa inicial y con respecto a la muestra patrón se encuentra por debajo con 5.5%.

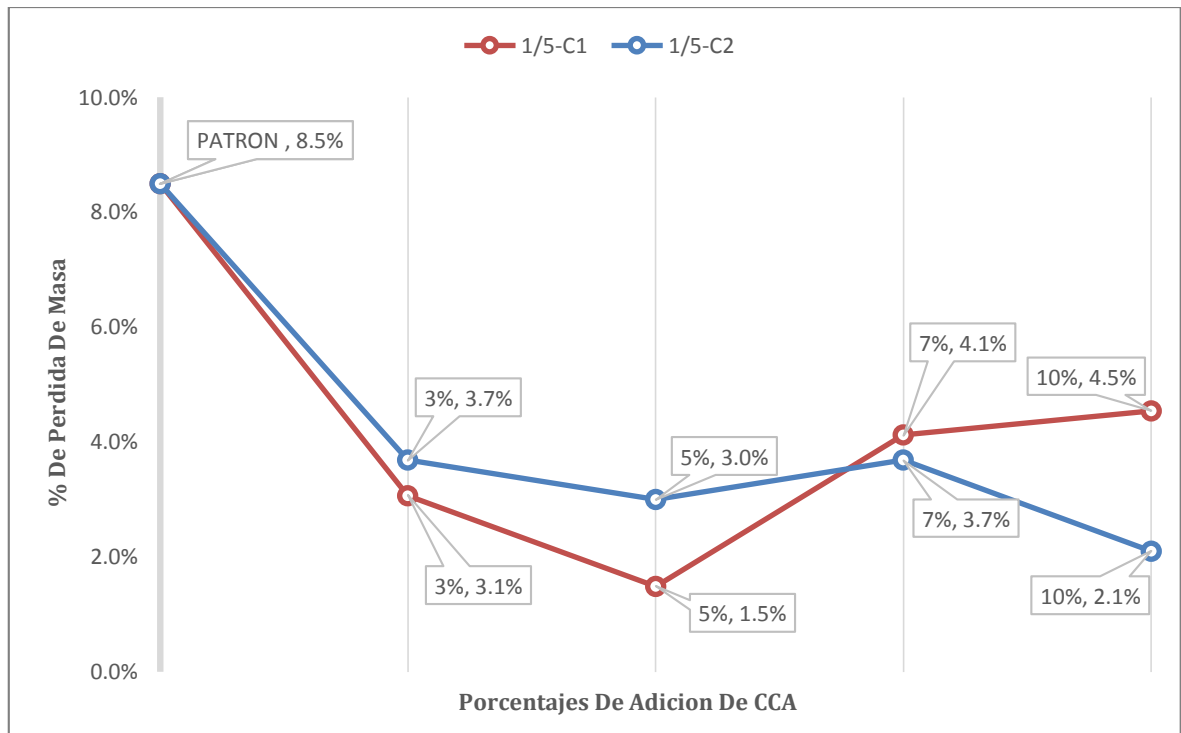


Figura 44. Pérdida de masa en el mortero 1/5.

Los resultados obtenidos con respecto a este ensayo nos detallan que este mortero para asentado al agregarle CCA para todos los porcentajes probados, disminuye la pérdida de masa hasta en un 0.8% siendo este el valor más alto registrado, muy por debajo de los patrones, utilizando CCA se logra perder en promedio de 3.0% a 5.0% de su masa inicial ganando un 2% en promedio de masa útil. Al compararse estas con un mortero precodificado como Rapimix que pierde 4.81% de su masa inicial inalterada, se puede decir que al igual que las muestras con adición de CCA pierde menos que las muestras patrones encontrándose por debajo hasta en un 3% en promedio.

En el antecedente *“Materiales de construcción sostenibles. Comportamiento mecánico y durabilidad de morteros con cenizas volantes activadas alcalinamente”* se puede decir que en este ensayo la pérdida de masa mostrada es más notoria, en el mortero con menor porcentaje de adición de ceniza llego a perder en la mezcla N°5 un 77.53% de su masa inicial teniendo

en su composición como activador alcalino solo un 25% de ceniza al igual que la muestra N°4 que pierde de su masa inicial un 18.40% tenido como sustitución un 50% de ceniza como activador alcalino debido a esta pérdida excesiva de masa se volvió imposible medir la resistencia a la compresión; nuestras muestras comparadas con las del antecedente no sufrieron esa cantidad de daño debido a que el proceso no fue el mismo pero trato de asemejarse en lo posible por el lado del antecedente se tuvo una degradación mucho más acelerada por el ácido sulfúrico mostrando daños en 24 horas, en nuestra investigación el proceso duro 60 días por que los medios usados para la degradación no fueron tan agresivos por la limitación de su ilegalidad, en conclusión ambas investigaciones muestran que la ceniza ayuda a mejorar el comportamiento del mortero frente a agentes agresivos y por ende mejora su durabilidad.

4.1.1.5.2 Durabilidad En Comparación Con Su Resistencia A La Compresión

Consecuencia del envejecimiento y la pérdida de masa por agentes externos altamente dañinos (sulfato de magnesio y el agua marina), analizamos si repercuten en su funcionalidad mecánica. Para este caso se comparó la resistencia a la compresión de mortero después del proceso (Fmd) de desgaste al que fue expuesto y se utilizó como base la resistencia previa sin alteración (Fmc) alguna, después de haber curado 28 días. Describiremos si estos morteros expuestos pierden capacidad para soportar fuerza y por ello calidad en su estructura. También tener en cuenta que, a los 28 días el mortero alcanzó su madurez tope en lo que a la resistencia a la compresión corresponde llegando al 99% de ésta; quiere decir que si gana resistencia en los 60 días de

prueba no tendría que ser mayor de 8.3% de su diseño inicial para cada relación cemento: arena.

En la figura 45, se puede observar que a partir del patrón 1/3 comparada con su resistencia inicial, en principio el mortero soporta 174 Kg/cm^2 sometido a compresión, lo que se ve mermado después del proceso a los que se sometió la muestra gemela, esta llega a soportar 114 Kg/cm^2 , teniendo una variación negativa de 34% en otras palabras el patrón pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial.

Para el tamaño de partícula C1, arrancamos con 3% de adición de CCA, podemos ver que existe una variación entre las muestras negativas de 23%, en otras palabras pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial comparada con la patrón, mejora la pérdida de compresión en un 11%, esto mismo pasa para 7% y 10% de adición de CCA, una variación entre las muestras negativas del 14% y 19% esto es lo que mermó de las muestras iniciales, en comparación con el patrón mejoraron en 20% y 15% en el orden antes mencionado; la realidad es otra para el comparativo de las muestras con 5% de adición de CCA, estas después del proceso ganan resistencia en un 9% más de su capacidad inicial, las muestras inalteradas soportaban 186 Kg/cm^2 las muestras gemelas comparada después del proceso, soportó en promedio 203 Kg/cm^2 queriendo decir que el proceso no le afectó, muy por el contrario a 60 días aumentó cerca del porcentaje estimado.

Para la partícula C2, en el comparativo con 3% de adición de CCA, podemos ver que existe una variación entre las muestras negativa de 7% en otras palabras pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial, comparada con la patrón mejora mucho la pérdida de compresión en un 27%

esto mismo pasa para 7% y 10% de adición de CCA una variación entre las muestras negativas del 13% y 8%, esto es lo que mermo de las muestras iniciales en comparación con el patrón mejoraron en 21% y 26% en el orden antes mencionado, teniendo mejor resultado que la partícula C1 la realidad es otra para el comparativo de las muestras con 5% de adición de CCA, estas después del proceso ganan resistencia en un 13% más de su capacidad inicial, las muestras inalteradas soportaban 192 Kg/cm² las muestras gemelas comparada después del proceso soporto en promedio 217 Kg/cm² queriendo decir que el proceso no le afectó, muy por el contrario a 60 días aumento mucho más del porcentaje estimado, siendo este el mejor resultado.

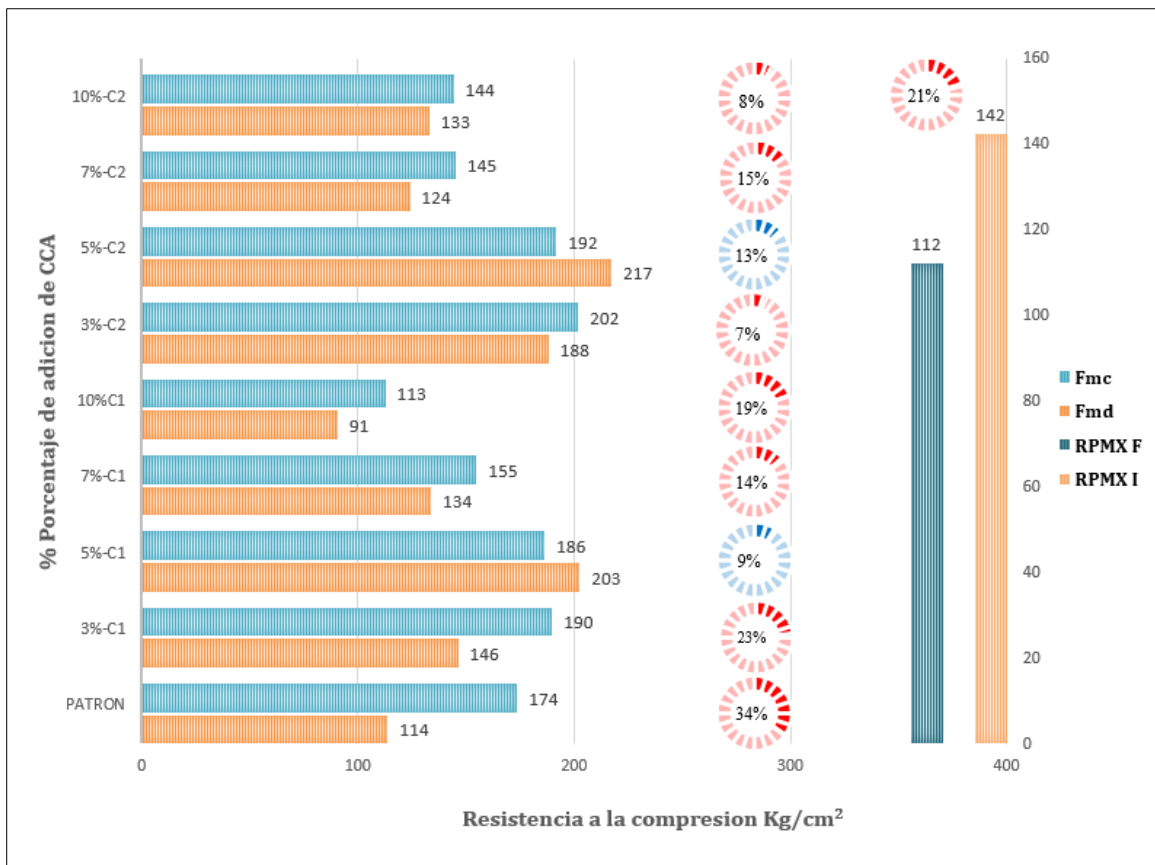


Figura 45. Variación de la resistencia a la compresión en el mortero 1/3.

En la figura 46, se puede observar que a partir del patrón 1/4 comparada con su resistencia inicial, en principio el mortero soporta 144 Kg/cm^2 sometido a compresión, lo que se ve mermado después del proceso a los que se sometió la muestra gemela esta llega a soportar 84 Kg/cm^2 , teniendo una variación negativa de 41.7% en otras palabras la muestra patrón pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial.

Para el tamaño de partícula C1 arrancamos con 3% de adición de CCA, podemos ver que existe una variación entre las muestras negativas de 17.5%, en otras palabras pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial, comparada con la patrón mejora la pérdida de compresión en un 24.2% esto mismo pasa para 5%, 7% y 10% de adición de CCA, una variación entre las muestras negativas del 11.5%, 18.4% y 21.2%, esto es lo que mermo de las muestras iniciales, en comparación con el patrón mejoraron en 30.2%, 23.3% y 20.5% en el orden antes mencionado, resaltando más en el comparativo las muestras con 5% de adición de CCA, estas después del proceso son las que pierden menos capacidad de resistir la carga axial.

Para la partícula C2, en el comparativo con 3% de adición de CCA, podemos ver que existe una variación entre las muestras negativa de 19.7% en otras palabras pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial, comparada con la patrón mejora mucho la pérdida de compresión en un 22.0%, esto mismo pasa para 5%, 7% y 10% de adición de CCA, una variación entre las muestras negativas del 22.2%, 21.8% y 36.8%, esto es lo que mermo de las muestras iniciales inalteradas, en comparación con el patrón mejoraron en 19.5%, 19.9% y 4.9% en el orden antes mencionado teniendo resultado por debajo de la partícula C1, teniendo mejor resultado las muestras

con el 7% de adición muy cercana de la 5% y ambas muy alejadas de las muestras con 10% de adición de CCA, los resultados fueron todos negativos, ninguna muestras de ambas partículas ganaron resistencia todos se encontraron afectadas por el desgaste que sufrió en los 60 días de prueba.

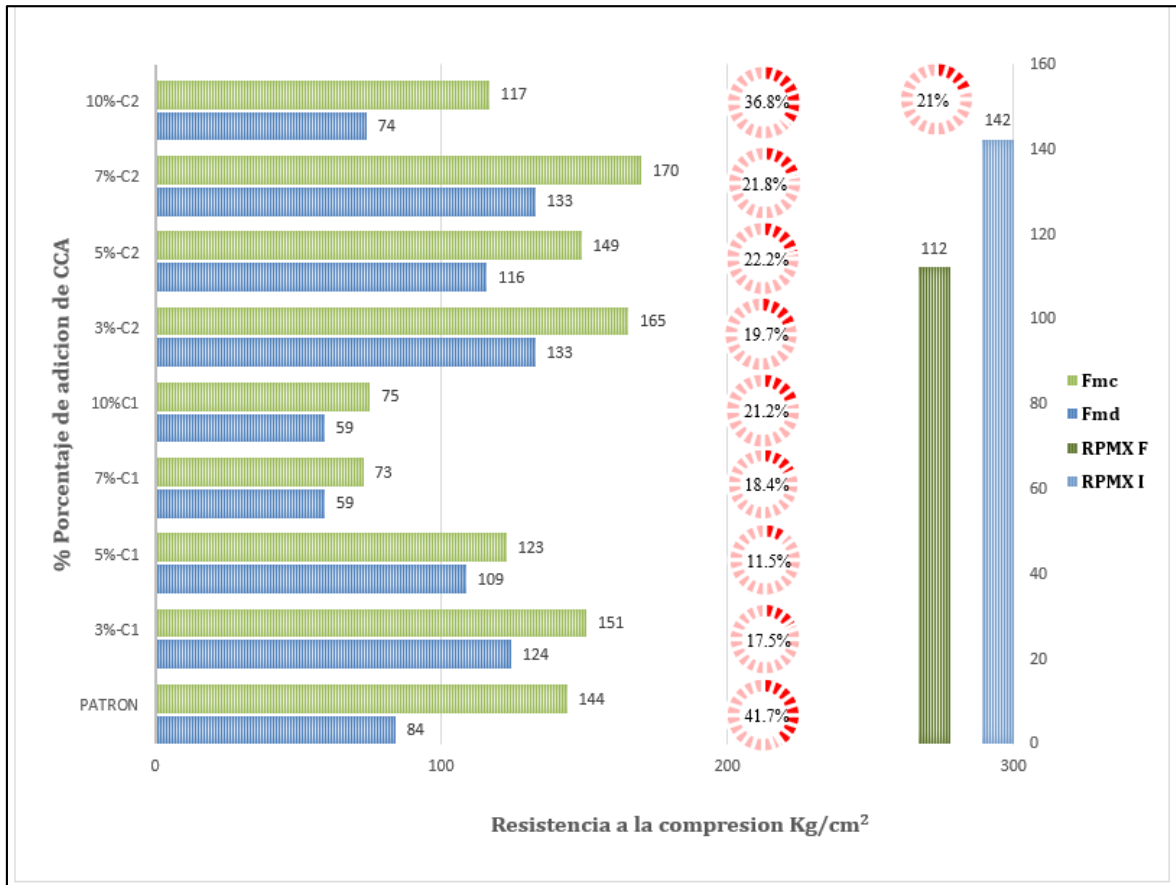


Figura 46. Variación de la resistencia a la compresión en el mortero 1/4.

En la figura 47, se puede observar que a partir del patrón 1/4 comparada con su resistencia inicial, en principio el mortero soporta 102 Kg/cm² sometido a compresión, lo que se ve mermado después del proceso a los que se sometió la muestra gemela está llega a soportar 60 Kg/cm², teniendo una variación negativa de 41% en otras palabras el patrón pierde casi la mitad de su porcentaje inicial para soportar la carga axial.

Para el tamaño de partícula C1 arrancamos con 3% de adición de CCA, podemos ver que existe una variación entre las muestras negativas de 19%,

en otras palabras pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial, comparada con la patrón mejora la pérdida de compresión en un 22%, esto mismo pasa para 5%, 7% y 10% de adición de CCA una variación entre las muestras negativa del 20% 17% y 25% esto es lo que mermo de las muestras iniciales, en comparación con el patrón mejoraron en 21%, 24% y 16% en el orden antes mencionado.

Para la partícula C2, en el comparativo con 3% de adición de CCA, podemos ver que existe una variación negativa muy pequeña entre las muestras de 1% en otras palabras pierde ese porcentaje de capacidad para soportar la carga axial, comparada con la patrón mejora mucho la pérdida de compresión en un 40% casi por completo, lo mismo pasa para 5%, 7% y 10% de adición de CCA una variación entre las muestras negativas del 13%, 26% y 36% esto es lo que mermo de las muestras iniciales, en comparación con el patrón mejoraron en 28%, 15% y 5% en el orden antes mencionado teniendo mejor resultado que la partícula C1, sobre todo en las muestras con 3% de adición de CCA.

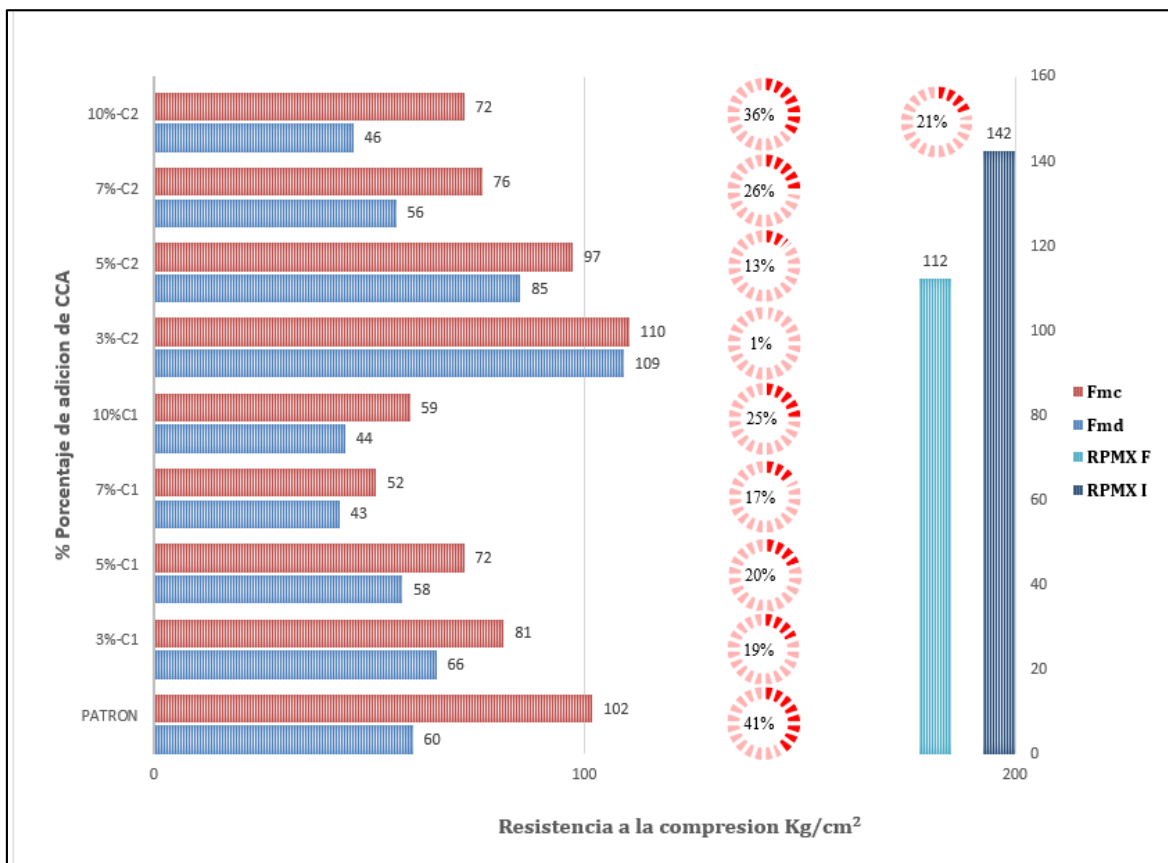


Figura 47. Variación de la resistencia a la compresión en el mortero 1/5.

Los resultados obtenidos con respecto a este ensayo nos detallan que este mortero para asentado al agregarle CCA para todos los porcentajes probados disminuye la pérdida de resistencia a la compresión y para casos como los de la relación 1/3 incluso aumenta la capacidad de carga hasta en un 13%, siendo este el valor más alto registrado, muy por debajo de los patrones, utilizando CCA se logra prevenir la pérdida en un promedio de 10% a 30% comparada con su resistencia patrón. Al compararse estas con un mortero precodificado como Rapimix que pierde 21% de su resistencia inicial inalterada, se puede decir que al igual que las muestras con adición de CCA pierde menos que los patrones logrando reducir hasta un 20% en promedio.

Como podemos analizar los antecedentes nos dicen que existe un aumento en el la resistencia a la compresión más evidenciado en porcentajes más pequeños pero el comportamiento cambia cuando estas mezclas son

expuestas a agentes dañinos para su estructura interna dañando la misma dando como resultados una pérdida en la capacidad para resistir carga axial en el antecedente según Castaño, Robayo & Sánchez (2013). La mezcla N°5 se le fue imposible medir su resistencia parcialmente y aunque la muestra N°4 sufrió daños si fue posible medir su resistencia dando como dato 4.57 Kg/cm^2 . Ambas muestras con el menor porcentaje de adición de ceniza por otro lado la mezcla N°1 llegó a tener una resistencia de 288.27 Kg/cm^2 siendo esta una mezcla inalterada sin sustitución el resto de perdieron resistencia pero no en la cantidad sobresaliente de las anteriores; por ello decimos que la cantidad de ceniza presentada en la mezcla reduce la pérdida de esta como también se evidencia en nuestro ensayo teniendo resultados incluso en favor del aumento de esta, teniendo como conclusión que la ceniza de cascarilla de arroz ayuda a controlar la pérdida tanto de masa como de resistencia logrando incluso aumentarla con el paso del tiempo.

4.2 Conclusiones

Se evaluó la influencia del porcentaje, tamaño de partícula de ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado, logrando aumentar su resistencia a compresión cuando se le adicionó de 3% a 5% de ceniza, por otro lado, al ser un producto de la calcinación y contener poca humedad, tiende a aumentar el consumo de agua si se tiene una relación agua/cemento establecida, esta mermara la fluidez a medida que se le adicione la ceniza, se concluye manejar porcentajes bajos, la densidad se ve disminuida al reemplazarse por arena ya que este material es mucho más ligero perfecto para poder crear morteros livianos manteniendo una resistencia moderada; la penetración de agua es un problema en los morteros en este caso al agregarle ceniza, aumenta la cantidad de poros reflejada también en su densidad. Y finalmente, para durabilidad, estos morteros adicionados mostraron mejoras, así de esta manera redujeron su pérdida de masa y resistencia a la compresión en algunos casos, incluso hasta incrementaron la medida. Se puede decir que la CCA, es una buena adición para los morteros de asentado.

Se determinó la fluidez de la mezcla en función de su trabajabilidad con adición de ceniza de cascarilla de arroz en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5, siguiendo los procedimientos de ASTM C230, estableciendo una relación agua/cemento para cada diseño, se determina que la fluidez va disminuyendo conforme se le agrega la CCA, comparándolas con las muestras patrón (0% de adición de CCA) en relación cemento: arena 1/3, 1/4, 1/5, se determinó una fluidez entre 113% y 114%. Se determina mejores resultados agregando 3% y 5% de CCA para ambos tamaños, pero el que obtiene mejor resultado son las partículas pertenecientes al tamaño C2,

perdiendo como máximo un 2% de su fluidez comparada con la muestra patrón, para una adición del 3% de CCA. Se concluye que, para evitar la pérdida de fluidez, los porcentajes adicionados deben ser menores al 5% para evitar agregar más contenido de agua y alterar otras propiedades.

Se evaluó la resistencia a la compresión del mortero adicionado con la CCA en porcentajes 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4 y 1:5, bajo los parámetros de la ASTM C109, donde se obtuvieron mejores resultados, fueron en la relación cemento: arena 1/4 con resultados favorables en 4 muestras aumentando hasta un 26% con respecto a la muestra patrón y un 40% por encima del límite establecido presente en la muestra C2 con 7% de adición, por otro lado, en la relación cemento: arena 1/3, se logró aumentar la resistencia hasta en un 17% con respecto al patrón, este resultado se dio en la muestra C2 con 3% de adición, en lo que respecta a la relación 1/5 solo una muestra mostró resultados favorables en un tamaño de partícula C2 con 3% de adición de CCA incrementando tan solo un 15% más de lo mostrado por la patrón, en conclusión la CCA ayuda a aumentar la resistencia a la compresión, mientras la presencia de cemento sea mayor en la mezcla, las posibilidades de aumentar la cantidad de ceniza y que responda de manera favorable se incrementan también se puede decir que mientras el tamaño de partícula sea más fino la resistencia aumentará.

Se evaluó la densidad del mortero con adición de ceniza de cascarilla de arroz en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5 a 28 días, donde se puede afirmar que a medida que aumenta el porcentaje de adición de CCA, disminuye la densidad del mortero provocando un mortero más liviano, los resultados a observar son los que de la mano con la resistencia aportan a mejorar este material por otro lado existen dos casos aislados

donde se ve un incremento de su densidad tanto para la relación cemento: arena 1/3 y 1/4 con las muestras adicionadas con 3% de CCA y en un tamaño de partícula C2, ambas aumentan su densidad; la primera un 0.36% y la segunda 1.39% con respecto a sus patrones pero a su vez muestran aumento en su resistencia a la compresión por encima de sus patrones. En conclusión, la ceniza de cascarilla de arroz al reemplazarla por arena para asentado, aligera su densidad siendo más ligera la partícula C1, llegando a perder de densidad en la relación 1/3 un 6.51% para muestras adicionadas con 7%, en relación 1/4 pierde 16.75% para una adición del 10% y para 1/5 llega a perder 23.43% con una adición del 7% de CCA.

Se evaluó la porosidad del mortero con adición de ceniza de cascarilla de arroz en 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4 y 1:5 teniendo como conclusión que la ceniza aumenta la porosidad en la mayoría de porcentajes de adición de CCA y en las que no, solo están por debajo del patrón en un máximo del 2%; esto quiere decir que esta propiedad no es muy beneficiada con la adición de este material.

Después de 60 días expuestos a medios agresivos, se evaluó la durabilidad del mortero adicionado con CCA en 0%, 3%, 5%, 7% y 10% para el tamaño de partícula C1 y C2, con relación cemento: arena, 1:3, 1:4, 1:5, haciendo de este un mortero ideal. La ceniza es beneficiosa para mejorar la durabilidad, medida tanto para pérdida de masa como para la resistencia a la compresión comparada con su par inicial, como punto más alto se tiene para la relación 1/3 con 5% de adición de CCA, para ambas partículas beneficioso, perdiendo tan solo en promedio 2.6% a 3.5% y ganando resistencia hasta en un 9% a 13% el resto de muestras en las diferentes relaciones se ven afectadas, pero no más que los patrones. Eso concluye que, como adición la ceniza garantiza mayor durabilidad.

4.3 Recomendaciones

A las entidades públicas y privadas:

- Recomiendo a las municipalidades mayor difusión de los beneficios que podrían aportar la reutilización de la cascarilla de arroz convirtiéndola en ceniza productiva para mejorar morteros y úsalos en obras públicas.
- A los molinos y centros de almacenamiento que no quemem el material sin un control ambiental previo.
- A los molinos y centros de almacenamiento que no desechen la cascarilla de arroz en ríos o botaderos ilegales por que pueden causar un daño irreparable en el medio ambiente
- A las cooperativas que capaciten a los agricultores para poder generar ganancias a través de la venta de esa enorme biomasa.
- A la cementera Pacasmayo que investigue en el tema, a través de su departamento de nuevas tecnologías para aprovechar la zona arrocera del norte del Perú donde se ubican.
- A la empresa Sika que siempre está a la vanguardia en nuevas tecnologías, se recomienda investigar la forma de industrializar la producción limpia de la ceniza de cascarilla de arroz.

A los ingenieros:

- Fomentar el uso de nuevas tecnologías saludables para el medio ambiente, así como recomendar el uso de estas en obras donde estén participando.

A los futuros investigadores:

- Investigar el remplazo de ceniza en la estructura del cemento.
- Investigar con otro tipo de desechos vegetales que abundan en el Perú como la caña de azúcar, el trigo y la quinua muy parecidas al arroz.

REFERENCIAS

- Águila, I. (2008). Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(4), 01-14.
- Aliaga, A. (2018). Evaluación De Ceniza De Cascarilla De Arroz Y Tipos De Agregados Finos Sobre La Compresión, Sorptividad Y Densidad De Morteros De Cemento Portland Tipo I, Trujillo 2017 [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Perú.
- Arcos, A. Pinto, D. & Rodríguez, J (2007). La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 10(41), 07-20.
- Bastidas, P., & Ortiz, G (2016). Comportamiento De La Ceniza De La Cascarilla De Arroz En Las Propiedades Físico-Mecánicas En Mezclas De Hormigón Estándar [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Ecuador.
- Burgos, M. (2016). Empleo de la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto de 210kg/cm² [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto]. Peru.
- Camargo, N., & Higuera, C (2017). Concreto Hidráulico Modificado Con Sílice Obtenida De La Cascarilla Del Arroz. *Revista de Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(1), 01-07.
- Camus, J., & Vivar, L (2014). Elaboración de placas de compuesto de fibra cemento aprovechando residuos industriales como cascarilla de arroz y lodos del proceso de fabricación de papel blanco, como material de construcción de bajo costo. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 17(2), 91-98.
- Cárdenas, J. (2019). Cenizas De Cascarilla De Arroz Para La Activación Alcalina De Cementantes Binarios (Ceniza Volante/Escoria De Alto Horno). *Revista Materia de Río de Janeiro*, 24(1), 01-09.
- Castaño, J., Robayo, E. & Sánchez, E. (2013). Materiales de construcción sostenibles. Comportamiento mecánico y durabilidad de morteros con cenizas volantes activadas alcalinamente. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Colombia.
- Chur, G. (2010). Evaluación Del Uso De La Cascarilla De Arroz Como Agregado Orgánico En Morteros De Mampostería. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Guatemala.
- Cuitiño, M.; Rotondaro, R. & Esteves, A. (2019). Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de materiales y elementos de construcción con la tierra. *Revista de Arquitectura*, 22(1), 01-16.

- Ferre, A. (2010). La paja del arroz amenaza el ecosistema". (BBC Mundo). Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/11/101112_paja_arroz_ecosistema_af
- Gálvez, L. (2018). Influencia de los huesos calcinados por arena, módulo de finura y relación cemento: arena sobre la resistencia a la compresión, densidad y capilaridad durante la elaboración de morteros modificados. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Perú.
- Mendoza, J; Flores, J.; De los Santos, E. & Garcés, P. (2015). Desempeño y durabilidad de morteros de reparación sustentables expuestos a ambiente industrial. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 6(1), 41-51.
- Molina, O; Moragues, A. & Gálvez, J. (2008) La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Pórtland en la durabilidad del hormigón: propiedades físicas, difusión del ión cloruro y del dióxido de carbono. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de https://oa.upm.es/3885/1/INVE_MEM_2008_57665.pdf
- Montero, A. (2017). Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. [Tesis de grado, Universidad de San Francisco de Quito USFQ]. Ecuador.
- Montoya, Y.; Cadavid, Albeiro & Gómez, M. (2009). Comportamiento mecánico y de fraguado de morteros de cemento Pórtland gris tipo III con aditivos. *Revista EIA*, 11(1), 01-07.
- Quintero, L; Herrera, J.; Corzo, L. & García, J. (2011). Relación entre la resistencia a la compresión y la porosidad del concreto evaluada a partir de parámetros ultrasónicos. *Revista ION*, 24(1), 69-76.
- Reyna, C. (2015). Criterios mínimos de habitabilidad, espaciales funcionales como bases para la planificación y el diseño de un asentamiento temporal de emergencia modular para la provincia de Trujillo. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Perú.
- Serrano, T. (2012). Morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezclas y evaluación de propiedades. *Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia*. 79(175), 128-136.
- Vázquez, A. & León, L. (2014). Propuesta de morteros para el mantenimiento, conservación y reparación de edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 8(1), 01-12.

ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico

Materia prima



Figura 48. Cascarilla de arroz – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 49. Arena gruesa – Laboratorio de concreto reciclado UNT

Caracterización de los materiales



(a)

(b)

Figura 50. Granulometría (a, b) – Laboratorio de concreto reciclado UNT

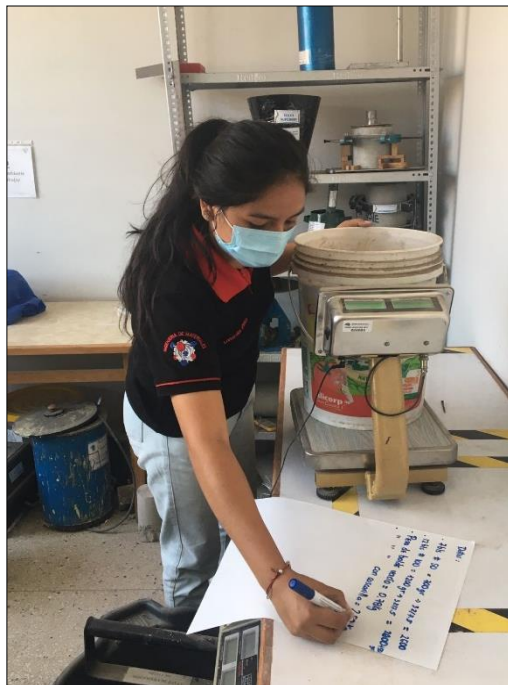


Figura 51. Pesaje de arena – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 52. Máquina de vacío – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 53. Secado de arena – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 54. Grado de compactación de la arena – Laboratorio de concreto reciclado UNT

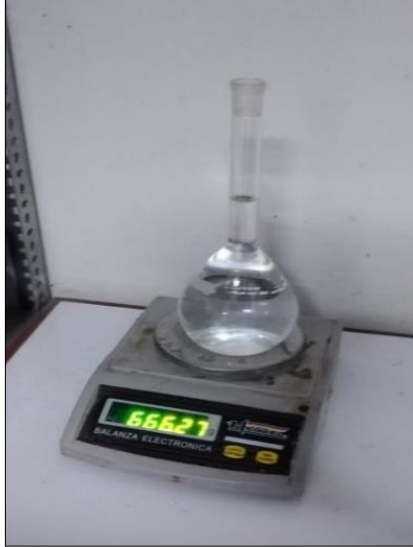


Figura 55. Fiola con agua – Laboratorio de concreto reciclado UNT



a

Figura 56. Muestras de arena sacadas del horno – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 57. Caracterización de la ceniza de cascarilla de arroz

Mezcla, conformación y codificación



Figura 58. Mezcla con las diferentes combinaciones entre las variables A, B, C.



Figura 59. Conformación de los cubos de 5cm x 5cm x 5cm



Figura 60. Codificación de los cubos de 5cm x 5cm x 5cm

Ensayo de fluidez



Figura 61. Ensayo de fluidez – Laboratorio de concreto reciclado UNT

Ensayo de resistencia a la compresión



Figura 62. Proceso de rotura de probetas – Laboratorio de concreto reciclado UNT

Ensayo de densidad y porosidad



Figura 63. Proceso para obtener el peso suspendido – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 64. Proceso para el secado de las muestras – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 65. Toma de pesos – Laboratorio de concreto y reciclado UNT

Ensayo de durabilidad



Figura 66. Solución con sulfato de magnesio y agua de mar

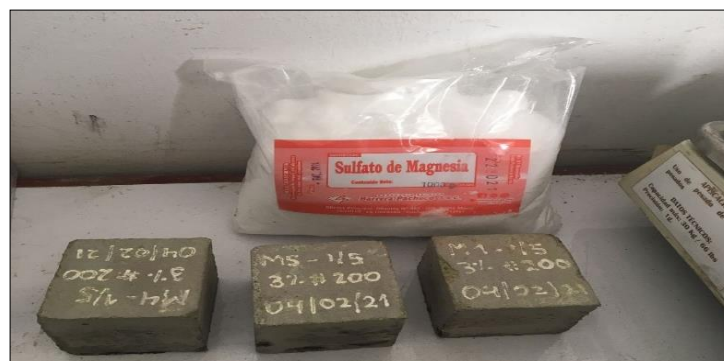


Figura 67. Sulfato de magnesio – Laboratorio de concreto reciclado UNT



Figura 68. Ensamblaje de la cámara de humedad



Figura 69. Proceso de degradación en la cámara de humedad



Figura 70. Retiro de las muestras para su secado, pesaje y rotura



(I)

Figura 71. Pesaje en estado seco de las muestras después del proceso




Figura 72. Proceso de rotura de las muestras después del proceso – Laboratorio de concreto reciclado UNT




Figura 73. Rotura de la última muestra después del proceso

Anexo 2: Fichas técnicas



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

CEMENTO EXTRAFORTE
Cemento Portland Compuesto Tipo ICo
Conforme a la NTP 334.090
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.4	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	4	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	5640	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	4.2	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.92	NO ESPECIFICA


Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	23.4 (239)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	29.6 (302)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm ²)	36.7 (374)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	134	Mínimo 45
Fraguado Final	min	290	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016



Ing. Ivanoff V. Rojas Tello

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

Figura 74. Ficha técnica del cemento tipo ICo



Características

Mortero de albañilería seco y embolsado, pre-dosificado para el asentado de bloques, piedra & ladrillos. No apto para usos estructurales.

Ventajas



Mayor plasticidad.



Compatible con todos los tipos de ladrillos y bloques, ya sean de arcilla o de concreto.



Formulación y dosificación controlada.



Mezcla homogénea.



Menores desperdicios.



Fácil transporte y manipuleo.



Excelente trabajabilidad.



Listo para adicionar agua y utilizar. (Para 1 bolsa de mortero añadir 7.5 ± 0.5 litros).



Mayor rendimiento de producto y de mano de obra.



Pacasmayo

(a)

**MORTERO PARA
ASENTADO DE
LADRILLOS Y
BLOQUES
CON CEMENTO TIPO I IP**



☐ **Materiales**

Cemento:

Elaborado:
Con cemento tipo I IP de acuerdo a la norma ASTM C595 / NTP 334.090.

Agregados:

Conforme a ASTM C33 / NTP 400.047, con gradación ajustada para darle al mortero homogeneidad en la mezcla y trabajabilidad.

Adiciones:

Dosificadas especialmente para conferirle al mortero mayor adherencia, plasticidad y facilidad de colocación.

☐ **Modo de Empleo**

Preparar:

El lugar en donde se va a realizar el trabajo. Verificar que los bloques, piedras o ladrillos estén libres de polvo; Humedecer ligeramente.

Colocar:

El contenido de la bolsa en un recipiente limpio y seco.

Agregar:

La cantidad de agua recomendada ($7.5 \pm 0.5L$). Mezclar hasta lograr una consistencia uniforme.

Aplicar:

Rapimix para asentar piedra, ladrillos y bloques. No utilizar la mezcla luego de 2 horas del mezclado inicial.



(b)

**MORTERO PARA
ASENTADO DE
LADRILLOS Y
BLOQUES
CON CEMENTO TIPO I IP**



Uso y cantidades

UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	LARGO	ALTURA	ANCHO	Desp %	RENDIMIENTO (m2 por bolsa)				RENDIMIENTO (N° bolsas/millar)			
					Junta 1.5 cm		Junta 1.0 cm		Junta 1.5 cm		Junta 1.0 cm	
					CABEZA	SOGA	CABEZA	SOGA	CABEZA	SOGA	CABEZA	SOGA
Ladrillo Kingkong 18 huecos	23.0	9.0	12.5	5	0.28	0.59	0.35	0.71	51	43	38	33
				10	0.27	0.57	0.34	0.69	53	45	40	34
				15	0.27	0.55	0.33	0.67	55	46	41	35
Ladrillo Kingkong artesanal	21.5	9.0	12.0	5	0.38	0.81	0.52	1.10	36	29	25	20
				10	0.37	0.78	0.50	1.06	38	31	26	21
				15	0.35	0.75	0.48	1.02	40	32	27	22
Ladrillo pandereta	23.0	9.0	10.5	5	0.34	0.95	0.47	1.29	36	27	24	18
				10	0.33	0.91	0.45	1.24	38	28	25	19
				15	0.32	0.87	0.43	1.19	39	29	26	20
Bloque de concreto 19	39.0	19.0	19.0	5	-	1.82	-	2.67	-	45	-	30
				15	-	1.66	-	2.44	-	49	-	33
				25	-	1.53	-	2.25	-	54	-	35
Bloque de concreto 14	39.0	19.0	14.0	5	-	2.24	-	3.28	-	37	-	24
				15	-	2.04	-	2.99	-	40	-	26
				25	-	1.88	-	2.75	-	44	-	29
Bloque de concreto 12	39.0	19.0	12.0	5	-	2.46	-	3.61	-	33	-	22
				15	-	2.25	-	3.29	-	36	-	24
				25	-	2.07	-	3.03	-	40	-	26
Bloque de concreto 9	39.0	19.0	9.0	5	-	3.60	-	5.28	-	23	-	15
				15	-	3.44	-	4.82	-	24	-	16
				25	-	3.29	-	4.44	-	25	-	18

* 45 ± 1 bolsas de 40kg para 1m³ de mortero

ENSAYO	REQUISITO ASTM C270
Retención de agua (%)	min 75
Resistencia Compresión a 28 días (kg/cm²) Tipo (S)	min 125
Contenido de Aire (%) Tipo (S)	máx 12
Adherencia Tipo (S)	≥ 0.20 MPa



(c)

Figura 75. Ficha técnica de RAPIMIX (a, b, c).

Anexo 3: Normativa



Designation: C230/C230M – 08

Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement¹

This standard is issued under the fixed designation C230/C230M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope²

1.1 This specification covers requirements for the flow table and accessory apparatus (Note 1) used in making flow tests for consistency of mortars in tests of hydraulic cement, such as but not limited to Test Method C1437.

Note 1—To help clarify the design of the flow table and accessory apparatus see the drawing in Fig. 1 [Fig. 2]. This drawing is for informational purposes only.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard. It is permissible to use an inch-pound caliper and mold with a SI flow table or a SI caliper and mold with an inch-pound flow table. It is not permissible to mix a SI mold with an inch-pound caliper or an inch-pound mold with a SI caliper.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*³

C1437 Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar

3. Flow Table and Frame

3.1 The flow table apparatus shall consist of an integrally cast rigid iron frame and a circular rigid table top 10 ± 0.1 in. [255 ± 2.5 mm] in diameter, with a shaft attached perpendicular to the table top by means of a screw thread. The table top

and shaft with contact shoulder shall be mounted on a frame in such a manner that it can be raised and dropped vertically through the specified height of 0.500 ± 0.005 in. [12.7 ± 0.13 mm] for new tables and of 0.500 ± 0.015 in. [12.7 ± 0.38 mm] for tables in use, by means of a rotated cam. The table top shall have a fine machined plane surface, free of blowholes and surface defects. The top shall be scribed with eight equidistant lines $2\frac{1}{2}$ in. [68 mm] long, extending from the outside circumference toward the center of the table. Each line shall end with a scribed arc, $\frac{1}{8}$ in. [6 mm] long, whose center point is the center of the table top with a radius of $2\frac{1}{4}$ in. [59.5 mm]. The scribe lines shall be made with a 60° tool to a depth of 0.01 in. [0.25 mm]. The table top shall be of cast brass or bronze having a Rockwell hardness number not less than 25 HRB with an edge thickness of 0.3 in. [7.5 mm], and shall have six integral radial stiffening ribs. The table top and attached shaft shall weigh 9 ± 0.1 lb [4.08 \pm 0.05 kg] and the weight shall be symmetrical around the center of the shaft.

3.2 The cam and vertical shaft shall be of medium carbon machinery steel, hardened on the end of the shaft contacting the cam and the tip of the cam contacting the shaft. The shaft shall be straight and the difference between the diameter of the shaft and the diameter of the bore of the frame shall be not less than 0.002 in. [0.05 mm] and not more than 0.003 in. [0.08 mm] for new tables and shall be maintained at 0.002 to 0.010 in. [0.05 to 0.25 mm] for tables in use. The end of the shaft shall not fall upon the cam at the end of the drop, but shall make contact with the cam not less than 120° from the point of drop. The face of the cam shall be a smooth spiraled curve of uniformly increasing radius from $\frac{1}{2}$ to $1\frac{1}{4}$ in. [13 to 32 mm] in 360° and there shall be no appreciable jar as the shaft comes into contact with the cam. The cam shall be so located and the contact faces of the cam and shaft shall be such that the table does not rotate more than one revolution in 2.5 drops. The surfaces of the frame and of the table that come into contact at the end of the drop shall be maintained smooth, plane, and horizontal and parallel with the upper surface of the table and shall make continuous contact over a full 360° .

3.3 The supporting frame of the flow table shall be integrally cast of fine grained, high grade cast iron. The frame casting shall have three integral stiffening ribs extending the full height of the frame and located 120° apart. The top of the frame shall be chilled to a depth of approximately $\frac{1}{8}$ in. [6

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.22 on Workability. Current edition approved July 1, 2008. Published August 2008. Originally approved in 1949. Last previous edition approved in 2009 as C230C230M – 03. DOI: 10.1520/C0230_C0230M-08.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Figura 76. Norma ASTM C230.



Designation: C 109/C 109M – 07¹

Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)¹

This standard is issued under the fixed designation C 109/C 109M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

¹ Note—A typo in 5.9.2 was corrected editorially August 2008.

1. Scope^a

1.1 This test method covers determination of the compressive strength of hydraulic cement mortars, using 2-in. or [50-mm] cube specimens.

Note: 1—Test Method C 349 provides an alternative procedure for this determination (not to be used for acceptance tests).

1.2 This test method covers the application of the test using either inch-pound or SI units. The values stated in either system shall be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

1.3 Values in SI units shall be obtained by measurement in SI units or by appropriate conversion, using the Rules for Conversion and Rounding given in Standard *IEEE/ASTM SI 10*, of measurements made in other units.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (**Warning**—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.²)

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*:³

C 91 Specification for Masonry Cement

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.27 on Strength.

Current edition approved Aug. 15, 2007. Published September 2007. Originally approved in 1934. Last previous edition approved in 2005 as C 109/C 109M – 05.

² See the section on Safety, Manual of Cement Testing, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C703, West Conshohocken, PA 19380-2999, United States.

Copyright ASTM International
Printed by GVS under license with ASTM
No reproduction or networking permitted without license from ASTM

3
10mm × 10mm × 10mm (1000000)
Not for Resale: 12172008 14-5830-9517

Figura 77. Norma ASTM C109.



Designation: C 642 – 06

Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C 642; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

1. Scope^a

1.1 This test method covers the determinations of density, percent absorption, and percent voids in hardened concrete.

1.2 The text of this test method references notes and footnotes which provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this standard.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

2. Significance and Use

2.1 This test method is useful in developing the data required for conversions between mass and volume for concrete. It can be used to determine conformance with specifications for concrete and to show differences from place to place within a mass of concrete.

3. Apparatus

3.1 *Balance*, sensitive to 0.025 % of the mass of the specimen.

3.2 *Container*, suitable for immersing the specimen and suitable wire for suspending the specimen in water.

4. Test Specimen

4.1 Whenever possible, the sample shall consist of several individual portions of concrete, each to be tested separately. The individual portions may be pieces of cylinders, cores, or beams of any desired shape or size, except that the volume of each portion shall be not less than 350 cm³ (or for normal weight concrete, approximately 800 g); and each portion shall be free from observable cracks, fissures, or shattered edges.

5. Procedure

5.1 *Oven-Dry Mass*—Determine the mass of the portions, and dry in an oven at a temperature of 100 to 110 °C for not less than 24 h. After removing each specimen from the oven, allow it to cool in dry air (preferably in a desiccator) to a

temperature of 20 to 25 °C and determine the mass. If the specimen was comparatively dry when its mass was first determined, and the second mass closely agrees with the first, consider it dry. If the specimen was wet when its mass was first determined, place it in the oven for a second drying treatment of 24 h and again determine the mass. If the third value checks the second, consider the specimen dry. In case of any doubt, redry the specimen for 24-h periods until check values of mass are obtained. If the difference between values obtained from two successive values of mass exceeds 0.5 % of the lesser value, return the specimens to the oven for an additional 24-h drying period, and repeat the procedure until the difference between any two successive values is less than 0.5 % of the lowest value obtained. Designate this last value *A*.

5.2 *Saturated Mass After Immersion*—Immerse the specimen, after final drying, cooling, and determination of mass, in water at approximately 21 °C for not less than 48 h and until two successive values of mass of the surface-dried sample at intervals of 24 h show an increase in mass of less than 0.5 % of the larger value. Surface-dry the specimen by removing surface moisture with a towel, and determine the mass. Designate the final surface-dry mass after immersion *B*.

5.3 *Saturated Mass After Boiling*—Place the specimen, processed as described in 5.2, in a suitable receptacle, covered with tap water, and boil for 5 h. Allow it to cool by natural loss of heat for not less than 14 h to a final temperature of 20 to 25 °C. Remove the surface moisture with a towel and determine the mass of the specimen. Designate the soaked, boiled, surface-dried mass *C*.

5.4 *Immersed Apparent Mass*—Suspend the specimen, after immersion and boiling, by a wire and determine the apparent mass in water. Designate this apparent mass *D*.

6. Calculation

6.1 By using the values for mass determined in accordance with the procedures described in Section 5, make the following calculations:

$$\text{Absorption after immersion, \%} = [(B - A)/A] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Absorption after immersion and boiling, \%} = [(C - A)/A] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Bulk density, dry} = [A/(C - D)]\rho - g_1 \quad (3)$$

$$\text{Bulk density after immersion} = [B/(C - D)]\rho \quad (4)$$

¹This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.09 on Miscellaneous Tests.
Current edition approved July 1, 2006. Published August 2006. Originally approved in 1969. Last previous edition approved in 1997 as C 642 – 97.

^aA Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States.

Copyright ASTM International
Provided by IIR under license with ASTM
No reproduction or networking permitted without license from IIR.

†
Licencia: Pucba Universidad 027000001
No for Resale, 11/12/2008 10:32:45 AM PT

Figura 78. Norma ASTM C642.



Designation: C 618 – 05

Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C 618; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope²

1.1 This specification covers coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete where cementitious or pozzolanic action, or both, is desired, or where other properties normally attributed to fly ash or pozzolans may be desired, or where both objectives are to be achieved.

Note 1—Finely divided materials may tend to reduce the entrained air content of concrete. Hence, if a fly ash or natural pozzolan is added to any concrete for which entrainment of air is specified, provision should be made to ensure that the specified air content is maintained by air content tests and by use of additional air-entraining admixture or use of an air-entraining admixture in combination with air-entraining hydraulic cement.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes, which provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*³

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C 311 Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete

3. Terminology

3.1 *Definitions:*

3.1.1 The terms used in this specification are defined in Terminology C 125.

¹This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.24 on Supplementary Cementitious Materials.

Current edition approved July 1, 2005. Published July 2005. Originally approved in 1968. Last previous edition approved in 2003 as C 618-03.

²For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C703, West Conshohocken, PA 19380-2958, United States.

Copyright ASTM International

Provided by IIS under license with ASTM Int'l (all rights reserved);

Reproduction or networking prohibited without written license from ASTM per License Agreement with Katho Hoopstra, katho@iis.nl, Mon Jul 25 12:29:21 EDT 2005

3.1.2 *fly ash*—the finely divided residue that results from the combustion of ground or powdered coal and that is transported by flue gases.

Note 2—This definition of fly ash does not include, among other things, the residue resulting from: (1) the burning of municipal garbage or any other refuse with coal; (2) the injection of lime directly into the boiler for sulfur removal; or (3) the burning of industrial or municipal garbage in incinerators commonly known as “incinerator ash.”

4. Classification

4.1 *Class N*—Raw or calcined natural pozzolans that comply with the applicable requirements for the class as given herein, such as some diatomaceous earths; opaline cherts and shales; tuffs and volcanic ashes or pumicites, calcined or uncalcined; and various materials requiring calcination to induce satisfactory properties, such as some clays and shales.

4.2 *Class F*—Fly ash normally produced from burning anthracite or bituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash has pozzolanic properties.

4.3 *Class C*—Fly ash normally produced from lignite or subbituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash, in addition to having pozzolanic properties, also has some cementitious properties.

Note 3—Some Class C fly ashes may contain lime contents higher than 10 %.

5. Ordering Information

5.1 The purchaser shall specify any supplementary optional physical requirements.

5.2 The purchaser shall indicate which procedure, A or B, shall be used when specifying requirements for effectiveness in contribution to sulfate resistance under Table 3.

6. Chemical Composition

6.1 Fly ash and natural pozzolans shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

Note 4—The chemical component determinations and the limits placed on each do not predict the performance of the fly ash or natural pozzolan

Figura 79. Norma ASTM C618.



Designation: C117 – 13

Standard Test Method for Materials Finer than 75- μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing¹

This standard is issued under the fixed designation C117; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript (e) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the amount of material finer than a 75 μm (No. 200) sieve in aggregate by washing. Clay particles and other aggregate particles that are dispersed by the wash water, as well as water-soluble materials, will be removed from the aggregate during the test.

1.2 Two procedures are included, one using only water for the washing operation, and the other including a wetting agent to assist the loosening of the material finer than the 75 μm (No. 200) sieve from the coarser material. Unless otherwise specified, Procedure A (water only) shall be used.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

C136 Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C702 Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

D75 Practice for Sampling Aggregates

E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Feb. 1, 2013. Published March 2013. Originally approved in 1935. Last previous edition approved in 2004 as C117 – 04. DOI: 10.1520/C117-13.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

2.2 AASHTO Standard:

T11 Method of Test for Amount of Material Finer than 0.075 mm Sieve in Aggregate³

3. Summary of Test Method

3.1 A sample of the aggregate is washed in a prescribed manner, using either plain water or water containing a wetting agent, as specified. The decanted wash water, containing suspended and dissolved material, is passed through a 75 μm (No. 200) sieve. The loss in mass resulting from the wash treatment is calculated as mass percent of the original sample and is reported as the percentage of material finer than a 75 μm (No. 200) sieve by washing.

4. Significance and Use

4.1 Material finer than the 75 μm (No. 200) sieve can be separated from larger particles much more efficiently and completely by wet sieving than through the use of dry sieving. Therefore, when accurate determinations of material finer than 75 μm in fine or coarse aggregate are desired, this test method is used on the sample prior to dry sieving in accordance with Test Method C136. The results of this test method are included in the calculation in Test Method C136, and the total amount of material finer than 75 μm by washing, plus that obtained by dry sieving the same sample, is reported with the results of Test Method C136. Usually, the additional amount of material finer than 75 μm obtained in the dry sieving process is a small amount. If it is large, the efficiency of the washing operation should be checked. It could also be an indication of degradation of the aggregate.

4.2 Plain water is adequate to separate the material finer than 75 μm from the coarser material with most aggregates. In some cases, the finer material is adhering to the larger particles, such as some clay coatings and coatings on aggregates that have been extracted from bituminous mixtures. In these cases, the fine material will be separated more readily with a wetting agent in the water.


³ Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001.

Figura 80. Norma ASTM C117.


298		NORMAS LEGALES		El Peruano Lima, 23 de mayo de 2006	
5.3. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN					
El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sísmorresistente.					
TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1		
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio		
Sólido Artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si		
Sólido Industrial	Si	Si	Si		
Alveolar	Si Celdas totalmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout		
Haces	No	No	Si		
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos		
*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser excepcionadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.					
5.4. PRUEBAS					
a) Muestreo. - El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 milares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.					
b) Resistencia a la Compresión. - Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.					
La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f_c) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.					
c) Variación Dimensional. - Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.					
d) Alabeo. - Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.					
e) Absorción. - Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.					
5.5. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD					
a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.					
b) La absorción de las unidades de arcilla y silico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.					
c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.					
d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.					
e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.					
f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.					
g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o velas blancuecinas de origen salitroso o de otro tipo.					
Artículo 6.- MORTERO					
6.1. DEFINICIÓN. El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se					
añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.					
6.2. COMPONENTES					
a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:					
<ul style="list-style-type: none"> ● Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009 ● Cemento Adicionado IP, NTP 334.830 ● Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002. 					
b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrias siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.					
TABLA 3 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA					
MALLA ASTM		% QUE PASA			
N° 4 (4,75 mm)		100			
N° 8 (2,36 mm)		95 a 100			
N° 16 (1,18 mm)		70 a 100			
N° 30 (0,60 mm)		40 a 75			
N° 50 (0,30 mm)		10 a 25			
N° 100 (0,15 mm)		2 a 15			
N° 200 (0,075 mm)		Menos de 2			
<ul style="list-style-type: none"> ● No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas. ● El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5. ● El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso. ● No deberá emplearse arena de mar. 					
c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.					
6.3. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES. Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (ver la Tabla 4).					
6.4. PROPORCIONES. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4					
TABLA 4 TIPOS DE MORTERO					
TIPO	COMPONENTES			USOS	
	CEMENTO	CAL	ARENA		
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes	
P2	1	0 a 1/2	4 a 6	Muros Portantes	
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes	
a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.					
b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2 ^a), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.					
Artículo 7.- CONCRETO LÍQUIDO O GROUT					
7.1. DEFINICIÓN. El concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea para					

Figura 81. Norma E.070.

Anexo 4: Certificaciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: ALEXIS QUIROZ VILCHEZ
MUESTRA	: SUELO (arena)
FECHA DE INGRESO	: 20 DE ENERO DEL 2021
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	


REPORTE DE RESULTADOS

PARAMETROS	Unidades	MUESTRA
Temperatura	C	23.2
pH		8.17
Conductividad electrica	mS/cm	0.798
Salinidad	%	0.115
Solidos suspendidos	%	0.014
Cloruros	%	0.0887
Sulfatos	%	0.0451

AGUA (de la red)

PARAMETROS	Unidades	MUESTRA
pH		7.86
Conductividad	mS/cm	1.365

TRUJILLO 26 DE ENERO DEL 2021





Ing. Carlos A. Valdez Mendoza
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
☎ 949959632 / 933623974

Figura 82. Certificado del análisis químico de la arena y el agua.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION LASACI 	
REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X	
SOLICITANTE	LUISSIANA URBINA BALDERA
TESIS	"Influencia del Porcentaje, tamaño de partícula de la ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado"
MUESTRA	CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ
FECHA	23 DE JUNIO DEL 2021
INSTITUCION	

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca
BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.
Fuente de rayos x: tubo de Mo.
Tiempo de medida: 2000 segundos.


ESTANDAR INTERNACIONAL PARA CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)
Concentración: lg/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 250 mg de la muestra de cenizas de cáscara de arroz, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO


- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06


LASACI
 DIRECCION


JEFE DE LABORATORIO ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
 ANALISTA RESPONSABLE ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
 ✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

(a)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION




LASACI

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	41.64	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	22.67	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	11.32	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	6.17	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	3.19	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	2.88	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P ₂ O ₅)	1.52	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.47	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃)	0.096	
OXIDO DE ZING (Zn O)	0.054	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.013	
PÉRDIDA POR QUEMADO	9.97	

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente sílice (Si), Calcio (Ca) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; fósforo (P), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).



Ing. Carlos Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

Trujillo, 30 DE JUNIO DEL 2021


AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

(b)

Figura 83. Certificado del análisis químico de la CCA (a,b)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Concreto y Reciclado


CARTA DE COMPROMISO

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
Jefe de Laboratorio SL01LA200

Quien suscriben, tesista Quiroz Vilchez Alexis Vicente y Urbina Baldera Luissiana Brigitte identificado con DNI N°73121734 /72960051, egresado de la carrera de ingeniería civil, me comprometo en usar correctamente las instalaciones el laboratorio de **concreto y reciclado**, asimismo en preservar el orden y limpieza de dicho laboratorio y cumplir con las normas de seguridad de los mismos. También existiendo este compromiso en el cuidado y devolución de los equipos y herramientas que usemos para realizar mis ensayos; así también en el retiro de todos los residuos que genere en dichos ensayos, sometiéndonos a las políticas de sanción que la entidad juzgue necesarias en caso que no se cumpla con dicho compromiso.

Sin otro particular y para constancia establecemos nuestra respuesta por este mismo medio.

Atentamente,


Firma de testista 1


Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
Asesor


Ing. E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP. 123904

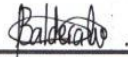

Firma de testista 2

Figura 84. Carta de compromiso para acceder al laboratorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Concreto y Reciclado

INFORME N°12/MAY21

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Solicitante / DNI: Quiroz Vilchez Alexis Vicente/73121734
Urbina Baldera Luissiana Brigitte/72960051

Institución: Universidad Privada del Norte / Sede Trujillo

Investigación: "Influencia del porcentaje, tamaño de partícula de ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado, Trujillo 2021"

MUESTRA:

Especímenes:

- 10Kg de arena gruesa.
- 500 gr de ceniza de cascarilla de arroz.

Muestreo: Realizado por tesista.

ENSAYOS A APLICAR. Las principales Normas Técnicas son:

- Contenido de humedad (NTP 339.185).
- Peso específico y absorción (NTP 400.022).
- PUSS y PUCS (NTP 400.017)
- Granulometría y módulo de finura (NTP 400.012).
- Ensayo de lavado (ASTM C 117).

PARÁMETROS DEL EQUIPO:

Estufa de secado			
Marca	Modo	Unidades	Capacidad máxima
General Electric	Mode I: Secado	SI	400° C
Balanza digital			
Marca	Modo	Unidades	Capacidad máxima
Valtox	Mode I: Peso	SI	300Kg



Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CP. 123509

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
Jefe de Laboratorio de Concreto y Reciclado

Trujillo, 03 de Mayo del 2021

Figura 85. Certificado de la muestra de arena y ceniza.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Concreto y Reciclado

INFORME N°11/MAY21

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Solicitante / DNI: Quiroz Vilchez Alexis Vicente/73121734
Urbina Baldera Luissiana Brigitte/72960051

Institución: Universidad Privada del Norte / Sede Trujillo

Investigación: "Influencia del porcentaje, tamaño de partícula de ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado, Trujillo 2021"

MUESTRA:

Especímenes:

- 50.4 Kg de mortero en estado fresco.
- 504 cubos de mortero en estado endurecido de 5cmx5cmx5cm, edad de especímenes entre 7 a 28 días de curado

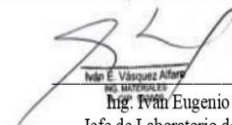
Muestreo: Realizado por tesista.

ENSAYOS A APLICAR. Las principales Normas Técnicas son:

- Ensayo de fluidez (ASTM C 230).
- Especificación por Proporción (ASTM C 270).
- Ensayo de densidad y porosidad (ASTM C 642).
- Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C 109).
- Ensayo de durabilidad: Resistencia a la compresión (ASTM C 109) y Pérdida de masa

PARÁMETROS DEL EQUIPO:

Compresión en estado endurecido				
Marca	Modo	Unidades	Velocidad de carga	Capacidad máxima
Ele International	Mode I: compresión	SI	0.05 KN/seg	2000 KN
Estufa de secado				
Marca	Modo	Unidades	Capacidad máxima	
General Electric	Mode I: Secado	SI	400° C	
Balanza digital				
Marca	Modo	Unidades	Capacidad máxima	
Valtox	Mode I: Peso	SI	300Kg	



Iván E. Vázquez Alfaro
Ing. Iván Eugenio Vázquez Alfaro
Jefe de Laboratorio de Concreto y Reciclado

Trujillo, 03 de Mayo del 2021

Figura 86. Certificado de los ensayos realizados.

Anexo 5: Caracterización física de la arena:

A. Granulometría (NTP 400.012):

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Tabla 75. Análisis granulométrico de la arena M1

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g) A	% Peso retenido B= A/ΣA	% Peso retenido acumulado C= B ₀ +B ₁	% Que pasa D=100-C
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.36	24.00	4.80	4.80	95.20
N° 16	1.18	65.00	13.00	17.80	82.20
N° 30	0.60	156.00	31.20	49.00	51.00
N° 50	0.30	157.00	21.40	80.40	19.60
N° 100	0.15	73.00	16.60	95.00	5.00
N° 200	0.08	19.00	3.80	98.80	1.20
Fondo	x < 0.08	6.00	1.20	100.00	0.00
Peso tamizado (g)		500	100		

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

$$MF = \frac{(0 + 4.80 + 17.80 + 49.00 + 80.40 + 95.00)}{100} = 2.47$$

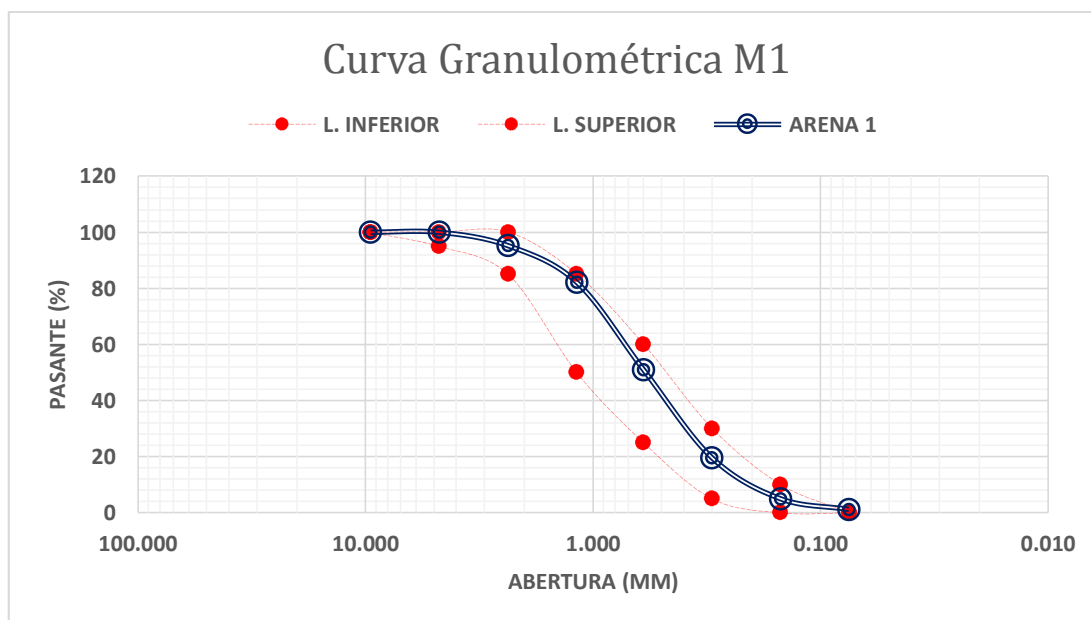


Figura 87. Codificación de los especímenes.

Tabla 76. Análisis granulométrico de la arena M2

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g) A	% Peso retenido B= A/ΣA	% Peso retenido acumulado C= B ₀ +B ₁	% Que pasa D=100-C
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.36	27.00	5.40	5.40	94.60
N° 16	1.18	80.00	16.00	21.40	78.60
N° 30	0.60	146.00	29.20	50.60	49.40
N° 50	0.30	140.00	28.00	78.60	21.40
N° 100	0.15	80.00	16.00	94.60	5.40
N° 200	0.08	26.00	5.20	99.80	0.20
Fondo	x < 0.08	1.00	0.20	100.00	0.00
Peso tamizado (g)		500	100		

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

$$MF = \frac{(0 + 5.40 + 21.40 + 50.60 + 78.60 + 94.60)}{100} = 2.51$$

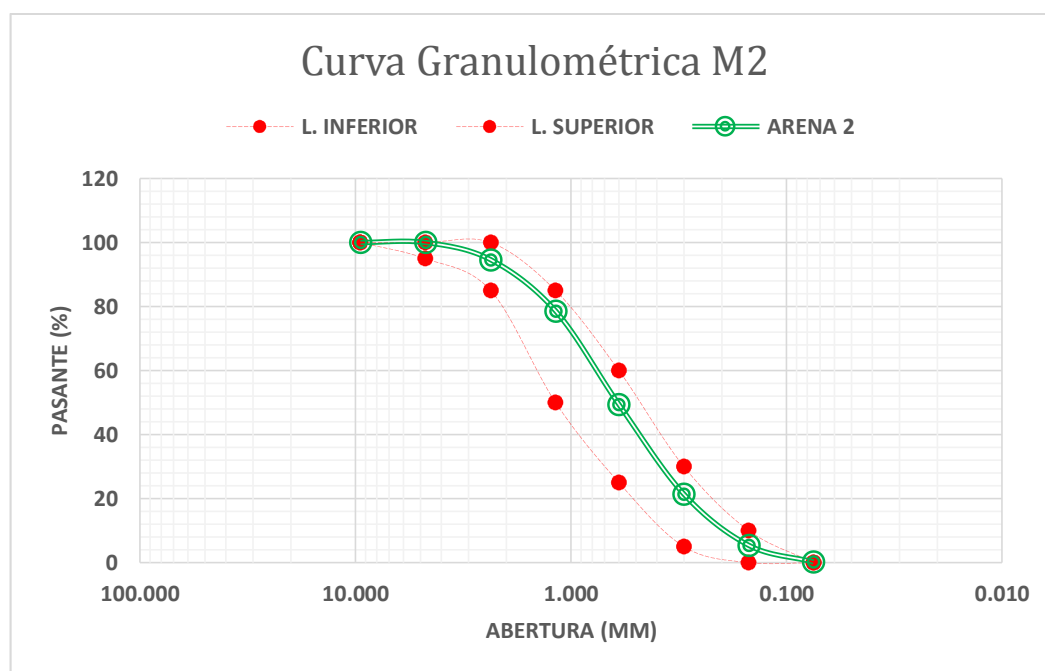


Figura 88. Codificación de los especímenes.

Tabla 77. Análisis granulométrico de la arena M3

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g) A	% Peso retenido B= A/ΣA	% Peso retenido acumulado C= B ₀ +B ₁	% Que pasa D=100-C
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.36	26.00	5.20	5.20	94.80
N° 16	1.18	84.00	16.80	22.00	78.00
N° 30	0.60	141.00	28.20	50.20	49.80
N° 50	0.30	138.00	27.60	77.80	22.20
N° 100	0.15	81.00	16.20	94.00	6.00
N° 200	0.08	28.00	5.60	99.60	0.40
Fondo	x < 0.08	2.00	0.40	100.00	0.00
Peso tamizado (g)		500	100		

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

$$MF = \frac{(0 + 5.20 + 22.00 + 50.20 + 77.80 + 94.00)}{100} = 2.49$$

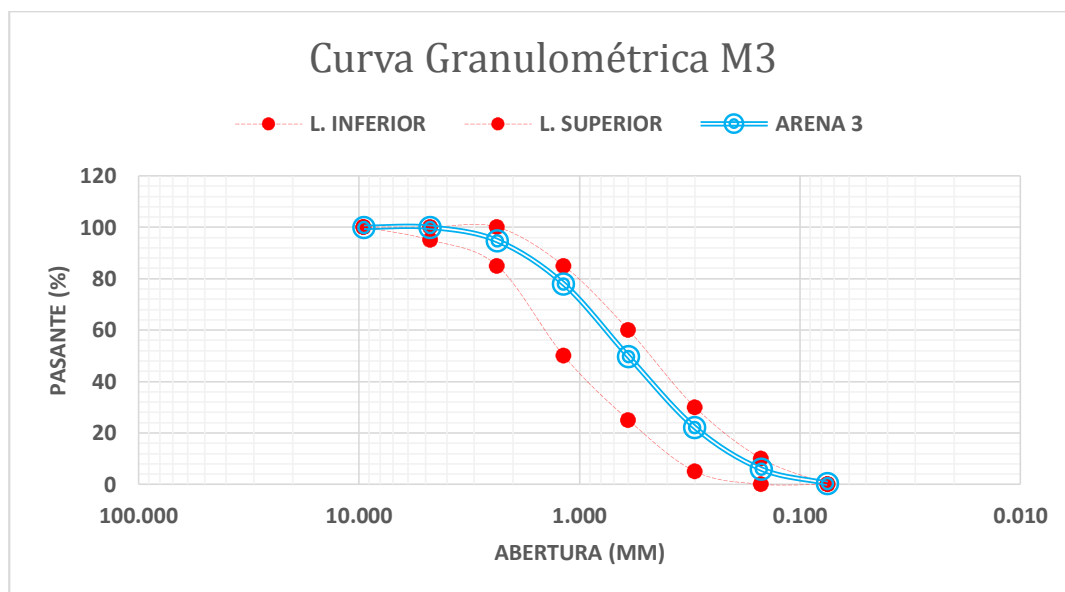


Figura 89. Codificación de los especímenes.

Tabla 78. Promedio de módulo de finura

Muestra	MF	Promedio
M1	2.47	
M2	2.51	2.49
M3	2.49	

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

B. Humedad (NTP 339.185):
Tabla 79. Contenido de humedad

Cód.	Peso de la muestra natural (g)	Peso de la muestra seca (g)	Humedad (%)
	Ph	Ps	W
M1	500	496	0.81
M2	500	496	0.81
M3	500	496	0.81
		Promedio	0.81

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

C. Peso unitario suelto y compactado (NTP 400.017):
Tabla 80. Volumen del molde de peso unitario

Muestra	Cod.	Peso del molde (kg)	Peso de molde + agua (kg)	Peso del agua (kg)	Factor del agua a 21°C (kg/m ³)	Volumen del molde (m ³)
Volumen del agua	M1	0.671	8.178	7.507	998.080	0.0075
	M2	0.671	8.178	7.507		0.0075
	M3	0.671	8.178	7.507		0.0075
						Promedio	0.0075

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 81. Peso unitario suelto

Cod.	Peso del molde (kg)	Peso de la muestra suelta + molde (G) (kg)	Peso de la muestra suelta (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario suelto (Kg/m ³)
M1	0.671	12.867	12.196	0.0075	1532.29
M2	0.671	12.843	12.172		1529.10
M3	0.671	12.910	12.239		1538.00
				Promedio	1533.13

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 82. Peso unitario compactado.

Cod.	Peso del molde (kg)	Peso de la muestra compactada + molde (G) (kg)	Peso de la muestra compactada (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario compactado (Kg/m ³)
M1	0.671	14.632	13.961		1766.95
M2	0.671	14.672	14.001	0.0075	1772.27
M3	0.671	14.695	14.024		1775.32
				Promedio	1771.51

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

D. Gravedad específica y absorción (NTP 400.022):
Tabla 83. Peso específico del agregado

Cód.	P. muestra seca (g) A	P. de la fiola + agua (g) B	P. muestra sumergida (g) C	P. de la muestra SSS (g) S	Peso específico seco (Kg/m ³)	Peso específico de masa SSS (Kg/m ³)	Peso específico aparente (Kg/m ³)
E1	475.72	656.78	961.71	483.32	2667	2709	2785
E2	474.30	659.12	963.38	482.36	2663	2708	2789
E3	472.10	657.22	958.83	478.76	2665	2703	2769
				Promedio	2665	2707	2781


Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 84. Absorción del agregado.

Cód.	P. muestra seca (g) A	P. de la muestra SSS (g) S	Absorción (%)
E1	475.72	483.32	1.6
E2	474.30	482.36	1.7
E3	472.10	478.76	1.4
		Promedio	1.6


Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 6: Guías de observación.




GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA EL ENSAYO DE FLUIDEZ


a) Datos Generales		b) Fotografía
Nombre del investigador		
Fecha		
Ubicación del laboratorio		
Ensayo		
Espécimen		
c) Datos específicos		
Porcentaje de CCA		
Tamaño de partícula de CCA		
Lectura 1 (mm)		
Lectura 2 (mm)		
Lectura 3 (mm)		
Lectura 4 (mm)		
Lectura promedio		
Fluidez (%)		



 Firma del Asesor



 Firma del Tesista 1



 Firma del Tesista 2




TRUJILLO - 2021 

Figura 90. Guía de observación para el ensayo de fluidez.




GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA EL ENSAYO DE DENSIDAD Y POROSIDAD

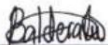
a) Datos Generales		b) Fotografía
Nombre del investigador		
Fecha		
Ubicación del laboratorio		
Ensayo		
Espécimen		
c) Datos específicos		
Porcentaje de CCA		
Tamaño de partícula de CCA		
Peso saturado (g)		
Peso sumergido (g) -		
Peso seco (g)		
Densidad (kg/m ³)		
Porosidad (%)		



Firma del Asesor




Firma del Tesista 1



Firma del Tesista 2

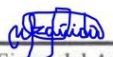
TRUJILLO - 2021

Figura 91. Guía de observación para el ensayo de densidad y porosidad.




GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION


a) Datos Generales		b) Fotografía
Nombre del investigador		
Fecha		
Ubicación del laboratorio		
Ensayo		
Espécimen		
c) Datos específicos		
Porcentaje de CCA		
Tamaño de partícula de CCA		
Largo (mm)		
Ancho (mm)		
Alto (mm)		
Área (cm ³)		
Fuerza (KN)		
Resistencia (Mpa)		



Firma del Asesor



Firma del Tesista 1




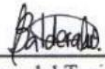
Firma del Tesista 2

TRUJILLO - 2021

Figura 92. Guía de observación para el ensayo de resistencia a la compresión.



GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA EL ENSAYO DE DURABILIDAD

a) Datos Generales		b) Fotografía
Nombre del investigador		
Fecha		
Ubicación del laboratorio		
Ensayo		
Espécimen		
c.1) Datos específicos de durabilidad por pérdida de masa frente a sulfato de magnesio y agua de mar		
Porcentaje de CCA		
Tamaño de partícula de CCA		
Peso seco a 28 días (g)		
Peso seco después del proceso de degradación (g)		
Pérdida de masa (%)		
c.2) Datos específicos de durabilidad en comparación con su resistencia a la compresión inicial.		
Porosidad (%)		
Largo (mm)		
Ancho (mm)		
Alto (mm)		
Área (cm ²)		
Fuerza (KN)		
R. a la compresión después del proceso de degradación (MPa)		
Resistencia a la compresión comparativa inicial (MPa)		
Variación de la Resistencia a la compresión (%).		
		 _____ Firma del Tesista 1
		 _____ Firma del Tesista 2

TRUJILLO - 2021

Figura 93. Guía de observación para el ensayo de durabilidad.

Anexo 7: Resultados de los ensayos.

RESULTADOS GENERALES DE FLUIDEZ DEL MORTERO

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura 4 (mm)	Promedio (mm)	Fluidez (%)	Fluidez Promedio (%)		
P A T R O N	0	1/3	214.00	213.00	213.00	213.00	213.25	113.68	113.59		
			212.00	214.00	214.00	213.00	213.25	113.68			
			213.00	214.00	214.00	213.00	213.50	113.93			
			212.00	213.00	213.00	214.00	213.00	113.43			
			213.00	214.00	212.00	212.00	212.75	113.18			
			213.00	213.00	214.00	213.00	213.25	113.68			
		1/4	212.00	214.00	213.00	212.00	212.75	113.18	113.39		
			213.00	213.00	214.00	212.00	213.00	113.43			
			214.00	214.00	214.00	212.00	213.50	113.93			
			212.00	213.00	214.00	214.00	213.25	113.68			
			213.00	212.00	212.00	214.00	212.75	113.18			
			212.00	212.00	213.00	213.00	212.50	112.93			
			1/5	214.00	213.00	213.00	213.00	213.25		113.68	113.26
				215.00	213.00	213.00	211.00	213.00		113.43	
				212.00	213.00	213.00	211.00	212.25		112.68	
215.00	211.00	212.00		212.00	212.50	112.93					
213.00	214.00	211.00		211.00	212.25	112.68					
213.00	214.00	214.00		214.00	213.75	114.18					

Figura 94. Resultados de la fluidez para las mezclas patrón

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura 4 (mm)	Promedio (mm)	Fluidez (%)	Fluidez Promedio (%)
RAPIMIX			222.00	225.00	223.00	224.00	223.50	123.95	124.11
			223.00	224.00	224.00	224.00	223.75	124.20	
			225.00	223.00	222.00	225.00	223.75	124.20	
			224.00	225.00	223.00	223.00	223.75	124.20	
			223.00	223.00	224.00	224.00	223.50	123.95	
			222.00	224.00	225.00	224.00	223.75	124.20	

Figura 95. Resultados de la fluidez para la mezcla RAPIMIX

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura 4 (mm)	Promedio (mm)	Fluidez (%)	Fluidez Promedio (%)
C1	3%	1/3	210.00	211.00	211.00	212.00	211.00	111.42	111.46
			212.00	210.00	210.00	211.00	210.75	111.17	
			210.00	210.00	211.00	211.00	210.50	110.92	
			211.00	211.00	212.00	212.00	211.50	111.92	
			210.00	211.00	212.00	212.00	211.25	111.67	
			212.00	212.00	211.00	210.00	211.25	111.67	
		1/4	211.00	211.00	210.00	210.00	210.50	110.92	
			211.00	210.00	210.00	209.00	210.00	110.42	
			212.00	211.00	211.00	209.00	210.75	111.17	
			211.00	210.00	210.00	210.00	210.25	110.67	
			210.00	209.00	211.00	211.00	210.25	110.67	
			212.00	212.00	211.00	211.00	211.50	111.92	
	1/5	209.00	211.00	210.00	210.00	210.00	110.42		
		209.00	211.00	211.00	210.00	210.25	110.67		
		209.00	208.00	207.00	208.00	208.00	108.42		
		210.00	209.00	208.00	210.00	209.25	109.67		
		209.00	207.00	208.00	209.00	208.25	108.67		
		209.00	210.00	210.00	210.00	209.75	110.17		
	5%	1/3	206.00	207.00	208.00	206.00	206.75	107.16	106.66
			205.00	206.00	206.00	207.00	206.00	106.41	
			205.00	206.00	207.00	205.00	205.75	106.16	
			206.00	205.00	205.00	205.00	205.25	105.66	
			207.00	206.00	206.00	207.00	206.50	106.91	
			208.00	206.00	207.00	208.00	207.25	107.67	
1/4		204.00	206.00	204.00	205.00	204.75	105.16		
		205.00	204.00	206.00	206.00	205.25	105.66		
		205.00	203.00	204.00	206.00	204.50	104.91		
		204.00	205.00	205.00	206.00	205.00	105.41		
		206.00	204.00	203.00	204.00	204.25	104.66		
		204.00	206.00	204.00	205.00	204.75	105.16		
1/5	204.00	205.00	203.00	202.00	203.50	103.91			
	206.00	204.00	205.00	205.00	205.00	105.41			
	205.00	203.00	203.00	204.00	203.75	104.16			
	204.00	206.00	205.00	204.00	204.75	105.16			
	205.00	204.00	203.00	203.00	203.75	104.16			
	203.00	205.00	206.00	203.00	204.25	104.66			
7%	1/3	203.00	202.00	202.00	201.00	202.00	102.40	102.45	
		203.00	201.00	203.00	202.00	202.25	102.66		
		202.00	201.00	201.00	203.00	201.75	102.15		
		203.00	203.00	202.00	203.00	202.75	103.16		
		202.00	201.00	201.00	201.00	201.25	101.65		
		202.00	203.00	201.00	203.00	202.25	102.66		
	1/4	201.00	199.00	210.00	200.00	202.50	102.91		
		201.00	198.00	199.00	201.00	199.75	100.15		
		200.00	199.00	201.00	199.00	199.75	100.15		
		201.00	201.00	200.00	199.00	200.25	100.65		
		199.00	198.00	199.00	199.00	198.75	99.15		
		201.00	199.00	201.00	199.00	200.00	100.40		
1/5	201.00	200.00	198.00	199.00	199.50	99.90			
	199.00	200.00	199.00	198.00	199.00	99.40			
	199.00	198.00	199.00	200.00	199.00	99.40			
	201.00	200.00	198.00	199.00	199.50	99.90			
	200.00	200.00	198.00	200.00	199.50	99.90			
	198.00	199.00	199.00	198.00	198.50	98.90			
10%	1/3	197.00	196.00	197.00	195.00	196.25	96.64	96.81	
		198.00	197.00	196.00	197.00	197.00	97.39		
		197.00	196.00	195.00	197.00	196.25	96.64		
		198.00	197.00	196.00	196.00	196.75	97.14		
		197.00	196.00	197.00	195.00	196.25	96.64		
		196.00	196.00	195.00	197.00	196.00	96.39		
	1/4	198.00	197.00	199.00	197.00	197.75	98.15		
		197.00	198.00	196.00	196.00	196.75	97.14		
		198.00	196.00	197.00	196.00	196.75	97.14		
		198.00	197.00	198.00	196.00	197.25	97.65		
		197.00	198.00	196.00	197.00	197.00	97.39		
		199.00	197.00	196.00	196.00	197.00	97.39		
1/5	199.00	199.00	198.00	197.00	198.25	98.65			
	196.00	197.00	196.00	196.00	196.25	96.64			
	198.00	197.00	197.00	197.00	197.25	97.65			
	199.00	196.00	198.00	197.00	197.50	97.90			
	199.00	197.00	197.00	197.00	197.50	97.90			
	198.00	196.00	197.00	197.00	197.00	97.39			

Figura 96. Resultados de la fluidez para las mezclas C1.

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura 4 (mm)	Promedio (mm)	Fluidez (%)	Fluidez Promedio (%)
C2	3%	1/3	213.00	212.00	212.00	211.00	212.00	112.42	112.68
			213.00	213.00	212.00	213.00	212.75	113.18	
			211.00	213.00	212.00	212.00	212.00	112.42	
			213.00	213.00	211.00	212.00	212.25	112.68	
			212.00	213.00	213.00	212.00	212.50	112.93	
		212.00	213.00	212.00	211.00	212.00	112.42		
		209.00	210.00	211.00	209.00	209.75	110.17		
		211.00	212.00	210.00	211.00	211.00	111.42		
		212.00	210.00	211.00	212.00	211.25	111.67		
		209.00	211.00	212.00	211.00	210.75	111.17		
		211.00	212.00	211.00	211.00	211.25	111.67		
		211.00	210.00	210.00	211.00	210.50	110.92		
		209.00	210.00	213.00	212.00	211.00	111.42		
		212.00	211.00	212.00	212.00	211.75	112.17		
		210.00	212.00	212.00	210.00	211.00	111.42		
	209.00	212.00	210.00	210.00	210.25	110.67			
	210.00	211.00	212.00	212.00	211.25	111.67			
	213.00	212.00	212.00	210.00	211.75	112.17			
	207.00	208.00	207.00	206.00	207.00	107.41			
	207.00	207.00	208.00	206.00	207.00	107.41			
	209.00	208.00	207.00	208.00	208.00	108.42			
	207.00	207.00	209.00	208.00	207.75	108.17			
	208.00	207.00	208.00	207.00	207.50	107.92			
	207.00	208.00	207.00	208.00	207.50	107.92			
	207.00	205.00	205.00	206.00	205.75	106.16			
	207.00	206.00	206.00	207.00	206.50	106.91			
	205.00	203.00	204.00	205.00	204.25	104.66			
	207.00	205.00	204.00	205.00	205.25	105.66			
	205.00	205.00	203.00	204.00	204.25	104.66			
	206.00	205.00	204.00	205.00	205.00	105.41			
205.00	203.00	204.00	203.00	203.75	104.16				
205.00	204.00	204.00	204.00	204.25	104.66				
204.00	203.00	205.00	204.00	204.00	104.41				
205.00	205.00	204.00	204.00	204.50	104.91				
203.00	204.00	203.00	204.00	203.50	103.91				
204.00	204.00	205.00	203.00	204.00	104.41				
203.00	204.00	203.00	203.00	203.25	103.66				
202.00	204.00	204.00	202.00	203.00	103.41				
201.00	203.00	204.00	205.00	203.25	103.66				
203.00	202.00	201.00	203.00	202.25	102.66				
204.00	204.00	203.00	203.00	203.50	103.91				
203.00	202.00	201.00	205.00	202.75	103.16				
202.00	202.00	203.00	203.00	202.50	102.91				
202.00	204.00	203.00	203.00	203.00	103.41				
202.00	203.00	201.00	202.00	202.00	102.40				
202.00	202.00	203.00	204.00	202.75	103.16				
204.00	204.00	203.00	202.00	203.25	103.66				
203.00	203.00	201.00	202.00	202.25	102.66				
202.00	201.00	203.00	203.00	202.25	102.66				
204.00	203.00	203.00	204.00	203.50	103.91				
201.00	203.00	202.00	201.00	201.75	102.15				
202.00	204.00	201.00	202.00	202.25	102.66				
201.00	203.00	203.00	202.00	202.25	102.66				
203.00	203.00	202.00	201.00	202.25	102.66				
201.00	200.00	202.00	200.00	200.75	101.15				
202.00	201.00	201.00	202.00	201.50	101.90				
200.00	201.00	202.00	199.00	200.50	100.90				
199.00	201.00	201.00	200.00	200.25	100.65				
201.00	201.00	200.00	202.00	201.00	101.40				
202.00	201.00	200.00	199.00	200.50	100.90				
200.00	201.00	199.00	199.00	199.75	100.15				
201.00	199.00	200.00	200.00	200.00	100.40				
201.00	198.00	200.00	200.00	199.75	100.15				
200.00	201.00	201.00	200.00	200.50	100.90				
201.00	199.00	198.00	199.00	199.25	99.65				
199.00	200.00	200.00	201.00	200.00	100.40				
197.00	198.00	197.00	199.00	197.75	98.15				
198.00	199.00	199.00	198.00	198.50	98.90				
198.00	199.00	197.00	198.00	198.00	98.40				
197.00	198.00	198.00	197.00	197.50	97.90				
198.00	199.00	197.00	199.00	198.25	98.65				
199.00	198.00	197.00	198.00	198.00	98.40				

Figura 97. Resultados de la fluidez para las mezclas C2.

RESULTADOS GENERALES DE DENSIDAD DEL MORTERO

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	Densidad (Kg/m ³)	Promedio densidad (Kg/m ³)
P A T R O N	0	1/3	D1	311.16	166.05	273.49	1879.02	1883.75
			D2	323.59	171.00	286.24	1870.29	
			D3	299.82	159.27	264.03	1872.91	
			D4	300.33	163.08	264.06	1918.16	
			D5	315.74	168.53	277.31	1878.16	
			D6	308.40	165.09	270.80	1883.94	
		1/4	D7	309.76	164.72	274.74	1888.51	1860.69
			D8	293.73	155.42	259.47	1870.38	
			D9	311.52	165.31	274.74	1873.44	
			D10	308.43	163.39	273.08	1877.08	
			D11	296.39	150.18	261.04	1780.00	
			D12	310.28	164.07	274.93	1874.71	
		1/5	D13	305.10	164.58	268.95	1908.22	1946.38
			D14	276.25	150.23	244.35	1933.16	
			D15	271.33	147.43	240.56	1935.66	
			D16	277.65	153.56	246.50	1980.50	
			D17	300.38	165.49	265.36	1961.33	
			D18	274.28	150.38	243.51	1959.40	

Figura 98. Resultados de la densidad para las mezclas patrón

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	Densidad (Kg/m ³)	Promedio densidad (Kg/m ³)
RAPIMIX			D163	307.99	175.73	276.52	2084.46	2021.10
			D164	312.93	174.37	281.16	2023.07	
			D165	306.99	166.83	273.04	1942.22	
			D166	309.49	177.23	277.43	2091.29	
			D167	308.34	170.78	276.28	2002.38	
			D168	310.86	170.70	278.80	1983.16	

Figura 99. Resultados de la densidad para la mezcla RAPIMIX

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	Densidad (Kg/m ³)	Promedio densidad (Kg/m ³)
C1	3%	1/3	D19	294.56	156.57	259.66	1876.09	1868.43
			D20	282.45	149.17	248.52	1859.05	
			D21	282.95	148.19	248.61	1839.30	
			D22	290.38	152.39	255.99	1849.57	
			D23	285.67	152.39	251.28	1879.70	
			D24	292.13	157.37	257.74	1906.85	
		1/4	D25	253.00	133.57	221.05	1845.32	1847.34
			D26	254.76	134.45	221.32	1834.06	
			D27	259.65	135.59	226.57	1820.81	
			D28	255.26	135.83	222.44	1856.90	
			D29	257.51	137.20	224.69	1861.96	
			D30	256.23	136.80	223.41	1865.00	
	1/5	D31	261.64	137.16	226.25	1812.11	1822.99	
		D32	256.67	134.85	222.24	1818.86		
		D33	256.38	135.16	221.75	1823.83		
		D34	258.25	133.77	223.43	1789.55		
		D35	260.10	138.28	225.28	1843.77		
		D36	259.73	138.51	224.91	1849.85		
	5%	1/3	D37	288.73	149.82	250.33	1796.70	1817.28
			D38	292.49	155.22	253.21	1839.08	
			D39	295.96	155.00	257.62	1822.13	
			D40	291.38	152.47	252.71	1813.75	
			D41	294.37	157.10	255.70	1857.14	
			D42	289.61	148.65	250.94	1774.86	
		1/4	D43	317.31	168.03	283.60	1894.13	1846.53
			D44	323.92	167.10	286.28	1820.06	
			D45	291.78	149.50	258.21	1809.40	
			D46	308.23	164.24	273.52	1893.81	
			D47	299.55	152.73	264.84	1798.43	
			D48	319.31	167.03	284.60	1863.36	
	7%	1/5	D49	257.47	122.79	221.30	1638.16	1716.77
			D50	246.50	124.85	215.04	1762.35	
			D51	247.56	124.47	215.43	1744.98	
			D52	250.38	116.70	216.13	1611.84	
			D53	253.75	132.10	219.50	1798.88	
			D54	249.61	126.52	215.36	1744.39	
1/3		D55	261.95	131.09	225.86	1720.79	1761.11	
		D56	251.26	126.01	216.49	1723.21		
		D57	252.32	129.83	217.51	1770.34		
		D58	258.57	134.71	223.35	1797.81		
		D59	254.61	129.36	219.39	1746.27		
		D60	257.39	134.90	222.17	1808.24		
10%	1/4	D61	264.99	126.50	218.09	1570.05	1599.68	
		D62	286.19	138.00	237.40	1597.19		
		D63	274.19	132.77	227.06	1600.76		
		D64	265.34	130.85	221.73	1643.75		
		D65	272.61	124.42	225.00	1513.79		
		D66	284.85	143.43	237.24	1672.55		
	1/5	D67	278.23	128.21	230.00	1528.53	1490.33	
		D68	244.69	116.34	203.02	1577.02		
		D69	242.60	107.89	200.61	1484.73		
		D70	254.72	104.70	210.76	1400.64		
		D71	261.55	111.53	217.59	1446.03		
		D72	270.43	120.41	226.47	1505.05		
10%	1/3	D73	239.84	118.59	209.98	1726.60	1777.82	
		D74	237.39	116.75	206.20	1704.09		
		D75	236.84	123.76	209.42	1846.41		
		D76	240.55	119.91	210.06	1735.99		
		D77	245.61	124.97	215.12	1777.81		
		D78	258.32	137.24	227.83	1876.00		
	1/4	D79	272.71	127.32	225.90	1549.09	1549.09	
		D80	268.04	120.45	221.50	1496.28		
		D81	268.56	130.04	221.74	1596.02		
		D82	270.37	122.78	223.65	1510.78		
		D83	269.20	130.68	222.48	1601.32		
		D84	271.45	126.06	224.73	1541.04		
1/5	D85	250.49	112.32	207.49	1497.20	1567.46		
	D86	251.46	119.25	206.27	1555.49			
	D87	246.75	120.26	203.77	1606.12			
	D88	249.33	117.12	205.61	1550.49			
	D89	250.27	123.78	206.55	1628.01			
	D90	251.58	119.37	207.86	1567.45			

Figura 100. Resultados de la densidad para las mezclas C1.

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	Densidad (Kg/m ³)	Promedio densidad (Kg/m ³)
C2	3%	1/3	D91	267.84	141.72	236.71	1871.23	1890.45
			D92	268.29	142.31	238.08	1884.15	
			D93	261.15	139.76	232.24	1907.43	
			D94	265.37	139.39	235.29	1862.05	
			D95	267.08	145.69	237.00	1946.50	
			D96	266.54	140.56	236.46	1871.31	
	3%	1/4	D97	288.98	154.65	255.86	1899.00	1886.61
			D98	299.34	160.63	265.68	1909.62	
			D99	284.98	152.76	250.69	1890.32	
			D100	286.51	147.80	252.82	1817.18	
			D101	289.67	157.45	255.98	1930.21	
			D102	294.32	155.61	260.63	1873.32	
	3%	1/5	D103	300.59	162.80	263.46	1906.30	1889.90
			D104	292.80	156.35	255.85	1869.42	
			D105	291.01	154.25	255.80	1864.82	
			D106	297.36	160.91	260.93	1906.54	
			D107	295.62	158.86	259.19	1889.53	
			D108	299.40	161.61	262.97	1902.76	
	5%	1/3	D109	262.87	137.45	229.30	1822.70	1803.01
			D110	261.83	135.84	227.83	1802.94	
			D111	262.25	134.90	227.42	1780.43	
			D112	261.56	135.57	227.99	1804.21	
			D113	260.38	134.96	226.25	1798.43	
			D114	262.77	136.78	228.64	1809.32	
5%	1/4	D115	288.04	149.95	260.16	1878.34	1838.78	
		D116	287.85	145.63	256.68	1799.44		
		D117	270.82	140.97	243.46	1869.24		
		D118	279.61	141.52	251.73	1817.47		
		D119	283.40	139.18	252.93	1748.56		
		D120	286.27	153.42	255.80	1919.63		
5%	1/5	D121	289.08	146.50	256.19	1791.46	1805.67	
		D122	289.36	147.60	256.17	1801.60		
		D123	301.75	155.80	267.33	1826.13		
		D124	295.47	152.89	262.58	1836.14		
		D125	289.31	147.55	256.12	1801.25		
		D126	294.62	148.67	260.20	1777.42		
7%	1/3	D127	283.52	145.68	244.09	1765.47	1773.74	
		D128	271.21	139.48	233.23	1765.20		
		D129	277.62	142.56	238.18	1758.18		
		D130	279.36	141.52	239.93	1735.38		
		D131	281.20	149.47	242.25	1833.47		
		D132	280.73	145.67	241.78	1784.75		
7%	1/4	D133	307.08	157.89	268.66	1795.39	1790.29	
		D134	303.13	157.09	265.44	1812.13		
		D135	309.10	157.15	270.07	1772.03		
		D136	306.28	157.09	267.90	1790.31		
		D137	305.61	159.57	267.23	1824.35		
		D138	304.72	152.77	266.34	1747.55		
7%	1/5	D139	246.08	126.44	207.73	1731.08	1722.81	
		D140	245.32	125.26	207.40	1722.34		
		D141	249.50	126.61	210.73	1709.64		
		D142	248.37	128.73	210.02	1750.19		
		D143	246.62	126.56	208.27	1729.59		
		D144	247.15	124.26	208.80	1694.01		
10%	1/3	D145	272.82	138.27	234.88	1740.43	1729.10	
		D146	288.58	145.77	249.54	1742.11		
		D147	284.35	142.86	245.46	1729.62		
		D148	279.62	142.07	240.00	1739.56		
		D149	282.17	139.36	242.55	1693.29		
		D150	285.08	143.59	245.46	1729.59		
10%	1/4	D151	278.61	135.09	237.40	1649.16	1675.97	
		D152	283.96	140.25	242.04	1679.21		
		D153	276.17	137.11	236.84	1698.08		
		D154	280.51	136.99	239.69	1665.07		
		D155	277.14	133.43	236.32	1639.53		
		D156	281.38	142.32	240.56	1724.75		
10%	1/5	D157	282.39	140.40	235.15	1651.13	1631.75	
		D158	292.52	145.02	244.69	1653.88		
		D159	297.41	138.96	244.69	1539.64		
		D160	279.24	137.25	236.64	1661.62		
		D161	295.61	138.13	243.02	1538.54		
		D162	245.08	126.44	207.73	1745.67		

Figura 101. Resultados de la densidad para las mezclas C2.

RESULTADOS GENERALES DE POROSIDAD DEL MORTERO

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	V	Porosidad (%)	Porosidad promedio (%)
P A T R O N	0	1/3	P1	311.16	166.05	273.49	145.11	25.96	25.78
			P2	323.59	171.00	286.24	152.59	24.48	
			P3	299.82	159.27	264.03	140.55	25.46	
			P4	300.33	163.08	264.06	137.25	26.43	
			P5	315.74	168.53	277.31	147.21	26.11	
			P6	308.40	165.09	270.80	143.31	26.24	
		1/4	P7	309.76	164.72	274.74	145.04	24.14	24.47
			P8	293.73	155.42	259.47	138.31	24.77	
			P9	311.52	165.31	274.74	146.21	25.16	
			P10	308.43	163.39	273.08	145.04	24.37	
			P11	296.39	150.18	261.04	146.21	24.18	
			P12	310.28	164.07	274.93	146.21	24.18	
		1/5	P13	305.10	164.58	268.95	140.52	25.73	25.30
			P14	276.25	150.23	244.35	126.02	25.31	
			P15	271.33	147.43	240.56	123.91	24.83	
			P16	277.65	153.56	246.50	124.09	25.10	
			P17	300.38	165.49	265.36	134.89	25.96	
			P18	274.28	150.38	243.51	123.91	24.83	

Figura 102. Resultados de la porosidad para las mezclas patrón

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	V	Porosidad (%)	Porosidad promedio (%)
RAPIMIX			P163	307.99	175.73	276.52	132.26	23.79	23.56
			P164	312.93	174.37	281.16	138.56	22.93	
			P165	306.99	166.83	273.04	140.16	24.22	
			P166	309.49	177.23	277.43	132.26	24.24	
			P167	308.34	170.78	276.28	137.56	23.31	
			P168	310.86	170.70	278.80	140.16	22.88	

Figura 103. Resultados de la porosidad para la mezcla RAPIMIX

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	V	Porosidad (%)	Porosidad promedio (%)
C1	3%	1/3	P19	294.56	156.57	259.66	137.99	25.29	25.41
			P20	282.45	149.17	248.52	133.28	25.46	
			P21	282.95	148.19	248.61	134.76	25.48	
			P22	290.38	152.39	255.99	137.99	24.92	
			P23	285.67	152.39	251.28	133.28	25.80	
		P24	292.13	157.37	257.74	134.76	25.52		
		P25	253.00	133.57	221.05	119.43	26.75	27.24	
		P26	254.76	134.45	221.32	120.31	27.79		
		P27	259.65	135.59	226.57	124.06	26.66		
		P28	255.26	135.83	222.44	119.43	27.48		
		P29	257.51	137.20	224.69	120.31	27.28		
		P30	256.23	136.80	223.41	119.43	27.48		
	P31	261.64	137.16	226.25	124.48	28.43	28.42		
	P32	256.67	134.85	222.24	121.82	28.26			
	P33	256.38	135.16	221.75	121.22	28.57			
	P34	258.25	133.77	223.43	124.48	27.97			
	P35	260.10	138.28	225.28	121.82	28.58			
	P36	259.73	138.51	224.91	121.22	28.72			
	P37	288.73	149.82	250.33	138.91	27.64	27.82		
	P38	292.49	155.22	253.21	137.27	28.62			
	P39	295.96	155.00	257.62	140.96	27.20			
	P40	291.38	152.47	252.71	138.91	27.84			
	P41	294.37	157.10	255.70	137.27	28.17			
	P42	289.61	148.65	250.94	140.96	27.44			
	P43	317.31	168.03	283.6	149.28	22.58	23.45		
	P44	323.92	167.10	286.28	156.82	24.00			
	P45	291.78	149.50	258.21	142.28	23.59			
	P46	308.23	164.24	273.52	144.00	24.11			
	P47	299.55	152.73	264.84	146.82	23.64			
	P48	319.31	167.03	284.6	152.28	22.79			
	P49	257.47	122.79	221.30	134.69	26.86	26.74		
	P50	246.50	124.85	215.04	121.65	25.86			
	P51	247.56	124.47	215.43	123.09	26.10			
	P52	250.38	116.70	216.13	133.69	25.62			
	P53	253.75	132.10	219.50	121.65	28.16			
	P54	249.61	126.52	215.36	123.09	27.83			
P55	261.95	131.09	225.86	130.86	27.58	28.18			
P56	251.26	126.01	216.49	125.26	27.76				
P57	252.32	129.83	217.51	122.50	28.42				
P58	258.57	134.71	223.35	123.86	28.44				
P59	254.61	129.36	219.39	125.26	28.12				
P60	257.39	134.90	222.17	122.50	28.75				
P61	264.99	126.50	218.09	138.49	33.87	33.05			
P62	286.19	138.00	237.40	148.19	32.92				
P63	274.19	132.77	227.06	141.42	33.33				
P64	265.34	130.85	221.73	134.49	32.42				
P65	272.61	124.42	225.00	148.19	32.13				
P66	284.85	143.43	237.24	141.42	33.66				
P67	278.23	128.21	230.00	150.02	32.15	30.62			
P68	244.69	116.34	203.02	128.35	32.47				
P69	242.60	107.89	200.61	134.71	31.17				
P70	254.72	104.70	210.76	150.02	29.30				
P71	261.55	111.53	217.59	150.02	29.30				
P72	270.43	120.41	226.47	150.02	29.30				
P73	239.84	118.59	209.98	121.25	24.63	25.08			
P74	237.39	116.75	206.20	120.64	25.85				
P75	236.84	123.76	209.42	113.08	24.25				
P76	240.55	119.91	210.06	120.64	25.27				
P77	245.61	124.97	215.12	120.64	25.27				
P78	258.32	137.24	227.83	121.08	25.18				
P79	272.71	127.32	225.90	145.39	32.20	32.51			
P80	268.04	120.45	221.50	147.59	31.53				
P81	268.56	130.04	221.74	138.52	33.80				
P82	270.37	122.78	223.65	147.59	31.66				
P83	269.20	130.68	222.48	138.52	33.73				
P84	271.45	126.06	224.73	145.39	32.14				
P85	250.49	112.32	203.49	138.17	34.02	33.81			
P86	251.46	119.25	206.27	132.21	34.18				
P87	246.75	120.26	203.77	126.49	33.98				
P88	249.33	117.12	205.61	132.21	33.07				
P89	250.27	123.78	206.55	126.49	34.57				
P90	251.58	119.37	207.86	132.21	33.07				

Figura 104. Resultados de la porosidad para las mezclas C1.

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso saturado (g)	Peso sumergido (g)	Peso seco (g)	V	Porosidad (%)	Porosidad promedio (%)
C2	3%	1/3	P91	267.84	141.72	236.71	126.12	24.68	24.17
			P92	268.29	142.31	238.08	125.98	23.98	
			P93	261.15	139.76	232.24	121.39	23.82	
			P94	265.37	139.39	235.29	125.98	23.88	
			P95	267.08	145.69	237.00	121.39	24.78	
			P96	266.54	140.56	236.46	125.98	23.88	
		1/4	P97	288.98	154.65	255.86	134.33	24.66	24.82
			P98	299.34	160.63	265.68	138.71	24.27	
			P99	284.98	152.76	250.69	132.22	25.93	
			P100	286.51	147.80	252.82	138.71	24.29	
			P101	289.67	157.45	255.98	132.22	25.48	
			P102	294.32	155.61	260.63	138.71	24.29	
		1/5	P103	300.59	162.80	263.46	137.79	26.95	26.59
			P104	292.80	156.35	255.85	136.45	27.08	
			P105	291.01	154.25	255.80	136.76	25.75	
			P106	297.36	160.91	260.93	136.45	26.70	
			P107	295.62	158.86	259.19	136.76	26.64	
			P108	299.40	161.61	262.97	137.79	26.44	
	5%	1/3	P109	262.87	137.45	229.30	125.43	26.76	27.01
			P110	261.83	135.84	227.83	125.99	26.99	
			P111	262.25	134.90	227.42	127.35	27.35	
			P112	261.56	135.57	227.99	125.99	26.65	
			P113	260.38	134.96	226.25	125.43	27.21	
			P114	262.77	136.78	228.64	125.99	27.09	
		1/4	P115	288.04	149.95	260.16	138.09	20.19	21.24
			P116	287.85	145.63	256.68	142.22	21.92	
			P117	270.82	140.97	243.46	129.86	21.07	
			P118	279.61	141.52	251.73	138.09	20.19	
			P119	283.40	139.18	252.93	144.22	21.13	
			P120	286.27	153.42	255.80	132.86	22.93	
		1/5	P121	289.08	146.50	256.19	142.58	23.07	23.35
			P122	289.36	147.60	256.17	141.76	23.41	
			P123	301.75	155.80	267.33	145.95	23.58	
			P124	295.47	152.89	262.58	142.58	23.07	
			P125	289.31	147.55	256.12	141.76	23.41	
			P126	294.62	148.67	260.20	145.95	23.58	
7%	1/3	P127	283.52	145.68	244.09	137.84	28.60	28.94	
		P128	271.21	139.48	233.23	131.73	28.83		
		P129	277.62	142.56	238.18	135.06	29.20		
		P130	279.36	141.52	239.93	137.84	28.60		
		P131	281.20	149.47	242.25	131.73	29.57		
		P132	280.73	145.67	241.78	135.06	28.84		
	1/4	P133	307.08	157.89	268.66	149.19	25.75	25.75	
		P134	303.13	157.09	265.44	146.04	25.81		
		P135	309.10	157.15	270.07	151.95	25.69		
		P136	306.28	157.09	267.90	149.19	25.73		
		P137	305.61	159.57	267.23	146.04	26.28		
		P138	304.72	152.77	266.34	151.95	25.26		
	1/5	P139	246.08	126.44	207.73	119.64	32.05	31.73	
		P140	245.32	125.26	207.40	120.06	31.59		
		P141	249.50	126.61	210.73	122.89	31.55		
		P142	248.37	128.73	210.02	119.64	32.05		
		P143	246.62	126.56	208.27	120.06	31.94		
		P144	247.15	124.26	208.80	122.89	31.20		
10%	1/3	P145	272.82	138.27	234.88	134.55	28.20	27.93	
		P146	288.58	145.77	249.54	142.81	27.34		
		P147	284.35	142.86	245.46	141.49	27.49		
		P148	279.62	142.07	240.00	137.55	28.81		
		P149	282.17	139.36	242.55	142.81	27.75		
		P150	285.08	143.59	245.46	141.49	28.00		
	1/4	P151	278.61	135.09	237.40	143.52	28.71	28.73	
		P152	283.96	140.25	242.04	143.71	29.17		
		P153	276.17	137.11	236.84	139.06	28.28		
		P154	280.51	136.99	239.69	143.52	28.44		
		P155	277.14	133.43	236.32	143.71	28.41		
		P156	281.38	142.32	240.56	139.06	29.35		
	1/5	P157	282.39	140.40	235.15	141.99	33.27	32.31	
		P158	292.52	145.02	244.69	147.51	32.43		
		P159	297.41	138.96	244.69	158.45	33.27		
		P160	279.24	137.25	236.64	141.99	30.00		
		P161	295.61	138.13	243.02	157.48	33.40		
		P162	245.08	126.44	207.73	118.64	31.48		

Figura 105. Resultados de la porosidad para las mezclas C2

RESULTADOS GENERALES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia promedio (Kg/cm2)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				
P A T R O N	0	1/3	RC1	52.00	52.00	50.00	2704.00	47.00	177.12	173.68
			RC2	52.00	52.00	50.00	2704.00	45.20	170.34	
			RC3	51.00	52.00	50.00	2652.00	47.80	183.67	
			RC4	51.00	51.00	50.00	2601.00	44.00	172.38	
			RC5	51.00	52.00	50.00	2652.00	43.30	166.38	
			RC6	50.00	51.00	50.00	2550.00	43.10	172.23	
	1/4	RC7	51.00	51.00	50.00	2601.00	37.20	145.74	143.89	
		RC8	50.00	51.00	50.00	2550.00	38.10	152.25		
		RC9	50.00	52.00	50.00	2600.00	35.30	138.35		
		RC10	52.00	51.00	50.00	2652.00	35.70	137.17		
		RC11	52.00	51.00	50.00	2652.00	37.90	145.63		
		RC12	51.00	51.00	50.00	2601.00	36.80	144.17		
	1/5	RC13	51.00	52.00	50.00	2652.00	25.80	99.13	101.86	
		RC14	50.00	51.00	50.00	2550.00	25.70	102.70		
		RC15	50.00	50.00	50.00	2500.00	24.60	100.27		
		RC16	51.00	51.00	50.00	2601.00	26.40	103.43		
		RC17	52.00	52.00	50.00	2704.00	27.10	102.13		
		RC18	51.00	50.00	50.00	2550.00	25.90	103.50		

Figura 106. Resultados de la resistencia a la compresión para las mezclas patrón

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia promedio (Kg/cm2)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				
RAPIMIX			RC163	50.00	52.00	50.00	2600.00	38.00	148.93	142.31
			RC164	50.00	51.00	50.00	2550.00	34.50	137.86	
			RC165	52.00	50.00	50.00	2600.00	38.40	150.50	
			RC166	51.00	51.00	50.00	2601.00	35.60	139.47	
			RC167	51.00	52.00	50.00	2652.00	35.20	135.25	
			RC168	51.00	50.00	50.00	2550.00	35.50	141.86	

Figura 107. Resultados de la resistencia a la compresión para la mezcla RAPIMIX

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia promedio (Kg/cm2)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				
C1	3%	1/3	RC19	50.00	50.00	50.00	2500.00	47.90	195.24	189.88
			RC20	50.00	51.00	50.00	2550.00	45.90	183.42	
			RC21	51.00	51.00	50.00	2601.00	49.60	194.32	
			RC22	50.00	50.00	50.00	2500.00	47.30	192.79	
			RC23	52.00	52.00	50.00	2704.00	48.50	182.77	
			RC24	50.00	50.00	50.00	2500.00	46.80	190.76	
	3%	1/4	RC25	52.00	50.00	50.00	2600.00	36.50	143.05	150.65
			RC26	51.00	50.00	50.00	2550.00	37.20	148.65	
			RC27	52.00	50.00	50.00	2600.00	36.40	142.66	
			RC28	51.00	52.00	50.00	2652.00	41.30	158.69	
			RC29	52.00	51.00	50.00	2652.00	40.10	154.08	
			RC30	52.00	51.00	50.00	2652.00	40.80	156.77	
	3%	1/5	RC31	51.00	51.00	50.00	2601.00	19.80	77.57	81.28
			RC32	52.00	51.00	50.00	2652.00	20.60	79.15	
			RC33	51.00	50.00	50.00	2550.00	20.30	81.12	
			RC34	51.00	51.00	50.00	2601.00	20.60	80.71	
			RC35	52.00	52.00	50.00	2704.00	22.40	84.41	
			RC36	51.00	50.00	50.00	2550.00	21.20	84.72	
	5%	1/3	RC37	50.00	50.00	50.00	2500.00	45.30	184.64	186.40
			RC38	50.00	50.00	50.00	2500.00	47.20	192.39	
			RC39	51.00	52.00	50.00	2652.00	49.30	189.43	
			RC40	51.00	52.00	50.00	2652.00	48.70	187.12	
			RC41	50.00	50.00	50.00	2500.00	45.60	185.87	
			RC42	50.00	50.00	50.00	2500.00	43.90	178.94	
	5%	1/4	RC43	50.00	50.00	50.00	2500.00	29.10	118.61	125.02
			RC44	50.00	52.00	50.00	2600.00	31.00	121.50	
			RC45	52.00	51.00	50.00	2652.00	34.70	133.33	
			RC46	51.00	50.00	50.00	2550.00	32.60	130.27	
			RC47	52.00	52.00	50.00	2704.00	32.50	122.48	
			RC48	50.00	50.00	50.00	2500.00	30.40	123.91	
	5%	1/5	RC49	51.00	51.00	50.00	2601.00	18.30	71.69	73.98
			RC50	51.00	50.00	50.00	2550.00	19.80	79.12	
			RC51	52.00	52.00	50.00	2704.00	20.30	76.50	
			RC52	52.00	51.00	50.00	2652.00	18.10	69.55	
			RC53	51.00	51.00	50.00	2601.00	18.50	72.48	
			RC54	51.00	52.00	50.00	2652.00	19.40	74.54	
7%	1/3	RC55	50.00	51.00	50.00	2550.00	41.80	167.04	154.91	
		RC56	50.00	51.00	50.00	2550.00	35.70	142.66		
		RC57	51.00	50.00	50.00	2550.00	34.70	138.66		
		RC58	51.00	52.00	50.00	2652.00	39.50	151.77		
		RC59	52.00	51.00	50.00	2652.00	43.60	167.53		
		RC60	51.00	51.00	50.00	2601.00	41.30	161.80		
7%	1/4	RC61	50.00	50.00	50.00	2500.00	17.10	69.70	75.31	
		RC62	51.00	51.00	50.00	2601.00	18.50	72.48		
		RC63	50.70	51.00	50.00	2585.70	20.70	81.58		
		RC64	50.00	52.00	50.00	2600.00	18.10	70.94		
		RC65	50.90	51.00	50.00	2595.90	21.30	83.61		
		RC66	51.00	50.00	50.00	2550.00	18.40	73.53		
7%	1/5	RC67	52.00	51.00	50.00	2652.00	13.90	53.41	53.59	
		RC68	51.00	52.00	50.00	2652.00	13.20	50.72		
		RC69	51.00	50.00	50.00	2550.00	14.40	57.54		
		RC70	51.00	51.00	50.00	2601.00	13.60	53.28		
		RC71	52.00	51.00	50.00	2652.00	13.60	52.26		
		RC72	51.00	50.00	50.00	2550.00	13.60	54.35		
10%	1/3	RC73	52.00	50.00	50.00	2600.00	31.90	125.02	116.56	
		RC74	50.00	51.00	50.00	2550.00	30.60	122.28		
		RC75	51.00	51.00	50.00	2601.00	29.40	115.18		
		RC76	51.00	52.00	50.00	2652.00	29.90	114.89		
		RC77	51.00	51.00	50.00	2601.00	28.00	109.70		
		RC78	50.00	51.00	50.00	2550.00	28.10	112.29		
10%	1/4	RC79	51.00	51.00	50.00	2601.00	19.10	74.83	79.11	
		RC80	50.00	50.00	50.00	2500.00	19.00	77.44		
		RC81	52.00	50.00	50.00	2600.00	22.20	87.01		
		RC82	51.00	50.00	50.00	2550.00	19.60	78.32		
		RC83	51.00	51.00	50.00	2601.00	19.90	77.96		
		RC84	50.00	51.00	50.00	2550.00	19.80	79.12		
10%	1/5	RC85	50.00	51.00	50.00	2550.00	18.20	72.73	71.41	
		RC86	51.00	51.00	50.00	2601.00	18.10	70.91		
		RC87	50.00	50.00	50.00	2500.00	17.20	70.11		
		RC88	52.00	51.00	50.00	2652.00	19.10	73.39		
		RC89	50.00	51.00	50.00	2550.00	18.60	74.33		
		RC90	52.00	50.00	50.00	2600.00	17.10	67.02		

Figura 108. Resultados de la resistencia a la compresión para las mezclas C1.

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia promedio (Kg/cm2)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				
C2	3%	1/3	RC91	51.00	51.00	50.00	2601.00	54.30	212.73	204.44
			RC92	52.00	51.00	50.00	2652.00	53.90	207.10	
			RC93	50.00	51.00	50.00	2550.00	53.80	214.99	
			RC94	51.00	51.00	50.00	2601.00	52.50	205.68	
			RC95	51.00	52.00	50.00	2652.00	51.30	197.11	
			RC96	52.00	51.00	50.00	2652.00	49.20	189.05	
	1/4	RC97	52.00	52.00	50.00	2704.00	42.30	159.41	165.35	
		RC98	51.00	50.00	50.00	2550.00	43.20	172.63		
		RC99	52.00	51.00	50.00	2652.00	43.90	168.68		
		RC100	51.00	52.00	50.00	2652.00	43.10	165.61		
		RC101	51.00	50.00	50.00	2550.00	41.80	167.04		
		RC102	50.00	52.00	50.00	2600.00	40.50	158.73		
	1/5	RC103	51.00	50.00	50.00	2550.00	30.10	120.28	117.47	
		RC104	50.00	51.00	50.00	2550.00	29.40	117.48		
		RC105	50.00	51.00	50.00	2550.00	28.60	114.29		
		RC106	51.00	52.00	50.00	2652.00	30.60	117.58		
		RC107	52.00	51.00	50.00	2652.00	30.20	116.04		
		RC108	50.00	52.00	50.00	2600.00	30.40	119.14		
	5%	1/3	RC109	51.00	51.00	50.00	2601.00	50.90	199.41	191.91
			RC110	51.00	51.00	50.00	2601.00	50.20	196.67	
			RC111	51.00	51.00	50.00	2601.00	48.70	190.79	
			RC112	50.00	52.00	50.00	2600.00	46.60	182.64	
			RC113	51.00	51.00	50.00	2601.00	47.90	187.66	
			RC114	51.00	51.00	50.00	2601.00	49.60	194.32	
	1/4	RC115	51.00	50.00	50.00	2550.00	38.60	154.25	148.27	
		RC116	52.00	52.00	50.00	2704.00	35.30	133.03		
		RC117	50.00	51.00	50.00	2550.00	37.30	149.05		
		RC118	51.00	50.00	50.00	2550.00	39.20	156.65		
		RC119	50.00	51.00	50.00	2550.00	36.20	144.66		
		RC120	51.00	51.00	50.00	2601.00	38.80	152.01		
	1/5	RC121	50.00	51.00	50.00	2550.00	24.30	97.10	100.64	
		RC122	50.00	50.00	50.00	2500.00	26.90	109.64		
RC123		52.00	51.00	50.00	2652.00	25.50	97.98			
RC124		50.00	50.00	50.00	2500.00	24.70	100.68			
RC125		50.00	50.00	50.00	2500.00	23.40	95.38			
RC126		52.00	50.00	50.00	2600.00	26.30	103.08			
7%	1/3	RC127	51.00	52.00	50.00	2652.00	39.20	150.62	145.20	
		RC128	52.00	51.00	50.00	2652.00	37.00	142.17		
		RC129	51.00	50.00	50.00	2550.00	38.40	153.45		
		RC130	51.00	51.00	50.00	2601.00	37.90	148.48		
		RC131	52.00	51.00	50.00	2652.00	34.30	131.79		
		RC132	50.00	51.00	50.00	2550.00	36.20	144.66		
1/4	RC133	50.00	51.00	50.00	2550.00	46.60	186.22	182.33		
	RC134	52.00	51.00	50.00	2652.00	45.40	174.44			
	RC135	51.00	52.00	50.00	2652.00	43.90	168.68			
	RC136	51.00	50.00	50.00	2550.00	47.70	190.61			
	RC137	51.00	52.00	50.00	2652.00	48.50	186.36			
	RC138	51.00	51.00	50.00	2601.00	47.90	187.66			
1/5	RC139	51.00	52.00	50.00	2652.00	19.00	73.01	76.27		
	RC140	52.00	51.00	50.00	2652.00	20.70	79.54			
	RC141	52.00	51.00	50.00	2652.00	18.60	71.47			
	RC142	52.00	51.00	50.00	2652.00	19.70	75.69			
	RC143	51.00	51.00	50.00	2601.00	19.90	77.96			
	RC144	51.00	51.00	50.00	2601.00	20.40	79.92			
10%	1/3	RC145	50.00	52.00	50.00	2600.00	38.40	150.50	145.53	
		RC146	50.00	51.00	50.00	2550.00	36.70	146.66		
		RC147	51.00	51.00	50.00	2601.00	35.40	138.69		
		RC148	50.00	50.00	50.00	2500.00	38.10	155.30		
		RC149	50.00	52.00	50.00	2600.00	35.50	139.13		
		RC150	52.00	51.00	50.00	2652.00	37.20	142.94		
1/4	RC151	51.00	50.00	50.00	2550.00	31.60	126.28	116.71		
	RC152	50.00	51.00	50.00	2550.00	28.80	115.09			
	RC153	51.00	52.00	50.00	2652.00	30.90	118.73			
	RC154	51.00	50.00	50.00	2550.00	27.80	111.09			
	RC155	51.00	50.00	50.00	2550.00	28.60	114.29			
	RC156	51.00	51.00	50.00	2601.00	29.30	114.79			
1/5	RC157	51.00	51.00	50.00	2601.00	19.60	76.79	73.32		
	RC158	51.00	50.00	50.00	2550.00	18.50	73.93			
	RC159	50.00	51.00	50.00	2550.00	18.00	71.93			
	RC160	50.00	50.00	50.00	2500.00	19.00	77.44			
	RC161	50.00	50.00	50.00	2500.00	17.40	70.92			
	RC162	50.00	50.00	50.00	2500.00	16.90	68.88			

Figura 109. Resultados de la resistencia a la compresión para las mezclas C2.

RESULTADOS GENERALES DE DURABILIDAD POR PÉRDIDA DE MASA DEL MORTERO

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso seco (g)	Peso seco después del proceso (g)	Pérdida de masa (g)	Pérdida de masa (%)	Pérdida de masa promedio (%)
P A T R O N	0	1/3	PM1	284.36	262.92	21.44	7.54	7.32
			PM2	302.07	280.30	21.77	7.21	
			PM3	309.12	287.62	21.50	6.96	
			PM4	274.33	252.72	21.61	7.88	
			PM5	289.92	268.81	21.11	7.28	
			PM6	280.79	261.03	19.76	7.04	
		1/4	PM7	296.32	274.45	21.87	7.38	7.48
			PM8	313.50	289.71	23.79	7.59	
			PM9	292.84	271.80	21.04	7.18	
			PM10	292.53	270.63	21.90	7.49	
			PM11	306.22	282.68	23.54	7.69	
			PM12	289.22	267.32	21.90	7.57	
		1/5	PM13	247.32	225.48	21.84	8.83	8.50
			PM14	247.94	228.11	19.83	8.00	
			PM15	250.45	228.34	22.11	8.83	
			PM16	251.72	230.33	21.39	8.50	
			PM17	250.12	229.22	20.90	8.36	
			PM18	249.65	228.48	21.17	8.48	

Figura 110. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para las mezclas patrón

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso seco (g)	Peso seco después del proceso (g)	Pérdida de masa (g)	Pérdida de masa (%)	Pérdida de masa promedio (%)
RAPIMIX			PM163	289.68	274.97	14.71	5.08	4.81
			PM164	279.39	265.58	13.81	4.94	
			PM165	275.83	262.33	13.50	4.89	
			PM166	283.60	270.18	13.42	4.73	
			PM167	287.07	274.45	12.62	4.40	
			PM168	277.43	264.07	13.36	4.82	

Figura 111. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para la mezcla RAPIMIX

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso seco (g)	Peso seco después del proceso (g)	Pérdida de masa (g)	Pérdida de masa (%)	Pérdida de masa promedio (%)
C1	3%	1/3	PM19	264.22	252.95	11.27	4.27	4.46
			PM20	271.69	260.14	11.55	4.25	
			PM21	260.40	247.57	12.83	4.93	
			PM22	265.28	253.71	11.57	4.36	
			PM23	269.36	257.47	11.89	4.41	
			PM24	270.73	258.39	12.34	4.56	
	3%	1/4	PM25	251.78	239.97	11.81	4.69	5.07
			PM26	243.43	231.10	12.33	5.07	
			PM27	239.22	226.83	12.39	5.18	
			PM28	246.55	233.64	12.91	5.24	
			PM29	248.08	235.46	12.62	5.09	
			PM30	245.86	233.18	12.68	5.16	
	3%	1/5	PM31	238.16	230.34	7.82	3.28	3.07
			PM32	243.17	235.72	7.45	3.06	
			PM33	259.64	251.64	8.00	3.08	
			PM34	252.36	245.15	7.21	2.86	
			PM35	249.28	241.39	7.89	3.17	
			PM36	240.61	233.52	7.09	2.95	
	5%	1/3	PM37	259.31	250.68	8.63	3.33	3.53
			PM38	259.81	250.13	9.68	3.73	
			PM39	261.20	251.56	9.64	3.69	
			PM40	260.35	251.55	8.80	3.38	
			PM41	259.62	250.72	8.90	3.43	
			PM42	261.83	252.33	9.50	3.63	
	5%	1/4	PM43	258.43	251.75	6.68	2.58	2.49
			PM44	255.67	249.63	6.04	2.36	
			PM45	263.62	257.21	6.41	2.43	
			PM46	257.38	251.30	6.08	2.36	
			PM47	259.14	252.42	6.72	2.59	
			PM48	261.50	254.75	6.75	2.58	
	5%	1/5	PM49	251.27	247.50	3.77	1.50	1.49
			PM50	226.91	223.72	3.19	1.41	
			PM51	223.99	220.43	3.56	1.59	
			PM52	235.12	231.62	3.50	1.49	
			PM53	248.45	244.61	3.84	1.55	
			PM54	242.73	239.34	3.39	1.40	
7%	1/3	PM55	231.64	221.72	9.92	4.28	4.16	
		PM56	240.71	230.56	10.15	4.22		
		PM57	260.57	250.52	10.05	3.86		
		PM58	251.68	241.32	10.36	4.12		
		PM59	238.10	227.61	10.49	4.41		
		PM60	249.27	239.15	10.12	4.06		
7%	1/4	PM61	251.00	239.20	11.80	4.70	4.79	
		PM62	249.99	237.24	12.75	5.10		
		PM63	243.64	232.20	11.44	4.70		
		PM64	247.32	235.54	11.78	4.76		
		PM65	250.78	238.60	12.18	4.86		
		PM66	245.05	233.75	11.30	4.61		
7%	1/5	PM67	220.57	212.29	8.28	3.75	4.12	
		PM68	227.57	218.22	9.35	4.11		
		PM69	222.54	213.07	9.47	4.26		
		PM70	225.32	216.14	9.18	4.07		
		PM71	223.70	214.57	9.13	4.08		
		PM72	221.32	211.48	9.84	4.45		
10%	1/3	PM73	224.94	217.83	7.11	3.16	3.42	
		PM74	221.28	213.35	7.93	3.58		
		PM75	220.09	212.85	7.24	3.29		
		PM76	222.18	214.52	7.66	3.45		
		PM77	220.76	213.07	7.69	3.48		
		PM78	223.37	215.44	7.93	3.55		
10%	1/4	PM79	248.98	236.59	12.39	4.98	4.68	
		PM80	251.31	238.87	12.44	4.95		
		PM81	238.55	227.85	10.70	4.49		
		PM82	245.76	234.27	11.49	4.68		
		PM83	249.05	238.13	10.92	4.38		
		PM84	243.85	232.59	11.26	4.62		
10%	1/5	PM85	215.93	205.58	10.35	4.79	4.54	
		PM86	220.29	210.49	9.80	4.45		
		PM87	217.17	206.96	10.21	4.70		
		PM88	216.62	207.36	9.26	4.27		
		PM89	219.54	210.10	9.44	4.30		
		PM90	220.85	210.42	10.43	4.72		

Figura 112. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para las mezclas C1.

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Peso seco (g)	Peso seco después del proceso (g)	Pérdida de masa (g)	Pérdida de masa (%)	Pérdida de masa promedio (%)	
C2	3%	1/3	PM91	238.60	230.39	8.21	3.44	3.37	
			PM92	263.76	254.58	9.18	3.48		
			PM93	239.16	231.71	7.45	3.12		
			PM94	251.32	242.82	8.50	3.38		
			PM95	248.70	239.85	8.85	3.56		
		PM96	257.49	249.10	8.39	3.26			
		1/4	PM97	278.82	265.29	13.53	4.85	5.07	
			PM98	282.23	266.68	15.55	5.51		
			PM99	270.01	256.51	13.50	5.00		
			PM100	275.32	261.22	14.10	5.12		
	PM101		280.19	266.57	13.62	4.86			
	PM102	277.50	263.39	14.11	5.08				
	1/5	PM103	270.05	260.42	9.63	3.57	3.68		
		PM104	277.85	268.10	9.75	3.51			
		PM105	275.50	265.38	10.12	3.67			
		PM106	273.42	263.05	10.37	3.79			
		PM107	276.70	266.14	10.56	3.82			
		PM108	270.57	260.43	10.14	3.75			
		PM109	244.86	238.12	6.74	2.75		2.60	
		PM110	237.80	231.45	6.35	2.67			
	PM111	238.40	232.61	5.79	2.43				
	PM112	240.28	234.08	6.20	2.58				
	PM113	243.72	237.27	6.45	2.65				
	PM114	241.41	235.36	6.05	2.51				
	5%	PM115	262.64	254.27	8.37	3.19	3.03		
		PM116	257.69	249.76	7.93	3.08			
		PM117	257.74	250.58	7.16	2.78			
		PM118	259.48	251.82	7.66	2.95			
		PM119	261.24	253.13	8.11	3.10			
		PM120	262.07	253.92	8.15	3.11			
		1/5	PM121	256.24	248.69	7.55		2.95	3.00
			PM122	263.72	256.25	7.47		2.83	
PM123	271.82		263.80	8.02	2.95				
PM124	268.37		260.18	8.19	3.05				
PM125	259.75		251.73	8.02	3.09				
PM126	262.08		253.93	8.15	3.11				
7%	1/3	PM127	267.81	255.42	12.39	4.63	4.50		
		PM128	257.94	247.11	10.83	4.20			
		PM129	267.46	254.75	12.71	4.75			
		PM130	262.32	250.05	12.27	4.68			
		PM131	259.75	248.27	11.48	4.42			
		PM132	265.10	253.71	11.39	4.30			
	1/4	PM133	272.71	260.57	12.14	4.45	4.46		
		PM134	272.09	260.53	11.56	4.25			
		PM135	272.16	260.33	11.83	4.35			
		PM136	271.85	259.25	12.60	4.63			
		PM137	272.37	260.21	12.16	4.46			
		PM138	270.52	258.07	12.45	4.60			
1/5	PM139	243.96	235.04	8.92	3.66	3.69			
	PM140	243.23	234.32	8.91	3.66				
	PM141	244.06	235.16	8.90	3.65				
	PM142	242.35	233.40	8.95	3.69				
	PM143	244.72	235.70	9.02	3.69				
	PM144	241.68	232.55	9.13	3.78				
	PM145	245.09	237.47	7.62	3.11		3.19		
	PM146	260.57	252.01	8.56	3.29				
PM147	235.36	228.50	6.86	2.91					
PM148	252.62	244.51	8.11	3.21					
PM149	257.81	249.37	8.44	3.27					
PM150	259.43	250.75	8.68	3.35					
10%	1/4	PM151	238.72	236.80	1.92	0.80		0.82	
		PM152	240.52	238.59	1.93	0.80			
		PM153	245.64	243.56	2.08	0.85			
		PM154	243.68	241.62	2.06	0.85			
		PM155	241.30	239.42	1.88	0.78			
		PM156	239.75	237.80	1.95	0.81			
	1/5	PM157	237.43	232.38	5.05	2.13	2.10		
		PM158	234.99	230.12	4.87	2.07			
		PM159	239.12	234.36	4.76	1.99			
		PM160	235.81	230.59	5.22	2.21			
PM161	238.07	233.29	4.78	2.01	2.10				
PM162	236.24	231.06	5.18	2.19					

Figura 113. Resultados de durabilidad por pérdida de masa para las mezclas C2.

RESULTADOS GENERALES DE DURABILIDAD EN COMPARACIÓN CON SU R. COMP. DEL MORTERO

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		Δf_m (%)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				f_{md}	f_{mc}	
P A T R O N	0	1/3	RCD1	51.00	52.00	50.00	2652.00	30.60	117.58	113.88	173.68	34.43%
			RCD2	52.00	51.00	50.00	2652.00	30.10	115.66			
			RCD3	52.00	51.00	50.00	2652.00	27.50	105.67			
			RCD4	52.00	52.00	50.00	2704.00	28.80	108.53			
			RCD5	50.00	52.00	50.00	2600.00	30.10	117.97			
			RCD6	50.00	51.00	50.00	2550.00	29.50	117.88			
	0	1/4	RCD7	50.00	51.00	50.00	2550.00	19.60	78.32	83.90	143.89	41.69%
			RCD8	50.00	51.00	50.00	2550.00	21.90	87.51			
			RCD9	51.00	50.00	50.00	2550.00	22.30	89.11			
			RCD10	50.00	51.00	50.00	2550.00	20.10	80.32			
			RCD11	51.00	51.00	50.00	2601.00	22.10	86.58			
			RCD12	50.00	51.00	50.00	2550.00	20.40	81.52			
	0	1/5	RCD13	51.00	50.00	50.00	2550.00	15.60	62.34	60.09	101.86	41.01%
			RCD14	51.00	51.00	50.00	2601.00	14.00	54.85			
			RCD15	50.00	50.00	50.00	2500.00	14.50	59.10			
			RCD16	50.00	50.00	50.00	2500.00	15.30	62.36			
			RCD17	50.00	51.00	50.00	2550.00	14.40	57.54			
			RCD18	51.00	50.00	50.00	2550.00	16.10	64.34			

Figura 114. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para las mezclas patrón

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		Δf_m (%)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				f_{md}	f_{mc}	
RAPIMIX			RCD163	50.00	51.00	50.00	2550.00	28.10	112.29	112.22	142.31	21.14%
			RCD164	50.00	51.00	50.00	2550.00	27.40	109.49			
			RCD165	51.00	52.00	50.00	2652.00	29.40	112.97			
			RCD166	51.00	51.00	50.00	2601.00	29.10	114.01			
			RCD167	51.00	50.00	50.00	2550.00	28.70	114.69			
			RCD168	51.00	50.00	50.00	2550.00	27.50	109.89			

Figura 115. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para la mezcla RAPIMIX

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		Δf_m (%)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				f_{md}	f_{mc}	
CI	3%	1/3	RCD19	51.00	52.00	50.00	2652.00	38.40	147.55	146.27	189.88	22.97%
			RCD20	51.00	52.00	50.00	2652.00	35.50	136.40			
			RCD21	51.00	51.00	50.00	2601.00	36.00	141.04			
			RCD22	50.00	51.00	50.00	2550.00	39.50	157.85			
			RCD23	52.00	52.00	50.00	2704.00	38.30	144.33			
			RCD24	51.00	51.00	50.00	2601.00	38.40	150.44			
		RCD25	52.00	51.00	50.00	2652.00	29.60	113.73	124.33	150.65	17.47%	
		RCD26	51.00	51.00	50.00	2601.00	30.40	119.10				
		RCD27	51.00	52.00	50.00	2652.00	32.00	122.96				
		RCD28	51.00	50.00	50.00	2550.00	32.60	130.27				
		RCD29	50.00	51.00	50.00	2550.00	32.30	129.07				
		RCD30	50.00	50.00	50.00	2500.00	32.10	130.84				
		RCD31	52.00	51.00	50.00	2652.00	18.20	69.93	65.58	81.28	19.32%	
		RCD32	52.00	50.00	50.00	2600.00	16.40	64.28				
		RCD33	51.00	52.00	50.00	2652.00	15.50	59.56				
		RCD34	50.00	51.00	50.00	2550.00	16.60	66.33				
		RCD35	52.00	52.00	50.00	2704.00	17.20	64.82				
		RCD36	51.00	51.00	50.00	2601.00	17.50	68.56				
	RCD37	51.00	51.00	50.00	2601.00	50.50	197.85	202.65	186.40	-8.72%		
	RCD38	50.00	50.00	50.00	2500.00	50.10	204.21					
	RCD39	52.00	52.00	50.00	2704.00	53.50	201.61					
	RCD40	50.00	52.00	50.00	2600.00	49.50	194.00					
	RCD41	51.00	51.00	50.00	2601.00	52.80	206.86					
	RCD42	51.00	50.00	50.00	2550.00	52.90	211.39					
	RCD43	50.00	52.00	50.00	2600.00	28.50	111.70	108.64	125.02	13.10%		
	RCD44	51.00	52.00	50.00	2652.00	29.10	111.81					
	RCD45	50.00	52.00	50.00	2600.00	25.20	98.76					
	RCD46	51.00	51.00	50.00	2601.00	27.60	108.13					
	RCD47	51.00	52.00	50.00	2652.00	27.50	105.67					
	RCD48	50.00	50.00	50.00	2500.00	28.40	115.76					
	RCD49	51.00	51.00	50.00	2601.00	14.60	57.20	57.74	73.98	21.95%		
	RCD50	51.50	50.00	50.00	2575.00	15.30	60.55					
	RCD51	52.00	52.00	50.00	2704.00	14.50	54.64					
	RCD52	52.00	51.00	50.00	2652.00	14.10	54.18					
	RCD53	51.00	51.00	50.00	2601.00	15.50	60.72					
	RCD54	51.00	52.00	50.00	2652.00	15.40	59.17					
	RCD55	52.00	51.00	50.00	2652.00	35.50	136.40	133.86	154.91	13.59%		
	RCD56	52.00	52.00	50.00	2704.00	33.70	127.00					
	RCD57	52.00	51.00	50.00	2652.00	35.70	137.17					
	RCD58	51.00	50.00	50.00	2550.00	33.50	133.87					
	RCD59	51.00	51.00	50.00	2601.00	33.60	131.64					
	RCD60	51.00	50.00	50.00	2550.00	34.30	137.07					
	RCD61	50.00	52.00	50.00	2600.00	14.00	54.87	59.30	75.31	21.25%		
	RCD62	51.00	52.00	50.00	2652.00	16.00	61.48					
	RCD63	50.00	52.00	50.00	2600.00	15.40	60.36					
	RCD64	52.00	52.00	50.00	2704.00	15.30	57.66					
	RCD65	50.00	50.00	50.00	2500.00	14.20	57.88					
	RCD66	50.00	50.00	50.00	2500.00	15.60	63.59					
	RCD67	52.00	51.00	50.00	2652.00	10.30	39.58	43.10	53.59	19.58%		
	RCD68	52.00	51.00	50.00	2652.00	11.20	43.03					
	RCD69	52.00	52.00	50.00	2704.00	12.10	45.60					
	RCD70	52.00	52.00	50.00	2704.00	11.80	44.47					
	RCD71	51.00	51.00	50.00	2601.00	10.90	42.70					
	RCD72	50.00	50.00	50.00	2500.00	10.60	43.21					
	RCD73	52.00	51.00	50.00	2652.00	23.20	89.14	90.70	116.56	22.18%		
	RCD74	51.00	51.00	50.00	2601.00	22.00	86.19					
	RCD75	52.00	51.00	50.00	2652.00	24.10	92.60					
	RCD76	52.00	52.00	50.00	2704.00	22.80	85.92					
	RCD77	50.00	50.00	50.00	2500.00	23.00	93.75					
	RCD78	50.00	50.00	50.00	2500.00	23.70	96.60					
	RCD79	50.00	50.00	50.00	2500.00	14.10	57.47	59.18	79.11	25.20%		
	RCD80	52.00	52.00	50.00	2704.00	15.90	59.92					
	RCD81	52.00	52.00	50.00	2704.00	16.60	62.56					
	RCD82	51.00	51.00	50.00	2601.00	14.50	56.81					
	RCD83	51.00	51.00	50.00	2601.00	15.90	62.29					
	RCD84	51.00	51.00	50.00	2601.00	14.30	56.02					
	RCD85	52.00	52.00	50.00	2704.00	11.40	42.96	44.37	71.41	37.87%		
	RCD86	51.00	51.00	50.00	2601.00	11.60	45.45					
	RCD87	51.00	51.00	50.00	2601.00	11.30	44.27					
	RCD88	51.00	51.00	50.00	2601.00	11.20	43.88					
	RCD89	50.00	50.00	50.00	2500.00	10.80	44.02					
	RCD90	50.00	50.00	50.00	2500.00	11.20	45.65					

Figura 116. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para las mezclas CI.

TAMAÑO	CCA (%)	R C/A	Código	Dimensiones			Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		Δf_m (%)
				A (mm)	L (mm)	H (mm)				f_{md}	f_{nc}	
C2	3%	1/3	RCD91	51.00	52.00	50.00	2652.00	48.40	185.97	188.07	204.44	8.01%
			RCD92	51.00	50.00	50.00	2550.00	47.60	190.21			
			RCD93	51.00	50.00	50.00	2550.00	49.90	199.40			
			RCD94	51.00	51.00	50.00	2601.00	47.80	187.27			
			RCD95	51.00	51.00	50.00	2601.00	48.20	188.83			
			RCD96	52.00	52.00	50.00	2704.00	46.90	176.74			
	3%	1/4	RCD97	52.00	52.00	50.00	2704.00	34.60	130.39	132.78	165.35	19.70%
			RCD98	52.00	52.00	50.00	2704.00	33.80	127.38			
			RCD99	50.00	51.00	50.00	2550.00	35.90	143.46			
			RCD100	50.00	51.00	50.00	2550.00	33.70	134.67			
			RCD101	52.00	52.00	50.00	2704.00	35.70	134.54			
			RCD102	52.00	52.00	50.00	2704.00	33.50	126.24			
	3%	1/5	RCD103	51.00	52.00	50.00	2652.00	28.10	107.97	109.11	117.47	7.12%
			RCD104	50.00	52.00	50.00	2600.00	28.30	110.91			
			RCD105	51.00	50.00	50.00	2550.00	28.20	112.69			
			RCD106	51.00	52.00	50.00	2652.00	27.80	106.82			
			RCD107	51.00	51.00	50.00	2601.00	27.20	106.56			
			RCD108	51.00	51.00	50.00	2601.00	28.00	109.70			
	5%	1/3	RCD109	51.00	51.00	50.00	2601.00	53.30	208.81	217.31	191.91	-13.23%
			RCD110	52.00	51.00	50.00	2652.00	56.70	217.86			
			RCD111	52.00	51.00	50.00	2652.00	56.90	218.63			
			RCD112	50.00	50.00	50.00	2500.00	54.60	222.55			
			RCD113	50.00	51.00	50.00	2550.00	53.80	214.99			
			RCD114	51.00	50.00	50.00	2550.00	55.30	220.98			
	5%	1/4	RCD115	51.00	52.00	50.00	2652.00	29.10	111.81	115.89	148.27	21.84%
			RCD116	51.00	52.00	50.00	2652.00	28.20	108.36			
			RCD117	50.00	52.00	50.00	2600.00	31.30	122.67			
			RCD118	50.00	50.00	50.00	2500.00	29.60	120.65			
			RCD119	50.00	50.00	50.00	2500.00	29.20	119.02			
			RCD120	51.00	51.00	50.00	2601.00	28.80	112.83			
	5%	1/5	RCD121	50.00	52.00	50.00	2600.00	21.00	82.30	85.12	100.64	15.43%
			RCD122	50.00	52.00	50.00	2600.00	23.10	90.53			
			RCD123	52.00	52.00	50.00	2704.00	21.80	82.15			
			RCD124	50.00	52.00	50.00	2600.00	22.60	88.57			
			RCD125	50.00	52.00	50.00	2600.00	21.30	83.48			
			RCD126	52.00	52.00	50.00	2704.00	22.20	83.66			
	7%	1/3	RCD127	51.00	52.00	50.00	2652.00	32.50	124.88	124.01	145.20	14.59%
			RCD128	52.00	52.00	50.00	2704.00	32.20	121.35			
			RCD129	52.00	52.00	50.00	2704.00	29.70	111.92			
			RCD130	50.00	50.00	50.00	2500.00	31.70	129.21			
			RCD131	50.00	51.00	50.00	2550.00	31.40	125.48			
			RCD132	50.00	50.00	50.00	2500.00	32.20	131.25			
	7%	1/4	RCD133	51.00	51.00	50.00	2601.00	33.50	131.24	132.84	182.33	27.14%
			RCD134	50.00	51.00	50.00	2550.00	33.20	132.67			
			RCD135	52.00	52.00	50.00	2704.00	33.80	127.38			
			RCD136	50.00	50.00	50.00	2500.00	32.70	133.29			
			RCD137	50.00	51.00	50.00	2550.00	33.60	134.27			
			RCD138	50.00	50.00	50.00	2500.00	33.90	138.18			
	7%	1/5	RCD139	52.00	51.00	50.00	2652.00	14.80	56.87	56.24	76.27	26.25%
			RCD140	51.00	51.00	50.00	2601.00	13.90	54.46			
			RCD141	50.00	51.00	50.00	2550.00	14.10	56.34			
			RCD142	52.00	50.00	50.00	2600.00	14.90	58.40			
			RCD143	50.00	51.00	50.00	2550.00	14.80	59.14			
			RCD144	52.00	51.00	50.00	2652.00	13.60	52.26			
	10%	1/3	RCD145	51.00	52.00	50.00	2652.00	32.70	125.65	133.02	145.53	8.60%
			RCD146	50.00	51.00	50.00	2550.00	33.90	135.47			
			RCD147	51.00	52.00	50.00	2652.00	34.90	134.10			
			RCD148	50.00	50.00	50.00	2500.00	33.60	136.95			
			RCD149	50.00	50.00	50.00	2500.00	32.80	133.69			
			RCD150	50.00	51.00	50.00	2550.00	33.10	132.27			
	10%	1/4	RCD151	52.00	51.00	50.00	2652.00	19.10	73.39	73.80	116.71	36.76%
			RCD152	52.00	52.00	50.00	2704.00	18.70	70.47			
		RCD153			51.00	50.00	50.00	2550.00	19.10	76.33		
		RCD154			51.00	51.00	50.00	2601.00	19.40	76.00		
		RCD155			50.00	50.00	50.00	2500.00	19.10	77.85		
		RCD156			52.00	51.00	50.00	2652.00	17.90	68.78		
10%	1/5	RCD157	50.00	51.00	50.00	2550.00	11.40	45.56	46.33	73.32	36.80%	
		RCD158	51.00	52.00	50.00	2652.00	12.00	46.11				
		RCD159	51.00	51.00	50.00	2601.00	11.60	45.45				
		RCD160	52.00	52.00	50.00	2704.00	11.40	42.96				
		RCD161	50.00	50.00	50.00	2500.00	12.30	50.13				
		RCD162	51.00	51.00	50.00	2601.00	12.20	47.80				

Figura 117. Resultados de durabilidad en comparación con su R. Comp. para las mezclas C2.

RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Tabla 85. Resultados estadísticos de fluidez del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Fluidez promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%)	R a/c
Patrón	0	1/3	113.59	0.06	0.26	0.23	0.70
		1/4	113.39	0.11	0.37	0.33	0.80
		1/5	113.26	0.31	0.61	0.54	0.90
C1	3%	1/3	111.46	0.11	0.37	0.33	0.70
		1/4	110.96	0.24	0.54	0.48	0.80
		1/5	109.67	0.73	0.94	0.85	0.90
	5%	1/3	106.66	0.44	0.73	0.68	0.70
		1/4	105.16	0.10	0.35	0.34	0.80
		1/5	104.58	0.31	0.61	0.58	0.90
	7%	1/3	102.45	0.22	0.51	0.50	0.70
		1/4	100.57	1.31	1.25	1.25	0.80
		1/5	99.57	0.14	0.41	0.41	0.90
	10%	1/3	96.81	0.12	0.38	0.39	0.70
		1/4	97.48	0.12	0.38	0.39	0.80
		1/5	97.69	0.36	0.66	0.68	0.90
C2	3%	1/3	112.68	0.08	0.32	0.28	0.70
		1/4	111.17	0.27	0.57	0.51	0.80
		1/5	111.59	0.26	0.56	0.51	0.90
	5%	1/3	107.87	0.13	0.40	0.37	0.70
		1/4	105.58	0.64	0.88	0.83	0.80
		1/5	104.41	0.10	0.35	0.34	0.90
	7%	1/3	103.41	0.17	0.45	0.43	0.70
		1/4	103.03	0.18	0.47	0.45	0.80
		1/5	102.78	0.29	0.59	0.57	0.90
	10%	1/3	101.15	0.17	0.45	0.44	0.70
		1/4	100.28	0.14	0.41	0.41	0.80
		1/5	98.40	0.10	0.35	0.36	0.90
Rapimix	0	-	124.11	0.01	0.13	0.10	-

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 86. Resultados estadísticos de Densidad del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Densidad promedio (Kg/m ³)	Varianza (Kg/m ³)	Desviación estándar (Kg/m ³)	Coficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3	1883.75	256.08	17.53	0.93
		1/4	1860.69	1334.44	40.02	2.15
		1/5	1946.38	550.52	25.70	1.32
C1	3%	1/3	1868.43	492.28	24.31	1.30
		1/4	1847.34	250.14	17.33	0.94
		1/5	1822.99	401.25	21.94	1.20
	5%	1/3	1817.28	720.56	29.41	1.62
		1/4	1846.53	1529.60	42.84	2.32
		1/5	1716.77	4594.74	74.25	4.33
	7%	1/3	1761.11	1155.95	37.24	2.11
		1/4	1599.68	2585.79	55.70	3.48
		1/5	1490.33	3204.82	62.01	4.16
10%	1/3	1777.82	4025.63	69.50	3.91	
	1/4	1549.09	1541.93	43.02	2.78	
	1/5	1567.46	1754.96	45.89	2.93	
C2	3%	1/3	1890.45	835.35	31.66	1.67
		1/4	1886.61	1265.66	38.97	2.07
		1/5	1889.90	293.31	18.76	0.99
	5%	1/3	1803.01	159.97	13.86	0.77
		1/4	1838.78	3195.18	61.92	3.37
		1/5	1805.67	397.15	21.83	1.21
	7%	1/3	1773.74	924.06	33.30	1.88
		1/4	1790.29	637.16	27.65	1.54
		1/5	1722.81	311.23	19.33	1.12
10%	1/3	1729.10	281.67	18.38	1.06	
	1/4	1675.97	840.77	31.76	1.90	
	1/5	1631.75	5318.16	79.89	4.90	
Rapimix	0	-	2021.10	2826.24	58.24	2.88

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 87. Resultados estadísticos de Porosidad del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Porosidad promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3	25.78	0.43	0.72	2.78
		1/4	24.47	0.14	0.41	1.68
		1/5	25.30	0.18	0.47	1.85
C1	3%	1/3	25.41	0.07	0.29	1.15
		1/4	27.24	0.17	0.45	1.64
		1/5	28.42	0.06	0.27	0.95
	5%	1/3	27.82	0.22	0.51	1.85
		1/4	23.45	0.33	0.63	2.68
		1/5	26.74	0.94	1.06	3.97
	7%	1/3	28.18	0.17	0.45	1.58
		1/4	33.05	0.40	0.69	2.09
		1/5	30.62	1.87	1.50	4.90
10%	1/3	25.08	0.26	0.56	2.24	
	1/4	32.51	0.85	1.01	3.10	
	1/5	33.81	0.31	0.61	1.81	
C2	3%	1/3	24.17	0.16	0.44	1.82
		1/4	24.82	0.43	0.72	2.89
		1/5	26.59	0.19	0.47	1.78
	5%	1/3	27.01	0.06	0.27	0.99
		1/4	21.24	0.93	1.06	4.97
		1/5	23.35	0.05	0.23	1.00
	7%	1/3	28.94	0.12	0.38	1.30
		1/4	25.75	0.09	0.33	1.27
		1/5	31.73	0.10	0.34	1.08
10%	1/3	27.93	0.24	0.53	1.91	
	1/4	28.73	0.16	0.44	1.54	
	1/5	32.31	1.51	1.35	4.17	
Rapimix	0	-	23.56	0.31	0.61	2.61

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 88. Resultados estadísticos de Resistencia a la compresión del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	R. Comp. promedio (Kg/cm ²)	Varianza (Kg/cm ²)	Desviación estándar (Kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3	173.68	29.98	6.00	3.45
		1/4	143.89	25.37	5.52	3.83
		1/5	101.86	2.65	1.78	1.75
C1	3%	1/3	189.88	24.99	5.48	2.88
		1/4	150.65	39.90	6.92	4.59
		1/5	81.28	6.71	2.84	3.49
	5%	1/3	186.40	17.44	4.57	2.45
		1/4	125.02	26.31	5.62	4.49
		1/5	73.98	10.04	3.47	4.69
	7%	1/3	154.91	129.60	12.47	8.05
		1/4	75.31	28.33	5.83	7.74
		1/5	53.59	4.39	2.30	4.28
10%	1/3	116.56	29.07	5.91	5.07	
	1/4	79.11	14.23	4.13	5.22	
	1/5	71.41	5.90	2.66	3.73	
C2	3%	1/3	204.44	79.89	9.79	4.79
		1/4	165.35	24.36	5.41	3.27
		1/5	117.47	3.82	2.14	1.82
	5%	1/3	191.91	31.68	6.17	3.21
		1/4	148.27	60.98	8.55	5.77
		1/5	100.64	22.38	5.18	5.15
	7%	1/3	145.20	49.57	7.71	5.31
		1/4	182.33	62.80	8.68	4.76
		1/5	76.27	10.15	3.49	4.58
10%	1/3	145.53	35.97	6.57	4.51	
	1/4	116.71	23.23	5.28	4.52	
	1/5	73.32	9.46	3.37	4.60	
Rapimix	0	-	142.31	31.45	6.14	4.32

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 89. Resultados estadísticos de Durabilidad por pérdida de masa del mortero

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Durabilidad (Δm) promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3	7.32	0.10	0.34	4.68
		1/4	7.48	0.03	0.18	2.39
		1/5	8.50	0.08	0.31	3.68
C1	3%	1/3	4.46	0.05	0.25	5.68
		1/4	5.07	0.03	0.20	3.86
		1/5	3.07	0.02	0.15	4.95
	5%	1/3	3.53	0.02	0.17	4.86
		1/4	2.49	0.01	0.11	4.55
		1/5	1.49	0.00	0.08	5.11
	7%	1/3	4.16	0.03	0.19	4.59
		1/4	4.79	0.03	0.17	3.62
		1/5	4.12	0.04	0.23	5.56
10%	1/3	3.42	0.02	0.16	4.76	
	1/4	4.68	0.05	0.24	5.14	
	1/5	4.54	0.04	0.23	5.02	
C2	3%	1/3	3.37	0.02	0.16	4.79
		1/4	5.07	0.05	0.24	4.77
		1/5	3.68	0.01	0.12	3.39
	5%	1/3	2.60	0.01	0.12	4.52
		1/4	3.03	0.02	0.15	4.85
		1/5	3.00	0.01	0.11	3.52
	7%	1/3	4.50	0.04	0.22	4.97
		1/4	4.46	0.02	0.15	3.30
		1/5	3.69	0.00	0.05	1.30
10%	1/3	3.19	0.02	0.16	4.92	
	1/4	0.82	0.00	0.03	3.24	
	1/5	2.10	0.01	0.09	4.44	
Rapimix	0	-	4.81	0.05	0.23	4.87

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 90. *Resultados estadísticos de Durabilidad en comparación con su R. Comp. del mortero*

Tamaño de partícula	Porcentaje de CCA	R c/a	Durabilidad (Δ fm) Promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%)
Patrón	0	1/3	34.43	24.27	5.40	4.74
		1/4	41.69	16.17	4.40	5.25
		1/5	41.01	10.53	3.56	5.92
C1	3%	1/3	22.97	46.91	7.50	5.13
		1/4	17.47	40.28	6.95	5.59
		1/5	19.32	11.16	3.66	5.58
	5%	1/3	-8.72	32.58	6.25	3.09
		1/4	13.10	29.45	5.95	5.47
		1/5	21.95	6.90	2.88	4.98
	7%	1/3	13.59	13.29	3.99	2.98
		1/4	21.25	8.10	3.12	5.26
		1/5	19.58	3.45	2.03	4.72
10%	1/3	22.18	15.55	4.32	4.76	
	1/4	25.20	6.69	2.83	4.79	
	1/5	37.87	0.86	1.02	2.29	
C2	3%	1/3	8.01	44.50	7.31	3.89
		1/4	19.70	33.06	6.30	4.74
		1/5	7.12	4.91	2.43	2.22
	5%	1/3	-13.23	20.09	4.91	2.26
		1/4	21.84	26.87	5.68	4.90
		1/5	15.43	10.47	3.54	4.16
	7%	1/3	14.59	39.25	6.86	5.53
		1/4	27.14	10.53	3.55	2.68
		1/5	26.25	5.42	2.55	4.53
10%	1/3	8.60	13.00	3.95	2.97	
	1/4	36.76	10.69	3.58	4.85	
	1/5	36.80	4.90	2.43	5.23	
Rapimix	0	-	21.14	3.78	2.13	1.90

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 8: Parámetros para el diseño de mezcla.

Parámetros para el diseño de mezcla 1/3:

Tabla 91. Rendimientos para 1m³ de mortero 1/3

Material	Proporción	Volumen (p ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	P.U (Kg/m ³)	Rendimiento
Cemento	1	1	0.03	42.50	3150.00	0.013
Arena	3	3	0.08	130.24	2781.00	0.047
Agua	0.7	-	-	-	1000.00	0.030
Parcial	-	-	-	-	-	0.090
Aire (1%)	1%	-	-	-	-	0.001
Total						0.091

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 92. Materiales para mortero 1/3

Material	Proporción	Material Para 1m ³	Material Para 787.5 cm ³	Peso (Kg)
Cemento	1	10.99 bls	0.0087 bls	0.368
Arena	3	0.93 m ³	0.0007 m ³	1.127
Agua	R a/c 0.7	327.01 lt	0.2575 lt	0.258
Total				1.753

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 93. Proporción final para mortero 1/3

Material	Proporción	Peso (Kg)	Corrección de agua	Peso corregido (Kg)	Proporción final
Cemento	1	0.368		0.368	1
Arena	3	1.127		1.127	3
Agua	R a/c 0.7	0.258	0.018	0.276	R a/c 0.75
Total		1.753		1.771	

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetros para el diseño de mezcla 1/4:

Tabla 94. Rendimientos para 1m³ de mortero 1/4

Material	Proporción	Volumen (p ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	P.U (Kg/m ³)	Rendimiento
Cemento	1	1	0.03	42.50	3150.00	0.013
Arena	4	4	0.11	173.65	2781.00	0.062
Agua	0.8	-	-	-	1000.00	0.034
Parcial		-	-	-	-	0.110
Aire (1%)	1%	-	-	-	-	0.001
Total						0.111

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 95. Materiales para mortero 1/4

Material	Proporción	Material Para 1m ³	Material Para 787.5 cm ³	Peso (Kg)
Cemento	1	9.01 bls	0.0071 bls	0.301
Arena	4	1.02 m ³	0.0008 m ³	1.232
Agua	R a/c 0.8	306.21 lt	0.2411 lt	0.241
Total				1.774

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 96. Proporción final para mortero 1/4

Material	Proporción	Peso (Kg)	Corrección de agua	Peso corregido (Kg)	Proporción final
Cemento	1	0.301		0.301	1
Arena	4	1.232		1.232	4
Agua	R a/c 0.8	0.241	0.020	0.261	R a/c 0.87
Total		1.774		1.794	

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetros para el diseño de mezcla 1/5:

Tabla 97. Rendimientos para 1m³ de mortero 1/5

Material	Proporción	Volumen (p ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	P.U (Kg/m ³)	Rendimiento
Cemento	1	1.00	0.03	42.50	3150.00	0.013
Arena	5	5.00	0.14	217.06	2781.00	0.078
Agua	0.90	-	-	-	1000.00	0.038
Parcial		-	-	-	-	0.130
Aire (1%)	0.01	-	-	-	-	0.001
Total						0.131

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 98. Materiales para mortero 1/5

Material	Proporción	Material Para 1m ³	Material Para 787.5 cm ³	Peso (Kg)
Cemento	1	7.63 bls	0.0060 bls	0.255
Arena	5	1.08 m ³	0.0009 m ³	1.304
Agua	R a/c 0.9	291.78 lt	0.2298 lt	0.230
Total				1.789

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 99. Proporción final para mortero 1/5

Material	Proporción	Peso (Kg)	Corrección de agua	Peso corregido (Kg)	Proporción final
Cemento	1	0.255		0.255	1
Arena	5	1.304		1.304	5
Agua	R a/c 0.9	0.230	0.021	0.251	R a/c 0.98
Total		1.789		1.810	

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen:

Tabla 100. Resumen de cantidad de materiales para 1m³ de mortero de LABORATORIO

Proporción	Relación a/c	Cemento (bls)	Arena (m ³)	Agua (lt)
1:3	0.70	10.99	0.93	327.01
1:4	0.80	9.01	1.02	306.21
1:5	0.90	7.63	1.08	291.78

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 101. Resumen de cantidad de materiales para 1m³ de mortero de CAPECO

Proporción	Relación a/c	Cemento (bls)	Arena (m ³)	Agua (lt)
1:3	0.57	11.2	0.96	272
1:4	0.72	8.9	1.00	272
1:5	0.85	7.4	1.05	268

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 102. Resumen de cantidad de materiales para 1m³ de mortero de CAMPO

Proporción	Relación a/c	Cemento (bls)	Arena (m ³)	Agua (lt)
1:3	-	12	1.10	-
1:4	-	10	1.15	-
1:5	-	8	1.20	-

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 9: Costo aproximado de 1kg de CCA.

RECOLECCION DE CASCARILLA DE ARROZ

Rendimiento	Kg/DIA	7,500.0000	EQ. 7,500.0000	Costo unitario directo por : kg		0.11
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
PEON	hh	1.0000	0.0011	17.36	0.02	0.02
Materiales						
CASCARILLA DE ARROZ	kg		1.0000	0.09	0.09	0.09
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.02	0.00	0.00

LIMPIEZA Y SECADO DE CASCARILLA DE ARROZ

Rendimiento	Kg/DIA	7,500.0000	EQ. 7,500.0000	Costo unitario directo por : kg		0.02
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
PEON	hh	1.0000	0.0011	17.36	0.02	0.02
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.02	0.00	0.00
MANTA	hm	1.0000	0.0011	2.50	0.00	0.00

CALCINADO DE CASCARILLA DE ARROZ

Rendimiento	Kg/DIA	7,500.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : kg		0.16
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
PEON	hh	1.0000	0.0011	17.36	0.02	0.02
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.02	0.00	0.00
HORNO	hm	1.0000	0.1600	0.85	0.14	0.14

MOLINEDA DE CASCARILLA DE ARROZ

Rendimiento	Kg/DIA	3,750.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg		0.50
Descripción Recurso	Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
PEON	hh		1.0000	0.0021	17.36	0.04
						0.04
Materiales						
COMBUSTIBLE- GASOLINA	gal			0.0164	16.08	0.26
						0.26
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	0.04	0.00
MOLINO	hm		1.0000	0.0320	6.25	0.20
						0.20

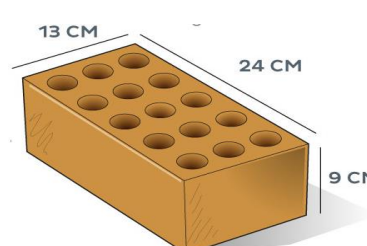
TAMIZADO DE CASCARILLA DE ARROZ

Rendimiento	Kg/DIA	3,750.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : kg		0.20
Descripción Recurso	Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
PEON	hh		1.0000	0.0021	17.36	0.04
						0.04
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	0.04	0.00
TAMIZ N°50	hm		1.0000	0.0267	2.00	0.05
TAMIZ N°100	hm		1.0000	0.0267	2.00	0.05
TAMIZ N°200	hm		1.0000	0.0267	2.00	0.05
						0.16

PROCESO	COSTO (s/-kg)	COSTO (s/-m3)
RECOLECCION DE CASCARILLA DE ARROZ	0.11	195.33
LIMPIEZA Y SECADO DE CASCARILLA DE ARROZ	0.02	39.13
CALCINADO DE CASCARILLA DE ARROZ	0.16	279.13
MOLINEDA DE CASCARILLA DE ARROZ	0.50	903.46
TAMIZADO DE CASCARILLA DE ARROZ	0.20	356.66
COSTO DIRECTO	0.99	1773.72
GASTOS GENERALES 10% C.D	0.10	177.37
UTILIDAD 5% C.D	0.05	88.69
SUB TOTAL	1.13	2039.78
IGV 18%	0.20	367.16
COSTO TOTAL	1.34	2406.93

Anexo 10: Análisis económico.

Datos Previos:

	NUMERO DE LADRILLOS	
0.24	a	
0.015	j	
0.09	b	
37.35	$1/(a+j) \times (b+j)$	
1.87	5% Desperdicio	
39	Total	

CANTIDAD DE MORTERO		
0.1300	V.Muro	(1 X 1 X 0.13)
0.1049	V.Ladrillo	(0.24 X 0.9 X 0.13)
0.0251	V.Mortero	V.M - V.L
0.0013	5.00%	0.05 Desperdicio
0.0263	Total	

	PARA 1M3		
MATERIALES	1/3	1/4	1/5
ARENA GRUESA	0.93	1.02	1.08
AGUA	0.33	0.31	0.29
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	10.99	9.01	7.63
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	39	39	39

	PARA 0.263M3		
MATERIALES	1/3	1/4	1/5
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	0.55	0.55	0.55
ARENA GRUESA	0.0245	0.0268	0.0284
AGUA	0.0086	0.0081	0.0077
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	0.2891	0.2370	0.2007
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	39	39	39

Análisis de Precios Unitarios para Mortero 1/3:

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2		116.34
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20	
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68	
						29.94
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88	
ARENA GRUESA	m3		0.0245	32.80	0.80	
AGUA	m3		0.0086	1.00	0.01	
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2891	18.86	5.45	
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10	
						84.24
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90	
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25	
						2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 3% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2		117.81
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20	
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68	
						29.94
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88	
ARENA GRUESA	m3		0.0238	32.80	0.78	
AGUA	m3		0.0086	1.00	0.01	
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2891	18.86	5.45	
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0007	2,039.78	1.50	
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10	
						85.72
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90	
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25	
						2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 5% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	118.79
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0233	32.80	0.76
AGUA	m3		0.0086	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2891	18.86	5.45
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0012	2,039.78	2.50
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					86.70
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	dia	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 7% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	119.78
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0228	32.80	0.75
AGUA	m3		0.0086	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2891	18.86	5.45
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0017	2,039.78	3.50
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					87.69
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	dia	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 10% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	121.25
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0221	32.80	0.72
AGUA	m3		0.0086	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO IC _o (42.5 kg)	bol		0.2891	18.86	5.45
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0025	2,039.78	5.00
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					89.16
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	120.59
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0245	32.80	0.80
AGUA	m3		0.0086	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO IC _o (42.5 kg)	bol		0.2891	18.86	5.45
IMPERMEABILIZANTE	lt		0.7800	5.45	4.25
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					88.49
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

Análisis

DESCRIPCION	PRECIO S/-M2	INCREMENTO S/-M2	% DE INCREMENTO
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA	116.34	0.00	0.00
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 3% CCA	117.81	1.48	1.27
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 5% CCA	118.79	2.46	2.11
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 7% CCA	119.78	3.44	2.96
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA CON 10% CCA	121.25	4.92	4.23
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA	120.59	4.25	3.65

Análisis de Precios Unitarios para Mortero 1/4:

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2		115.43
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20	
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68	
					29.94	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88	
ARENA GRUESA	m3		0.0268	32.80	0.88	
AGUA	m3		0.0081	1.00	0.01	
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2370	18.86	4.47	
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10	
					83.34	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90	
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25	
					2.15	

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 3% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2		117.04
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20	
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68	
					29.94	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88	
ARENA GRUESA	m3		0.0260	32.80	0.85	
AGUA	m3		0.0081	1.00	0.01	
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2370	18.86	4.47	
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0008	2,039.78	1.64	
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10	
					84.95	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90	
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25	
					2.15	

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 5% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	118.12
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0255	32.80	0.84
AGUA	m3		0.0081	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2370	18.86	4.47
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0013	2,039.78	2.73
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					86.02
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 7% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	119.19
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0249	32.80	0.82
AGUA	m3		0.0081	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2370	18.86	4.47
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0019	2,039.78	3.83
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					87.10
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 10% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	120.81		
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO			hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON			hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
							29.94
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8			kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA			m3		0.0241	32.80	0.79
AGUA			m3		0.0081	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO IC _o (42.5 kg)			bol		0.2370	18.86	4.47
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ			m3		0.0027	2,039.78	5.47
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm			und		39.0000	1.90	74.10
							88.71
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO			día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
							2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	119.68		
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO			hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON			hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
							29.94
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8			kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA			m3		0.0268	32.80	0.88
AGUA			m3		0.0081	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO IC _o (42.5 kg)			bol		0.2370	18.86	4.47
IMPERMEABILIZANTE			lt		0.7800	5.45	4.25
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm			und		39.0000	1.90	74.10
							87.59
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO			día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
							2.15

Análisis

DESCRIPCION	PRECIO S/-M2	INCREMENTO S/-M2	% DE INCREMENTO
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA	115.43	0.00	0.00
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 3% CCA	117.04	1.61	1.40
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 5% CCA	118.12	2.69	2.33
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 7% CCA	119.19	3.77	3.26
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA CON 10% CCA	120.81	5.38	4.66
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:4 E=1.5CM SOGA	119.68	4.25	3.68

Análisis de Precios Unitarios para Mortero 1/5:

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	114.80
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0284	32.80	0.93
AGUA	m3		0.0077	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2007	18.86	3.79
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					82.70
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	dia	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 3% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	116.51
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0275	32.80	0.90
AGUA	m3		0.0077	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2007	18.86	3.79
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0009	2,039.78	1.74
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					84.41
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	dia	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 5% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	117.65
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0270	32.80	0.88
AGUA	m3		0.0077	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2007	18.86	3.79
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0014	2,039.78	2.90
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					85.55
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 7% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	118.79
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.0850	0.0850	24.29	2.06
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	19.20	19.20
PEON	hh	0.5000	0.5000	17.36	8.68
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.5500	7.05	3.88
ARENA GRUESA	m3		0.0264	32.80	0.87
AGUA	m3		0.0077	1.00	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol		0.2007	18.86	3.79
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3		0.0020	2,039.78	4.06
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	1.90	74.10
					86.69
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.94	0.90
ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 10% CCA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	120.50
Descripción Recurso					
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh		0.0850	0.0850	24.29
OPERARIO	hh		1.0000	1.0000	19.20
PEON	hh		0.5000	0.5000	17.36
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg			0.5500	7.05
ARENA GRUESA	m3			0.0256	32.80
AGUA	m3			0.0077	1.00
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol			0.2007	18.86
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	m3			0.0028	2,039.78
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und			39.0000	1.90
					88.40
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	29.94
ANDAMIO METALICO	día		1.0000	0.1250	10.00
					2.15

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2	119.05
Descripción Recurso					
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh		0.0850	0.0850	24.29
OPERARIO	hh		1.0000	1.0000	19.20
PEON	hh		0.5000	0.5000	17.36
					29.94
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg			0.5500	7.05
ARENA GRUESA	m3			0.0284	32.80
AGUA	m3			0.0077	1.00
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo (42.5 kg)	bol			0.2007	18.86
IMPERMEABILIZANTE	lt			0.7800	5.45
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und			39.0000	1.90
					86.95
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	29.94
ANDAMIO METALICO	día		1.0000	0.1250	10.00
					2.15

Análisis

DESCRIPCION	PRECIO S/-M2	INCREMENTO S/-M2	% DE INCREMENTO
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA	114.80	0.00	0.00
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 3% CCA	116.51	1.71	1.49
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 5% CCA	117.65	2.85	2.48
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 7% CCA	118.79	3.99	3.48
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:5 E=1.5CM SOGA CON 10% CCA	120.50	5.70	4.97
MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. 1:3 E=1.5CM SOGA	119.05	4.25	3.70

Análisis de Precios Unitarios para Mortero RAPIMIX:

MURO DE LADRILLO K.K.TIPO IV MEZC. RAPIMIX E=1.5CM SOGA

Rendimiento	m2/DIA	9.6000	EQ. 9.6000		Costo unitario directo por : m2	112.65	
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.0850	0.0708	24.29	1.72
OPERARIO			hh	1.0000	0.8333	19.20	16.00
							17.72
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8			kg		0.5500	7.05	3.88
AGUA			m3		0.0086	1.00	0.01
RAPIMIX			bol		1.7000	8.92	15.16
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm			und		39.0000	1.90	74.10
							93.15
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	17.72	0.53
ANDAMIO METALICO			día	1.0000	0.1250	10.00	1.25
							1.78