

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Por:

David Edwin Mamani Mamani

Edith Emperatriz Larico Mamani

Asesor:

Ing. Rolando Quispe Basualdo

Juliaca, mayo de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Rolando Quispe Basualdo, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL CONCRETO COMPACTADO Y LA CAPACIDAD DE USO EN ESTACIONES DE INVIERNO EN LA CIUDAD DE JULIACA" constituye la memoria que presenta los Bachilleres David Edwin Mamani Mamani, y Edith Emperatriz Larico Mamani para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Juliaca, a los treintauno días de mayo del año dos mil diecinueve.



Ing. Rolando Quispe Basualdo

Asesor

Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR



Ing. Herson Dubérly Pari Cusi
Presidente



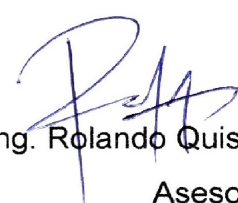
Ing. Juana Beatriz Aquise Pari
Secretario



Ing. Moises Araca Chile
Vocal



Ing. Jorge Llanos Ticona
Vocal



Ing. Rolando Quispe Basualdo
Asesor

Juliaca, 31 de Mayo de 2019

DEDICATORIA

A Dios por haberos ayudado a culminar una etapa más en nuestras vidas

A nuestros Padres, y a Ghaelito.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por habernos dado fortaleza, su iluminación en nuestro camino para el logro de nuestras metas.

A la Universidad Peruana Unión por habernos preparado y brindado la oportunidad de desarrollarnos intelectualmente.

A nuestros Padres, por habernos regalado una Carrera universitaria y habernos acompañado a lo largo de los años por este andar.

A Ghaelito por ser el motivo de superación del día a día.

A Gary, por estar en todo el momento de nuestra vida, y ser quien motivo a desarrollar este proyecto de tesis, ser amigo y hermano para nosotros.

A Ing Herson Pari Cusi por su apoyo, y guía en la presente tesis.

A nuestro asesor Ing. Rolando Quispe Basualdo, por su apoyo constante y guía en este proyecto de tesis.

A nuestros profesores que influenciaron en nosotros la necesidad de mejorar día a día y buscar siempre la solución técnica a los problemas tanto en la vida profesional como personal.

Y a todos nuestros amigos que han vivido con nosotros la experiencia universitaria.

Y en general a todas las personas que contribuyeron de forma directa e indirecta a la realización de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I. INTRODUCCION	24
1.1 Identificación del Problema	25
1.2 Objetivos.....	26
1.2.1 Objetivo General.....	26
1.2.2 Objetivos Específicos.....	26
1.3 Justificación	26
1.3.1 Social.....	26
1.3.2 Económica.....	27
1.3.3 Técnica.....	27
1.3.4 Científica.....	27
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	28
2.1 Antecedentes.....	28
2.1.1 Primer Antecedente.....	28
2.1.2 Segundo Antecedente.....	28
2.1.3 Tercer Antecedente.....	28
2.1.4 Cuarto Antecedente.....	29
2.1.5 Quinto Antecedente.....	29
2.2 Marco conceptual.....	30
2.2.1 Componentes del concreto compactado.....	30
2.2.1.1 Cemento portland.....	30
2.2.1.2 Agua.....	31
2.2.1.3 Agregados para el concreto compactado.....	33
2.2.2 Generalidades del concreto compactado.....	38
2.2.2.1 Equipo y ensayos de laboratorio.....	38
2.2.2.2 Métodos de diseño de la mezcla para concreto compactado.....	39

2.2.3 Propiedades del concreto compactado.....	40
2.2.3.1 Resistencia.....	40
2.2.3.2 Propiedades elásticas.....	42
2.2.3.3 Durabilidad.....	42
2.2.4 Diseño de mezclas concreto compactado.....	43
2.2.5 Curado del concreto por aspersión.....	44
2.2.6 Ensayo para control de calidad del concreto.....	45
2.2.6.1 muestreos de concreto fresco.....	45
2.2.6.2 determinaciones de la temperatura de mezclas de concreto.....	46
2.2.6.3 Asentamiento de concreto fresco con el cono de abrams.....	47
2.2.6.4 contenido de aire en el concreto.....	48
2.2.6.5 elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra.....	48
2.2.6.6 ensayo de resistencia a la compresión.....	49
2.2.7 Ventajas y desventajas del concreto compactado.....	49
2.2.8 Aplicaciones del concreto compactado.....	50
2.2.8.1 Pavimentos de concreto compactado.....	51
2.2.8.2 Presas.....	52
2.2.8.3 Otros usos del concreto compactado.....	53
2.2.9 Control de calidad del concreto compactado en pavimentos.....	53
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	55
3.1 Diseño de la investigación.....	55
3.1.1 Tipo de investigación.....	55
3.1.2. Enfoque de investigación.....	55
3.1.3. Fuentes de información.....	55
3.1.4. Población y muestra.....	55
3.1.5 Técnicas de recolección y análisis de información.....	57
3.1.6 Procedimiento de investigación.....	57

3.2 Caracterización física del agregado.....	58
3.2.1. Granulometría de los agregados.....	58
3.2.1.1 Agregado Fino.....	58
3.2.1.2 Agregado Grueso.....	59
3.3. Material Cementante.....	59
3.4. Agua.....	60
3.5 Análisis de la influencia de las temperaturas de invierno.....	61
3.6 Diseño de mezcla de concreto compactado.....	61
3.6.1 Método grafico de combinación de agregados.....	61
3.6.2 Ensayo de proctor modificado.....	62
3.6.3 Proporción de los componentes para la mezcla.....	64
3.7 Diseño de mezcla de concreto convencional.....	65
3.8 Estudio de las características del concreto compactado y convencional.....	68
3.8.1 Determinación de la densidad de masa.....	68
3.8.2 Determinación de absorción y porosidad abierta.....	68
3.8.3 Análisis de costos unitarios.....	69
3.8.4 Resistencia a la compresión.....	70
3.8.5 Módulo de elasticidad.....	71
3.8.6 Resistencia a la flexión.....	72
3.9 Evaluación estadística.....	72
3.9.1 Prueba TUKEY.....	72
3.9.2 Prueba ANOVA.....	73
3.9.2.1 Características de la prueba ANOVA.....	73
3.9.2.2 Procedimiento de análisis de varianza.....	74
3.10 Hipótesis.....	74
3.10.1 Hipótesis general.....	74
3.10.2 Hipótesis específicos.....	74

3.10.3 Hipótesis nula.....	74
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION	75
4.1 Características física de agregados	75
4.1.1 Agregado Fino	75
4.1.2 Agregado Grueso.	76
4.2 Temperatura en estación de invierno-2017.....	77
4.3 Diseño del concreto compactado	81
4.3.1 Combinación de Agregados	81
4.3.2 Cálculo de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad.....	82
4.3.3 Calculo de la proporción de los componentes para la mezcla	83
4.3.4 Calculo del número de golpes por capa y numero de capas en molde reducido	84
4.4 Diseño de mezclas de concreto convencional por el método del módulo de fineza..	84
4.5 Densidad de los especímenes de concreto convencional y concreto compactado.....	85
4.6 Propiedades mecánicas	86
4.6.1 Resistencia a la compresión	86
4.6.2 Modulo de elasticidad.....	90
4.6.3 Resistencia a la flexión.	93
4.7 Análisis ensayos de absorción y porosidad abierta.....	93
4.8 Análisis de costos unitarios del concreto compactado y concreto convencional.....	96
4.9 Análisis estadístico prueba Tukey y Anova.....	102
4.9.1 Espécimen 1 cemento al 20% CC.....	103
4.9.2 Espécimen 2 cemento al 15% CC.....	103
4.9.3 Espécimen 3 cemento al 10% CC.....	104
4.9.4 Espécimen 4 cemento al 5% CC.....	105
4.9.5 Espécimen 5 concreto 175 kg/cm ²	105
4.9.6 Espécimen 6 concreto 210 kg/cm ²	106
4.9.7 Espécimen 7 concreto 280 kg/cm ²	107

4.10. Análisis exploratorio y descriptivo	128
4.10.1. Densidad de las Probetas	128
4.10.2 Resistencia de las probetas.....	129
4.10.3 Ensayos de absorción de las probetas	130
4.10.4 Porosidad abierta de las probetas.....	131
4.10.5 Costo Unitario por m ³ de Concreto.....	132
4.11. Análisis de la varianza ANOVA.....	133
4.11.1 Prueba ANOVA para la densidad.....	134
4.11.1.1 Conclusiones.....	135
4.11.2 Prueba ANOVA para la Resistencia	135
4.11.2.1 Conclusiones.....	137
4.11.3 Prueba ANOVA para la absorción.....	137
4.11.3.1 Conclusiones.....	138
4.11.4 Prueba ANOVA para la porosidad abierta.....	139
4.11.4.1 Conclusiones.....	140
4.11.5 Prueba ANOVA para el costo unitario por m ³ de concreto	140
4.11.5.1 Conclusiones:.....	142
4.12 Medidas descriptivas.....	142
4.12.1 Densidad de las probetas.....	142
4.12.2 Resistencia de las probetas.....	144
4.12.3 Absorción de las probetas	146
4.12.4 Porosidad abierta de las probetas.....	148
4.12.5 Costo unitario por m ³ de concreto.....	149
4.13 Prueba TUKEY	151
4.13.1 Densidad de las probetas.....	151
4.13.1.1 Conclusiones.....	152
4.13.2 Resistencia de las Probetas	153

4.13.2.1 Conclusiones	154
4.13.3. Absorción de las probetas	155
4.13.3.1. Conclusiones	157
4.13.4. Porosidad abierta de las probetas	157
4.13.4.1 Conclusiones	158
4.13.5 Costo unitario por m ³ de concreto	159
4.13.5.1 Conclusiones	160
4.14 Resumen del análisis Estadístico.	162
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
5.1 Conclusiones	165
5.2 Recomendaciones	166
REFERENCIAS	168
ANEXOS	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla	32
Tabla 2. Principales aspectos del concreto influidos por los agregados.	33
Tabla 3 . Gradación ideal de Agregado Grueso (EG-2018)-Huso 6	35
Tabla 4. Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto.	35
Tabla 5. Límites Gradación de agregado fino (EG-2018)	36
Tabla 6. Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto	37
Tabla 7. Contenido de agua, arena, mortero y aire atrapado para varios agregados, Tamaño nominal. Valores típicos para uso en la estimación de proporciones en un ensayo de mezcla de concreto compactado.	37
Tabla 8. Tiempo de fraguado del concreto	43
Tabla 9. Criterios de aceptación de temperaturas en el concreto	46
Tabla 10. Criterios de aceptación de asentamientos del concreto	47
Tabla 11. Cálculo del tamaño de la muestra	56
Tabla 12. Gradación del Agregado fino (EG-2018)	59
Tabla 13. Gradación del Agregado Grueso (EG-2018)- Huso 6.	59
Tabla 14. Especificaciones Técnicas Cemento Portland Tipo IP.	60
Tabla 15. Límites permisibles para el agua de mezcla según la norma NTP 339.088.	61
Tabla 16. Gradación para concreto compactado- ACI 325.10R.....	62
Tabla 17. Métodos para uso del proctor modificado	63
Tabla 18. Selección de asentamiento.....	65
Tabla 19. Volumen unitario de agua.	66
Tabla 20. Contenido de aire atrapado.....	66
Tabla 21. Relación agua-cemento por resistencia.	66
Tabla 22. Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	67
Tabla 23. Tolerancias de Tiempo Las probetas a ser ensayadas	70
Tabla 24. Propiedades físicas del agregado fino y grueso.....	75
Tabla 25. Análisis granulométrico agregado fino	75
Tabla 26. Análisis granulométrico agregado grueso.	77
Tabla 27. Temperaturas máximas y mínimas durante las épocas de invierno en la ciudad de Juliaca	78
Tabla 28. Gradación combinada para concreto compactado- ACI 325.10R	82
Tabla 29. Datos de ensayos proctor modificado para cada proporción de cemento.	82

Tabla 30. Dosificación de materiales a utilizar en cada una de los especímenes.....	83
Tabla 31. Calculo de la equivalencia de los moldes para cálculo de nro. de capas.....	84
Tabla 32. Resultados del diseño de mezclas para $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	85
Tabla 33. Resultados del diseño de mezclas para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	85
Tabla 34. Resultados del diseño de mezclas para $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$	85
Tabla 35. Densidad de concretos compactados al 20%, 15%, 10% y 5% cemento, y concretos convencionales de 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 280 kg/cm ²	86
Tabla 36. Resistencia a la compresión para concretos compactados a 20%, 15%, 10%....	88
Tabla 37. Resistencia a la compresión de concretos convencionales de 175, 210, 280 kg/cm ²	89
Tabla 38. Módulo de elasticidad de especímenes de concreto compactado.....	91
Tabla 39. Módulo de elasticidad de especímenes de concreto convencional.....	92
Tabla 40. Resistencia a la flexión en función a la resistencia a compresión en concretos convencionales y compactados.....	93
Tabla 41. Variación porcentual de la absorción de concretos convencionales y concreto compactado.....	94
Tabla 42. Variación porcentual de porosidad abierta es especímenes de concreto convencionales y concreto compactado.....	96
Tabla 43. Análisis de las proporciones de material por m ³ de mezcla.....	96
Tabla 44. Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 5 % de cemento....	97
Tabla 45. Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 10 % de cemento..	97
Tabla 46. Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 15 % de cemento..	98
Tabla 47. Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 20 % de cemento..	98
Tabla 48. Análisis de costos unitarios para concreto convencional 175 kg/cm ²	99
Tabla 49. Análisis de costos unitarios para concreto convencional 210 kg/cm ²	99
Tabla 50. Análisis de costos unitarios para concreto convencional 280 kg/cm ²	100
Tabla 51. Espécimen 1 cemento al 20 % CC.....	103
Tabla 52. Espécimen 2 cemento al 15 % CC.....	104
Tabla 53. Espécimen 3 cemento al 10% CC.....	104
Tabla 54. Espécimen 4 cemento al 5% CC.....	105
Tabla 55. Espécimen 5 concreto 175 kg/cm ²	106
Tabla 56. Espécimen 6 concreto 210 kg/cm ²	106
Tabla 57. Espécimen 7 concreto 280 kg/cm ²	107
Tabla 58. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 7 días.....	108

Tabla 59. Análisis de los especímenes de resistencia a compresión de la probeta a los 7 días.....	109
Tabla 60. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 7 días.....	110
Tabla 61. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 7 días.....	111
Tabla 62. Análisis de los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 7 días.	112
Tabla 63. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 14 días.	113
Tabla 64. Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 14 días.	114
Tabla 65. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 14 días...	115
Tabla 66. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 14 días.....	116
Tabla 67. Análisis de los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 14 días.	117
Tabla 68. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 28 días.....	118
Tabla 69. Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 28 días.	119
Tabla 70. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 28 días....	120
Tabla 71. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 28 días.....	121
Tabla 72. Análisis e los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 28 días.	122
Tabla 73. Análisis de análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 56 días.	123
Tabla 74. Análisis de análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 56 días.....	124
Tabla 75. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 56 días...	125
Tabla 76. Análisis de análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 56 días.	126
Tabla 77. Análisis de los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 28 días.	127
Tabla 78. Análisis de la densidad	128
Tabla 79. Análisis de la resistencia a la compresión de las probetas	129
Tabla 80. Análisis de ensayos de absorción de las probetas	130
Tabla 81. Análisis de la porosidad abierta de las probetas.....	131

Tabla 82. Análisis de la costó unitario por m3 de Concreto.....	133
Tabla 83. Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la densidad	134
Tabla 84. Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la densidad	134
Tabla 85. Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la resistencia	135
Tabla 86. Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la resistencia.	136
Tabla 87. Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la absorción	137
Tabla 88. Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la absorción.....	138
Tabla 89. Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la porosidad abierta	139
Tabla 90. Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la porosidad abierta.....	139
Tabla 91. Datos para el análisis de la varianza ANOVA de costo unitario por m3 de concreto.	141
Tabla 92. Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de costo unitario por m3 de concreto.	141
Tabla 93. Medidas descriptivas de la densidad de las probetas.....	142
Tabla 94. Medidas descriptivas de la densidad de las probetas (kg/m3) de a acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.	143
Tabla 95. Medidas descriptivas de la resistencia de las probetas	144
Tabla 96. Medidas descriptivas de la resistencia de las probetas (kg/cm2) de a acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.	145
Tabla 97. Medidas descriptivas de la absorción de las probetas.	146
Tabla 98. Medidas descriptivas de la ensayos de absorción (%) de a acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.	146
Tabla 99. Medidas descriptivas de la porosidad abierta de las probetas.	148
Tabla 100. Medidas descriptivas de la porosidad abierta (%) de a acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.....	148
Tabla 101. Medidas descriptivas del costo unitario por m3 de concreto	149
Tabla 102. Medidas descriptivas de la costó unitario por m3 de concreto (S/) de a acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.	150
Tabla 103. Prueba TUKEY de la densidad de las probetas.....	151
Tabla 104. Prueba TUKEY de la resistencia de las probetas.	153

Tabla 105. Prueba TUKEY de la absorción de las probetas.	156
Tabla 106. Prueba TUKEY de la porosidad abierta de las probetas	157
Tabla 107. Prueba TUKEY del costo unitario por m3 de concreto.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las cuatro fases en el fraguado y endurecimiento del cemento portland.	30
Figura 2. Representación de las etapas de hidratación del cemento.....	31
Figura 3. Representación esquemática de las proporciones volumétricas en la pasta de cemento antes y después de la hidratación.	33
Figura 4. Consistometro vebe descrito en ACI 211.3.....	39
Figura 5. Equipo Para Ensayo ASTM D 1557.	39
Figura 6. Incrementos de resistencia en el concreto con la edad mientras se cuente con humedad y temperatura favorables para la hidratación del cemento.....	45
Figura 7. Tiempo límite para realizar los ensayos.....	46
Figura 8. Procedimiento para medir el asentamiento	47
Figura 9. Reducción de la resistencia a 28 días, según diferentes curados iniciales.	48
Figura 10. Rotulo recomendado en especímenes de concreto.....	49
Figura 11. Tipos de falla en especímenes de concretos refrentados.....	49
Figura 12. Distribución de muestras de estudio	56
Figura 13. Diagrama que muestra los procedimientos seguidos en la investigación	57
Figura 14. Ubicación de la cantera unocolla	58
Figura 15. Curvas Granulométricas del Agregado Fino.....	76
Figura 16. Curvas Granulométricas del Agregado Grueso.....	77
Figura 17. Temperaturas mínimas, máximas y temperatura media durante el mes de Junio 2017 (SENAMHI)	79
Figura 18. Temperaturas mínimas, máximas y temperatura media durante el mes de Julio-2017 (SENAMHI)	79
Figura 19. Temperaturas mínimas, máximas y temperatura media durante el mes de Agosto- 2017 (SENAMHI)	80
Figura 20. Temperaturas promedio, mínimas, máximas de la estación de invierno del año 2017 (SENAMHI)	80
Figura 21. Método grafico granulometría combinada.....	81
Figura 22. Curvas de los ensayos proctor modificado realizados con diferentes proporciones de cemento Portland tipo IP.....	83
Figura 23. Dispersión de resultados de la resistencia a la compresión.....	87
Figura 24. Relación de resistencia a la compresión y densidad en concretos compactados	87

Figura 25. Relación de resistencia a la compresión y densidad en concretos convencionales	88
Figura 26. Variación de la resistencia a la compresión para diferentes edades de curado en especímenes de 5%, 10%, 15% y 20% de cemento.....	89
Figura 27. Variación de la resistencia a la compresión para diferentes edades de curado en especímenes de 175, 210, y 280 kg/cm ²	89
Figura 28. Vista 3d de los ensayos a la resistencia a la compresión para diferentes edades de curado para especímenes de 5%, 10%, 15% y 20% de concreto compactado y 175, 210 y 280 kg/cm ² para concretos convencionales.	90
Figura 29. Dispersión resultados del módulo de elasticidad	91
Figura 30. Variación del módulo de elasticidad para diferentes edades de curado para especímenes de 5%, 10%, 15% y 20% de cemento.....	92
Figura 31. Variación del módulo de elasticidad para diferentes edades de curado en especímenes 175, 210, 280 kg/cm ²	92
Figura 32. Relación de resistencia a la compresión y la absorción en especímenes de concreto compactado.	93
Figura 33. Relación de resistencia a la compresión y la absorción en especímenes de concreto convencional.	94
Figura 34. Relación de resistencia a la compresión y la porosidad abierta en especímenes de concreto compactado.	95
Figura 35. Relación de resistencia a la compresión y la porosidad abierta en especímenes de concreto convencional.	95
Figura 36. Dispersión de costo-beneficio para 7 días de curado en concreto compactados y convencionales.....	100
Figura 37. Dispersión de costo-beneficio para 14 días de curado en concreto compactados y convencionales.....	101
Figura 38. Dispersión de costo-beneficio para 28 días de curado en concreto compactados y convencionales.....	101
Figura 39. Dispersión de costo-beneficio para 56 días de curado en concreto compactados y convencionales.....	102
Figura 40. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 7 días.....	108
Figura 41. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 7 días.....	109
Figura 42. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 7 días. ...	110

Figura 43. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 7 días.....	111
Figura 44. Análisis de los especímenes del costo unitario por m ³ de concreto (S/) de la probeta a los 7 días.	112
Figura 45. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 14 días.....	113
Figura 46. Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 14 días.....	114
Figura 47. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 14 días. .	115
Figura 48. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 14 días.....	116
Figura 49. Análisis de los especímenes del costo unitario por m ³ de concreto (S/) de la probeta a los 14 días	117
Figura 50. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 28 días.....	118
Figura 51. Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 28 días.....	119
Figura 52. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 28 días .	120
Figura 53. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 28 días.....	121
Figura 54. Análisis e los especímenes del costo unitario por m ³ de concreto (S/) de la probeta a los 28 días.	122
Figura 55. Análisis de análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 56 días	123
Figura 56. Análisis de análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 56 días.....	124
Figura 57. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 56 días. .	125
Figura 58. Análisis de análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 56 días.	126
Figura 59. Análisis de los especímenes del costo unitario por m ³ de concreto (S/) de la probeta a los 56 días	127
Figura 60. Análisis dispersión de resultados de la densidad	129
Figura 61. Análisis de la resistencia a la compresión de las probetas.....	130
Figura 62. Análisis de ensayos de absorción de las probetas.	131
Figura 63. Análisis de la porosidad abierta de las probetas.....	132
Figura 64. Análisis de la costó unitario por m ³ de concreto	133

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia.....	170
Anexo B. Glosario de términos.	171
Anexo C. Panel Fotográfico.	174
Anexo D. Ensayo de laboratorio.....	187

LISTA DE SÍMBOLOS

NTP	:	Norma Técnica Peruana
Cm	:	Centímetro
M	:	Metro
Plg.	:	Pulgada
°C	:	Grados Centígrados
KG	:	Kilogramo
D	:	Diámetro
TN	:	Toneladas
Kgf.	:	Kilogramo - Fuerza
PM	:	Portland Modificado
MF	:	Módulo de Fineza
S	:	Peso específico de masa
W	:	Densidad del agua
P.U.C.	:	Peso Unitario Compactado seco del agregado
F'c	:	Resistencia a la compresión
KG/M2	:	fuerza por unidad de área
CM	:	Centímetros
γ	:	Peso específico
ACI	:	American Concrete Institute
CCR	:	Concreto Compactado con Rodillo
CC	:	Concretos Compactados
A/C	:	Relación agua/cemento, en peso

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulada “evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca”, tiene como objetivo evaluar las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca, Para ello la metodología seguida fue emplear agregados de origen local, proveniente de la cantera unocolla, la gradación de los agregados según la EG-2018, cemento empleado fue el cemento Portland Tipo IP y agua según la NTP 339.088. Se buscó determinar la influencia de la temperatura de invierno en el comportamiento estructural de especímenes de concreto compactado y convencional. En concretos compactados para la combinación de agregados se realizó según la gradación ACI 325.10R, Se buscó mejorar las propiedades mecánicas del concreto, mediante la reducción de vacíos siguiendo el procedimiento de la norma ASTM D-1557. Una vez calculado el óptimo contenido de agua, se determinó la proporción de todos los componentes, Para que la energía específica de compactación no difiera con lo normalizado se recalculó los datos en función al volumen de la briquetera. Para concretos convencionales se realizó el diseño de mezcla por el método del módulo fineza de combinación de agregados para especímenes de concretos de 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm². En seguida se estudia las características del concreto compactado y convencional tales como densidad de masa, absorción, porosidad abierta, resistencia a la compresión y sus correlaciones con el módulo de elasticidad y módulo de rotura, finalmente el análisis de información se realiza mediante pruebas estadísticas ANOVA y TUKEY, En la presente investigación se demuestra que el concreto compactado en zonas frías, y estación de invierno del 2017, donde temperatura alcanza de -12.2 °C en la noche y 28°C de día, presenta un buen comportamiento estructural incrementando hasta en 17.72% en concreto compactado al 20% de cemento frente a un concreto convencional de 280 kg/cm² y se incrementa en 22.00% en concreto compactado al 15% de cemento frente a un concreto convencional de 210 kg/cm². Además, se evidencia que las resistencias de diseño no son alcanzadas en concretos convencionales. El concreto compactado presenta una densificación más notable y alcanza mayor resistencia, constituyendo una alternativa económica para la construcción de pavimentos, debido a que se disminuye el uso del cemento lo que equivale a decir un ahorro, las cuales se reducen hasta en 2.21% en concreto compactado al 20% de cemento frente a un concreto convencional de 280 kg/cm² y se reducen hasta en 9.38% en concreto compactado al 15% de cemento frente a un concreto convencional de 210 kg/cm² por ello el concreto compactado puede competir en lo que respecta a costos frente a un concreto convencional.

Palabras clave: comportamiento estructural, concreto compactado, estaciones de invierno, capacidad de su uso, influencia de temperatura.

ABSTRACT

The present research work entitled "Evaluation of the characteristics of the structural behavior of compacted concrete and the capacity of use in winter stations in the city of Juliaca", aims to evaluate the characteristics of the structural behavior of compacted concrete and the capacity of use in winter seasons in the city of Juliaca. For this the methodology followed was to use aggregates of local origin, from the unocolla quarry, the gradation of the aggregates according to EG-2018, cement used was the Portland Type IP cement and water according to the NTP 339.088. We sought to determine the influence of winter temperature on the structural behavior of specimens of compacted and conventional concrete. In concrete compacted for the combination of aggregates was made according to the ACI 325.10R gradation, It was sought to improve the mechanical properties of the concrete, by reducing voids following the procedure of the ASTM D-1557 standard. Once the optimum water content was calculated, the proportion of all the components was determined. For the specific energy of compaction not to differ with the normalized, the data was recalculated according to the volume of the briquette. For conventional concretes, the mixing design was carried out by the fineness module method of combination of aggregates for specimens of concrete of 175 kg / cm², 210 kg / cm² and 280 kg / cm². Next, the characteristics of compacted and conventional concrete such as mass density, absorption, open porosity, resistance to compression and its correlations with the modulus of elasticity and modulus of rupture are studied. Finally, the analysis of information is carried out through statistical tests ANOVA and TUKEY. In the present investigation it is demonstrated that the concrete compacted in cold zones, and winter season of 2017, where temperature reaches -12.2 ° C at night and 28 ° C during the day, has a good structural behavior increasing up to 17.72% in Concrete compacted to 20% cement compared to a conventional concrete of 280 kg / cm² and increased by 22.00% in concrete compacted to 15% cement versus a conventional concrete of 210 kg / cm². In addition, it is evident that the design resistances are not reached in conventional concrete. The compacted concrete presents a more noticeable densification and reaches greater resistance, constituting an economic alternative for the construction of pavements, due to the fact that the use of cement is reduced, which is equivalent to saving, which are reduced by up to 2.21% in concrete compacted to 20% cement compared to a conventional concrete of 280 kg / cm² and reduced up to 9.38% in concrete compacted to 15% cement compared to a conventional concrete of 210 kg / cm² so the compacted concrete can compete in the regarding costs versus conventional concrete

Key Words: structural behavior, compacted concrete, winter stations, capacity of use, influence of temperature.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se investiga como el concreto compactado en zonas frías, y en estación de invierno del 2017, presenta un buen comportamiento estructural frente a un concreto convencional y constituye una alternativa económica para la construcción de pavimentos, debido a que se disminuye el uso del cemento a lo que equivale a decir un ahorro.

Las carreteras son elementos esenciales para el desarrollo social y económico de las comunidades humanas, muchas veces, situadas en sitios montañosos o semidesérticos, en los que el acceso a los servicios básicos de salud y educación es enormemente complicado.

Por ello se pretende elaborar un concreto más económico y que en estaciones de invierno donde la temperatura varía $-12.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la noche y 28°C de día, pueda alcanzar resistencias necesarias para uso en obras de pavimentación.

La metodología seguida es emplear agregados de origen local, la gradación de los agregados según la EG-2018, el cemento a utilizar es el cemento Portland Tipo IP y agua según la NTP 339.088. Se busca determinar la influencia de la temperatura de invierno en el comportamiento estructural de especímenes de concreto compactado y convencional, Para concretos compactados la combinación de agregados se realiza según la gradación ACI 325.10R, mediante la reducción de vacíos se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto, una vez calculado el óptimo contenido de agua, se determina la proporción de todos los componentes de cada mezcla, para que la energía específica de compactación no difiera con lo normalizado se recalcula los datos en función al volumen de la briquetera. Para concretos convencionales se realiza el diseño de mezcla por el método del módulo finza de combinación de agregados para especímenes de concretos de 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 . de ello se estudia las características del concreto compactado y convencional tales como densidad de masa, absorción, porosidad abierta, resistencia a la compresión y sus correlaciones con el módulo de elasticidad y módulo de rotura, finalmente el análisis de información se realiza mediante pruebas estadísticas ANOVA y TUKEY.

Los resultados esperados son que el concreto compactado al definirse como un concreto de consistencia seca y asentamiento nulo; alcance valores elevados en cuanto a resistencia respecto a los concretos convencionales y se demuestre que el concreto

compactado en estación de invierno, donde las temperaturas son extremas de noche y de día, alcancen un buen comportamiento estructural incrementando su resistencia frente a concretos convencionales.

El concreto compactado sea una alternativa económica para la construcción de pavimentos debido a que se disminuye el uso del cemento, por ello pueda competir frente a un concreto convencional.

1.1 Identificación del Problema

Mediante la presente investigación se pretende realizar un estudio del comportamiento estructural del concreto compactado en estación de invierno. ya que en zonas altas y frías expuestas a temperaturas mínimas comúnmente se observa que las resistencias de diseño no son alcanzadas, razón por la cual esta investigación resulta viable como alternativa de solución.

Los fenómenos climáticos de tipo cíclico afectan a la calidad del concreto que se elabora y emplea en nuestra ciudad. Uno de estos, es el fenómeno originado en las estaciones de invierno donde las temperaturas medias son mínimas, y estos afectan a la microestructura interna del concreto y conlleva a no desarrollar la resistencia inicial debido a que la velocidad de hidratación es lenta y se prolonga el tiempo de fraguado y en otros casos hasta llega a detenerse, las temperaturas oscilan desde $-12.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto ocurre frecuentemente durante la estación de invierno en la ciudad de Juliaca. En este periodo se presentan grandes oscilaciones térmicas entre el día y la noche, bajas temperaturas en la noche y altas temperaturas en el día.

El ex ministro de la carretera de Transportes y Comunicaciones Enrique Cornejo, sostuvo que el costo de un kilómetro de carretera pavimentada en la costa peruana está entre 800 mil y 1 millón de dólares, en la sierra, entre un millón quinientos mil dólares y en la selva, dos millones de dólares a mas (Diario El Comercio, 2015).

Estos costos superiores, son uno de los motivos por el cual se postergan proyectos de pavimentación, en el presente proyecto de tesis se plantea el uso del concretos compactado para este fin, únicamente utilizando principios de compactación de suelo, mejora la capacidad mecánica y a su vez sea rentable por esto se presenta como una alternativa innovadora de construcción.

El uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de carreteras es cada vez más necesario para dar respuesta a las exigencias de diferentes índoles, lo que requiere que la investigación de las mismas para diferenciar a aquellas que proporcionen la mejor solución

Lo que nos lleva a realizar las siguientes preguntas

1) ¿Cuál es el comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de su uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca?

2) ¿Por qué el concreto compactado es una alternativa rentable frente a un concreto convencional, en estaciones de invierno?

3) ¿Cuál es el comportamiento estructural del concreto compactado y convencional en estaciones de invierno?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de su uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Demostrar que el concreto compactado es una alternativa rentable frente a un concreto convencional, en estaciones de invierno.
- Analizar el comportamiento estructural del concreto compactado y convencional, en estaciones de invierno.

1.3 Justificación

1.3.1 Social

Las carreteras ocupan un lugar muy importante dentro de la infraestructura Debido a que contribuyen al desarrollo del país, por ello es necesario darles una debida importancia durante su construcción y realizar un adecuado mantenimiento para alargar su vida útil, durante su periodo de servicio.

Sin duda, las carreteras son elementos esenciales para el desarrollo social y económico de las comunidades humanas, muchas veces, situadas en sitios montañosos o semidesérticos, en los que el acceso a los servicios básicos de salud y educación es enormemente complicado.

1.3.2 Económica

En perspectiva sobre la forma en que a partir de ahora el concreto compactado es una alternativa que se está empleando en todo el mundo y que a través de los años está siendo cada vez más estudiado con la finalidad de poseer un material más económico y técnicamente cada vez mejor, es pertinente conocer las características de este material para su uso en pavimentos

La utilización del concreto compactado, es factible en la ciudad de Juliaca ya que ha resultado ser un pavimento de bajo costo de construcción debido a que se reduce el uso del cemento.

1.3.3 Técnica

Esta investigación tiene el propósito de elaborar un concreto que alcance resistencias adecuadas para uso en pavimentos y evaluar las características del comportamiento estructural del concreto compactado y fortalecer el desarrollo de la ingeniería vial de la ciudad de Juliaca, al ser una alternativa innovadora de nuevos métodos constructivos.

La búsqueda de un concreto con baja fisuración, junto con la necesidad de establecer el empleo de unas mezclas y sistemas de ejecución más económicas, condicionan de manera determinante las dosificaciones empleadas con esta nueva técnica.

Los bajos contenidos de cemento y agua para la consecución de tales fines llevaron por necesidades de uso al concreto compactado para su estudio.

Las bajas temperaturas disminuyen el calor del proceso de hidratación y retardan significativamente el tiempo de fraguado del concreto, lo que resulta en una reducción de la resistencia a compresión.

1.3.4 Científica.

Se pretende elaborar un concreto más económico y que en estaciones de invierno donde la temperatura varía $-12.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la noche y 28°C de día, pueda alcanzar resistencias necesarias para uso en obras de pavimentación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Los siguientes artículos científicos se han considerado como antecedentes para la presente tesis.

2.1.1 Primer Antecedente.

Palomares (1998), título: características técnicas del concreto compactado con rodillo (concreto compactado), de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil- Lima Perú. El objetivo de esta investigación es dar alcance en el diseño de mezclas para elaborar concreto compactado. El trabajo de Carmona pretende dar un alcance en el diseño de mezclas para elaborar concreto compactado con rodillo y una pequeña prueba de aplicación (mezcla para pavimento rígido) para ello se han recogido los estudios y experiencias de aquellos que divulgan sus aportes con el fin de mantener actualizados los conocimientos del concreto. Después de probar los diseños que recomienda la norma ACI obtuvo mezclas pedregosas y difíciles de compactar por ello opto por cambiar la metodología de diseño de mezclas, considerando la mecánica de suelos y conceptos de tecnología de concreto. Y los costos de concreto compactado para 1 m² y 0.15m de espesor fue de 21.30 soles, con contenido de cemento de 306 kg/m³ de concreto compactado y según la tesis menciona que a la edad de 7 días ya alcanza resistencias de 270 kg/cm².

2.1.2 Segundo Antecedente.

Zavaleta (2017) título: concreto compactado con rodillo aplicado a pavimentos utilizando método de compactación de suelos. De la Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ingeniería-Cajamarca-Perú. El objetivo de esta investigación es cuantificar las propiedades físicas mecánicas de un concreto compactado utilizando método de compactación de suelos, se logra cuantificar las propiedades físico-mecánicas de un concreto compactado utilizando el método de compactación de suelos, El concreto compactado presentó un incremento de resistencia significativo en Compresión, a la edad de 7 días aumento en 14.47%, 14 días en 18.69% y a los 28 días en 25.85%.

2.1.3 Tercer Antecedente.

Escalaya (2006) título: diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. De la Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Civil Sección de Post-Grado, Lima – Perú concluye que los resultados conseguidos en los ensayos de resistencia a la compresión realizados a las probetas de concreto compactado son muy alentadores debido a que las resistencias alcanzadas con ambos tipos de cementos investigados son suficientes para el diseño de presas pequeñas; es así, que a la edad de 90 días las probetas fabricadas con 2% de ambos tipos de cemento alcanzaron resistencias mayores de 50 Kg/cm². A partir de la edad de 56 días el valor del módulo de elasticidad se mantiene aproximadamente constante. A edades avanzadas los módulos de elasticidad de los especímenes fabricados con 2, 3 y 4% de cemento Portland tipo I son menores que los obtenidos con la misma proporción del cemento Puzolánico tipo IP, en el caso de la proporción de 5 % este comportamiento se invierte.

2.1.4 Cuarto Antecedente.

Huamani (2016) Título: Análisis y Diseño de Pavimentos de concreto compactado (concreto compactado con rodillo): propuesta de aplicación a la avenida las torres del distrito de yura, de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Facultad de Ingeniería Civil-Arequipa-Perú, tiene como objetivo usar la metodología de diseño del concreto compactado con rodillo en la pavimentación de la Avenida Las Torres del Distrito de Yura, en la tesis de Huamani, en los primeros 7 días de curado, la mezcla de concreto compactado ganó 74% de la resistencia para 14% de cemento, 78% de la resistencia para 15% de cemento, 81% de la resistencia para 16% de cemento y 83% de la resistencia para 14% de cemento. Después de 14 días de curado, la resistencia a compresión alcanzó aproximadamente el 90% de la resistencia a los 28 días. el costo total de pavimentación con concreto compactado de la Avenida Las Torres del distrito de Yura, incluyendo partidas básicas en la construcción de pavimentos, asciende a un costo total de S/. 7, 962,079.42, equivalente a 2 millones cuatrocientos mil dólares para 3.5 km de pavimentación aproximadamente, a un costo por km de 800 mil dólares, coherente con la realidad nacional y regional, además de representar un ahorro del 34.5 % respecto del concreto convencional.

2.1.5 Quinto Antecedente.

Alvarado, Díaz y Somoza (2004) título: concreto compactado con pavimentadora como alternativa de pavimentación para la red vial de el salvador. De la Universidad de el Salvador- Facultad de Ingeniería y Arquitectura-San Salvador. Tiene como objetivo determinar los parámetros para el diseño de mezclas, utilizando materiales locales y proponer lineamientos generales del diseño estructural y proceso constructivos de los pavimentos de concreto compactado con pavimentadora (CCP), Los resultados obtenidos en

esta investigación en lo que respecta al esfuerzo a la compresión y el módulo de ruptura con la relación agua cemento nos indica que entre menor sea estas últimas mayores serán estos, también se pudo comprobar que entre mayor sea el porcentaje de cemento la resistencia a la compresión y módulo de ruptura tienden a aumentar. Tomando en cuenta los porcentajes de cemento obtenidas con la humedad óptima para los módulos de ruptura de 40 y 45 kg/cm², de 14.4 y 16.2 % (relación a/c de 0.52 y 0.45) respectivamente, adquiridos de las figuras 4.25 y 4.26, se tienen consumos de cemento de 6.02 y 6.49 bolsas/m³ menores a los utilizados en la elaboración de un concreto convencional para pavimentos.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Componentes del concreto compactado.

2.2.1.1 Cemento portland.

Carrillo (2004) menciona: “El cemento pórland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clínker, es un polvo muy fino de color verdoso” (p.32).

2.2.1.1.1 Propiedades del cemento.

Rivva (1992) afirma: “Las propiedades del cemento que se deben tener encienta son finura, el peso específico, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión” (p. 138).

2.2.1.1.2 Etapas de la hidratación.

La hidratación del cemento Portland puede ser analizada como la suma de todas las reacciones de los compuestos individuales del cemento, interactuando paralelamente.

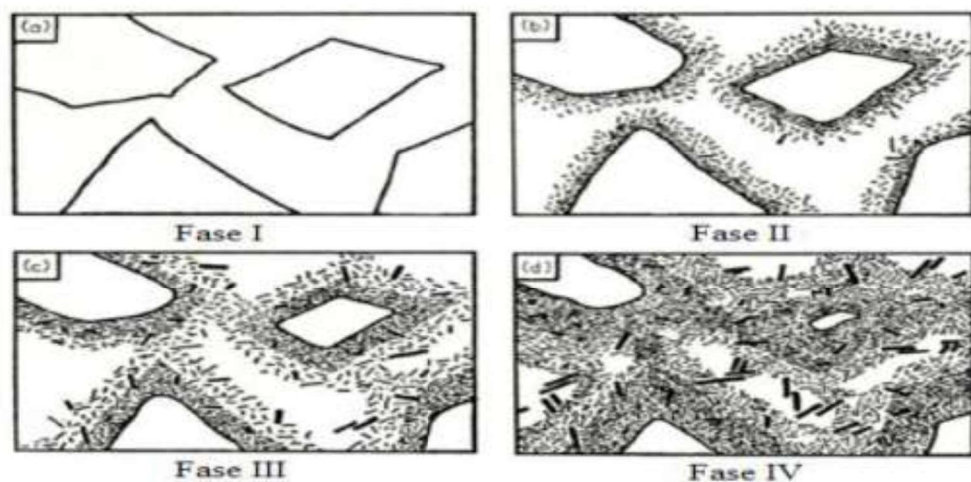


Figura 1. Fases del fraguado y endurecimiento del cemento portland (Aguilar et al., 2009).

Aguilar, Rodriguez & Sermeno (2009) afirma:

En la figura que antecede se muestran las cuatro fases en el fraguado y endurecimiento del cemento portland; en la fase I, se observan los granos de Clinker dispersos sin reaccionar en el agua, pasado unos minutos. los productos de hidratación crecen hacia dentro y hacia fuera de la superficie de cada grano (fase II), luego de unas horas interactúan las capas que recubren los diferentes granos de Clinker, volviéndose así el conjunto un gel continuo (fraguado, fase III). al pasar de los días surge una masificación del gel (endurecimiento, fase IV). La reacción de hidratación es exotérmica, es decir, libera calor y cada componente del cemento libera una cantidad diferente. por otra parte, el calor total liberado viene condicionado por diversos factores, como la finura del cemento o la mayor o menor presencia de los productos químicos que forman el Clinker. A continuación, se muestran en detalle, a través de un gráfico, las cuatro etapas del proceso de hidratación del cemento. (p. 324)

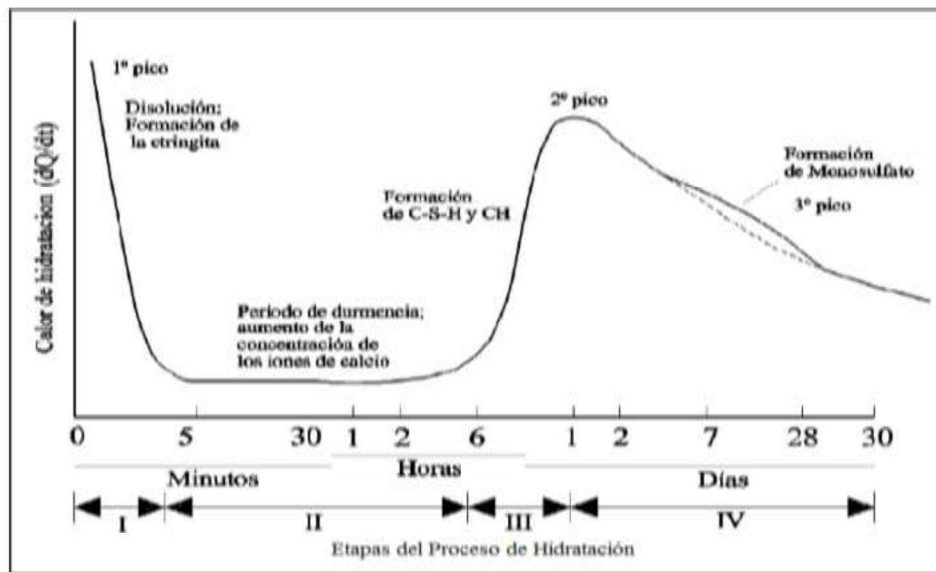


Figura 2. Representación de las etapas de hidratación del cemento. (Aguilar et al., 2009).

2.2.1.1.4 Tipos de cementos.

Carrillo (2004) afirma: “Se fabrican diversos tipos de Cementos Portland para satisfacer diferentes necesidades químicas y físicas para propósitos determinados. Las cuales son: Cementos pórtland sin adición y cementos pórtland adicionados” (p. 35).

2.2.1.2 Agua.

Rodriguez y Pinto (2009) refiere “el agua utilizada en mezclas de concreto compactado debe ser independiente de cantidad enormes de álcalis, ácidos o material

orgánico que pueden impedir la ganancia de resistencia. Los concreto compactado son muy sensibles a la oscilación del contenido de agua” (p.156). el déficit de agua aumenta el riesgo de segregación, presentando dificultades para la compactación y el acabado superficial, el exceso produce inestabilidad de la mezcla durante la compactación.

Aguirre (2014) afirma: “el contenido de humedad dentro de un metro cúbico de concreto compactado varía entre 4 y 7% del peso de los materiales, siendo inevitables, en la mayoría de los casos, del orden de 110 a 130 litros/m³ de material” (p. 86).

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de 2 o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los límites permisibles primarios no deben superar de los siguientes:

Tabla 1.
Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla

Descripción	Límites Permisibles		
sulfatos	200	ppm	Máximo
Cloruros	300	ppm	Máximo
Solidos totales	10	ppm	Máximo
Turbidez	5	NTU	Máximo
pH	6-8		Máximo

Nota: Fuente (Aguirre, 2014).

Según Aguilar et al. (2009) el agua de mezclado en la pasta saturada se encuentra en tres estados, adsorbida físicamente en las superficies del gel tobermorítico, químicamente combinada, en el espacio externo a la atracción de las fuerzas superficiales.

En la mezcla de concreto fresco, se puede considerar que, la diferencia de volumen entre los componentes separados y los productos hidratados durante las primeras horas es prácticamente nula.



Figura 3. Representación esquemática de las proporciones volumétricas en la pasta de cemento antes y después de la hidratación. (Aguilar et al., 2009).

2.2.1.3 Agregados para el concreto compactado.

Según Alvarado (2014) afirma: “Cuanto mayor sea la cantidad del agregado esgrimido en la mezcla de concreto compactado, es más probable que se produzcan dificultades relacionados con la segregación durante el transporte, colocación y compactación”(p. 322).

“La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efecto importante no sólo en el acabado y disposición final del concreto así mismo sobre la trabajabilidad, consistencia, durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario” (Carrillo, 2004, p. 90).

Tabla 2.

Principal aspectos del concreto influidos por los agregados.

Características	Efectos en el Concreto	
	Fresco	Endurecido
Granulometría	Manejabilidad Requerimiento de Agua Sangrado	Resistencia Mecánica Cambios Volumétricos Economía
Limpieza (materia orgánica, limo, arcilla y otros finos indeseables)	Requerimiento de agua Contracción plástica	Durabilidad Resistencia mecánica Cambios Volumétricos
Densidad (gravedad específica)	Peso unitario	Peso unitario
Sanidad	Requerimiento de agua	Durabilidad
Absorción y porosidad	Perdida de revenimiento Contracción plástica	Durabilidad Permeabilidad

Forma de partículas	Manejabilidad Requerimiento de agua Sangrado	Resistencia mecánica Cambios volumétricos Economía
Textura Superficial	Manejabilidad Requerimiento de agua	Durabilidad Resistencia al desgaste Economía
Tamaño máximo	Segregación Peso unitario Requerimiento de agua	Resistencia mecánica Cambios volumétricos Peso unitario Permeabilidad Economía
Reactividad con los álcalis Módulo de elasticidad		Durabilidad Módulo de elasticidad Cambios volumétricos
Resistencia a la abrasión		Resistencia a la abrasión Durabilidad
Resistencia mecánica (por Aplastamiento)		Resistencia mecánica
Partículas friables y terrones de arcilla	Contracción plástica	Resistencia mecánica Durabilidad Reventones superficiales
Coefficiente de expansión Térmica		Propiedades térmicas

Nota: Fuente (Carrillo, 2004).

2.2.1.3.1 Importancia.

Según Carrillo (2004) los agregados en el concreto ocupan alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada elección, además los agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto por otro parte son estos elemento los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad.

2.2.1.3.2 Clasificación.

Existen muchas formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son clasificadas por su naturaleza, por su densidad, por el origen, forma y textura superficial.

2.2.1.3.3 Propiedades del agregado.

A). Propiedades físicas.

En ella están las propiedades de la densidad, porosidad, peso unitario, porcentaje de vacío y humedad.

B). Propiedades resistentes.

Dentro de las propiedades resistentes están la resistencia tenacidad, dureza y módulo de elasticidad.

C). *Propiedades térmicas.*

Dentro de ella se encuentran el coeficiente de expansión, calor específico, conductividad térmica y difusividad.

D). *Propiedades químicas.*

En ellas están las reacciones álcali-sílice y reacción álcali-carbonatos.

2.2.1.3.5 *Normas y requisitos de los agregados para el concreto.*

A). *Requisitos obligatorios – granulometría.*

Los límites mostrados en la siguiente tabla. corresponden a la granulometría adecuada de agregados gruesos. Igualmente, la tabla sub siguiente define la granulometría ideal de agregado fino para muestras de concreto compactado.

Tabla 3 .

Gradación ideal de agregado grueso-Huso 6

HUSO 6 Tamaño Nominal 19 a 9,5 mm (¾ plg a 3/8 plg)	
25,0 mm (1 plg)	100
19,0 mm (¾ plg)	90-100
12,5 mm (½ plg)	20-55
9,5 mm (3/8 plg)	0-15
4,75 mm (N° 4)	0-5

Nota: Fuente (EG, 2018).

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio del espesor de diseño del pavimento. El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto.

Ensayo	Norma MTC	Norma NTP	Requisito	
Dureza				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	MTC E 207	NTP 400.019 NTP 400.020	40	
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo \geq 3 000 msnm.	- Sulfato de sodio	MTC E 209	NTP 400.016	12
- Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	18	
Limpieza				

Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo	MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo	MTC E 211	NTP 400.023	0,5
Geometría de las partículas			
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo	MTC E 210	D – 5821 (*)	60
Partículas chatas y alargadas (relación 5:1), % máximo	-.	NTP 400.040	15
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como S04=, % máximo.	-.	NTP 400.042	1,0
Contenido de cloruros, expresado como cl -, % máximo.	-.	NTP 400.042	0,1

Nota: Fuente (Carrillo, 2004).

Según Carrillo (2004) el englobado de partículas finas que se requieren es por lo general más alto que la del concreto convencional. Los finos deben ser no plásticos o tener un bajo índice de plasticidad ($IP < 5$).

Tabla 5.

Limites Gradación de agregado fin.

Tamiz		Porcentaje que Pasa
Normal	Alterno	
9,5 mm	3/8	100
4,75 mm	N.º 4	95-100
2,36 mm	N.º 8	80-100
1,18 mm	N.º 16	50-85
600 µm	N.º 30	25-60
300 µm	N.º 50	10-30
150 µm	N.º 100	2-10

Nota: Fuente (EG, 2018).

El agregado fino deberá cumplir, además, los requisitos de calidad indicados en la tabla 6, Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la tabla 6 para el contenido de materia orgánica, este se podrá aceptar, si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a 7 días no menor de 95%, calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma NTP 400.013 (ASTM C 87).

Tabla 6.

Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto

Ensayo	Norma MTC	Norma NTP	Requisito	
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq 3\ 000$ msnm	- Sulfato de sodio	MTC E 207	NTP 400.016	10
- Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016		15
Limpieza				
Índice de plasticidad, % máximo	MTC E 111	NTP 339.129		No plástico
Equivalente de arena, %mínimo	$f'c \leq 21$ MPa (210 kg/cm ²)	MTC E 114	NTP 339.146	65
$f'c > 21$ MPa (210 kg/cm ²)	MTC E 114	NTP 339.146		75
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo	MTC E 212	NTP 400.015		3
Carbón y lignito, % máximo	MTC E 211	NTP 400.023		0,5
Material que pasa el tamiz de 75 μ m (N.º 200), % máximo	MTC E 202	NTP 400.018		3
Contenido de materia orgánica				
Color más oscuro permisible	MTC E 213	NTP 400.024		Igual a muestra patrón
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , = % máximo.	-.	NTP 400.042		1,2
Contenido de cloruros, expresado como Cl ⁻ , % máximo.	-.	NTP 400.042		0,1
Absorción				
Absorción de agua, % máximo	MTC E 205	NTP 400.022		4

Nota: Fuente (EG, 2018).

Según Carrillo (2004) En la siguiente tabla muestra los rangos de valores de demanda de agua en kg/m³, con ajuste a la consistencia y al tamaño máximo nominal del agregado. Además, se observa el contenido de arena respecto al volumen total del agregado según sea triturado o rodado. en pavimentos, por lo general se recomienda usar mezclas densas, bien graduadas, con un agregado de tamaño máximo nominal igual o inferior de $\frac{3}{4}$ de pulgada (19 mm) con el fin de minimizar la segregación y producir una superficie con acabado liso.

Tabla 7.

Contenido del mortero para mezclas de concreto compactado.

Contents	Nominal Maximum size of aggregate (a)					
	19.0 mm		50 mm		75 mm	
	Average	Range	Average	Range	Average	Range
Water content. (b) Kg/m ³						
a) Vebe < 30sec	150	133-181	122	07-140	107	85-128
b) Vebe > 30sec	134	110-154	119	04-125	100	97-112
Sand content. %of total aggregate volume						
a) Crushed aggregate	55	49-59	43	2-49	34	29-35
b) Rounded aggregate	43	38-45	41	5-45	31	27-34
Mortar content. % by volumen						
a) Crushed aggregate	70	63-73	55	3-67	45	39-50

b) Rounded aggregate	55	53-57	51	7-59	43	39-48
Paste: mortar ratio. Vp/Vm. by volume	0.41	0.27-0.55	0.41	31-0.56	0.44	0.33-0.59
Entrapped air content on -1 ½ in. (37.5-mm) fraction. %	1.5	0.1-4.2	1.1	.2-4.1	1.1	0.5-3.3
(a) Quantities for use in estimating wáter. sand. mortar. and entrapped air content for trial RCC mixture proportioning studies.						
(b) Lower range for values should be used natural runded aggregate and mixtures with low cementitious or aggregate fines.						

Nota: Fuente (Carrillo 2004).

2.2.2 Generalidades del concreto compactado.

Según Carrillo y Orellana (2007) afirma que el concreto compactado es conocido comúnmente como una mezcla de concreto revenimiento nulo. Su espesor para uso en pavimentos comprende capas menores a 25 cm de espesor compactado. Así mismo, es importante mencionar que la técnica del concreto compactado no utiliza dovelas, acero de refuerzo ni formaletas.

El concreto compactado puede elaborar con cualquiera de los tipos básicos de cemento portland. Para las aplicaciones masivas cementos con una baja generación de calor son beneficiosos. La fuerza de desarrollo a edades tempranas de estos cementos, es generalmente más lenta que para un cemento de uso general, pero a edades mayores se tiene elevadas resistencias en concreto compactado.

La relación a/c, comparada con el concreto convencional, presenta valores bajos, en el orden de 0.40 o inferior. El empleo de aditivos en el concretos compactados, se da generalmente cuando se requiere más tiempo en el proceso de tendido y compactación, por lo que se recomienda utilizan aditivos retardadores de fragua.

Respecto a las propiedades ingenieriles del concreto compactado, algunas fuentes de información técnica determinan que, de acuerdo al contenido de cemento utilizado en la mezcla, éste puede alcanzar una resistencia a la compresión y a la flexión (a 28 días de edad) en el orden de 250 - 350 kg/cm² y de 35 - 50 kg/cm², respectivamente.

2.2.2.1 Equipo y ensayos de laboratorio.

Según Escalaya (2006) para el diseño de la mezcla del concreto compactado y para el Control de Calidad durante la construcción del pavimento, se utiliza equipo de laboratorio y procedimientos de ensayo estandarizados por organizaciones reconocidas, como ASTM.

2.2.2.2 Métodos de diseño de la mezcla para concreto compactado.

Los métodos utilizados en el diseño de la mezcla para concreto compactado pueden ser los siguientes:

Dosificación por ensayos de consistencia.

Este método está basado en el análisis de la trabajabilidad de la mezcla para concreto compactado, de tal manera que esta pueda ser lo suficientemente seca para soportar el peso del equipo de compactación, el equipo de laboratorio que se utiliza para este análisis es el Consistómetro Vebe, según el ACI 211.3.



Figura 4. Consistómetro vebe descrito en ACI 211.3 (Escalaya, 2006).

Dosificación por ensayos de compactación por impacto.

Este método se basa en la pérdida de resistencia en una mezcla para cc, que puede ocurrir por un contenido de humedad arriba o abajo del valor adecuado, debido a la desviación en la relación a/c. el objetivo del método es establecer el valor del CHO y de la densidad máxima para la mezcla de concreto compactado, utilizando el método de ensayo ASTM D 1557.



Figura 5. Equipo Para Ensayo ASTM D 1557 (Escalaya, 2006).

2.2.3 Propiedades del concreto compactado.

Según Escalaya (2006) Las propiedades del concreto compactado dependen de la calidad de los materiales empleados, de la proporción de mezcla y del grado de compactación o consolidación. Debido al amplio rango de materiales y de mezclas que han sido usados en las diferentes presas construidas a nivel mundial, desde mezclas pobres a mezclas con alto contenido de material cementante, los valores obtenidos para el conjunto de propiedades han sido variables.

Debido a que las mezclas concreto compactado que conforman la aproximación a suelos usualmente contienen más del 2% de vacíos de aire, el grado de compactación juega un rol importante en la producción de resistencia. Los vacíos son producidos por el contacto partícula-partícula de los agregados sin suficientes finos o pasta para rellenar los vacíos. El incremento de la compactación tiende a disminuir estos vacíos, produciéndose un concreto compactado más denso con un correspondiente incremento de la resistencia. Los agregados pobremente graduados o los agregados con un alto porcentaje de agregado grueso, pueden tener una matriz de agregados que está completamente compactada y aún posee un relativo alto porcentaje de vacíos, originando densidades y resistencias bajas. Aunque en las mezclas con aproximación a suelos, se puede tener un mayor volumen de vacíos, todos los contactos de los agregados son cementados juntos.

La compactación con rodillo de una mezcla de concreto compactado de asentamiento nulo, produce un material que es anisotrópico para muchas de sus propiedades. Esto se da principalmente para la impermeabilidad, donde la permeabilidad en dirección de la compactación vertical puede ser apreciablemente menor que en la dirección horizontal.

2.2.3.1 Resistencia.

2.2.3.1.1 Resistencia a la compresión.

Ensayos de resistencia a la compresión son desarrollados en la fase de diseño para determinar los requerimientos de la proporción de mezclas y optimizar la combinación de los materiales cementantes y agregados.

Según Escalaya (2006) menciona que la resistencia a la compresión es utilizada para satisfacer los requerimientos de cargas de diseño y también como indicador de otras propiedades tales como la durabilidad. Durante la construcción, los ensayos de resistencia a la compresión son usados para confirmar las propiedades de diseño como un instrumento para evaluar la variabilidad de la mezcla.

La resistencia a la compresión es normalmente requerida debido a su facilidad de determinación y a que muchas otras propiedades están directamente ligadas a ella. Para las presas de concreto compactado se requieren usualmente edades de ensayo de 90, 180 ó 360 días y de 28 días para pavimentos de concreto compactado. Las edades requeridas para las presas de concreto compactado se deben al desarrollo de resistencias a largo plazo de concretos que tienen en su mezcla material puzolánico como parte del material cementante.

La resistencia a la compresión del concreto compactado está determinada por el contenido de agua, el contenido y las propiedades del material cementante, la granulometría del agregado y el grado de compactación. Para muchas mezclas concreto compactado, la resistencia en compresión es una función de la relación agua - material cementante, tal como en los concretos convencionales.

La resistencia a la compresión del concreto compactado se incrementa con una reducción en el contenido de agua, mientras que esté completamente compactado. La máxima resistencia a la compresión para una mezcla determinada se obtiene con el óptimo contenido de agua acorde con el esfuerzo de compactación dado.

Los contenidos de agua menores que el óptimo producen resistencias a la compresión menores, indicando ello que la presencia de vacíos en la mezcla tiene un efecto negativo mayor sobre la resistencia que el efecto positivo de reducción de agua.

Para la mayoría de los concreto compactado, el diseñador establece un contenido de agua relativamente fijo, el cual está basado en el tiempo Vebe o valor VC para mezclas con aproximación a concreto, o una máxima densidad seca para mezclas diseñadas usando la aproximación a suelos.

El diseñador de mezclas concreto compactado con aproximación a suelos puede decidir especificar un contenido de agua ligeramente mayor que el óptimo para obtener una mejor trabajabilidad. Sin embargo, una vez que el contenido de agua y el esfuerzo de compactación son establecidos, la resistencia a la compresión depende del contenido de cemento o del contenido de la puzolana.

2.2.3.1.2 Resistencia a la flexión.

El Modulo de rotura es cerca del 10% al 15% de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. La mejor correlación para los materiales es la obtenida mediante ensayos de laboratorios para los materiales dados y el diseño de mezcla. La determinación de la resistencia a la tracción pura

del concreto es muy difícil de llevar a cabo debido a las tensiones secundarias que se suelen introducir en los ensayos.

2.2.3.2 Propiedades elásticas.

2.2.3.2.1 Módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad está definido como la relación del esfuerzo normal a su correspondiente deformación para esfuerzos de tensión o compresión, por debajo del límite elástico proporcional del material.

Los principales factores que pueden afectar el módulo de elasticidad del concreto compactado son la edad, la resistencia, el volumen de pasta y el tipo de agregado. Generalmente para un tipo de agregado dado, el módulo de elasticidad está en función de la resistencia.

Las mezclas concreto compactado preparadas con agregados para concretos convencionales y un contenido relativamente alto de cemento o cemento más puzolana pueden desarrollar módulos similares a aquellos obtenidos en concretos convencionales.

2.2.3.3 Durabilidad.

La durabilidad del concreto compactado es especialmente importante si el material es expuesto al tiempo o a fuerzas hidráulicas severas. El concreto compactado, como el concreto en masa convencional, está sujeto a un potencial deterioro debido a los efectos de abrasión/erosión, congelamiento/deshielo y otros factores como reacción álcali /sílice y ataque a los sulfatos.

2.2.3.3.1 Resistencia al congelamiento y deshielo.

Este fenómeno de congelamiento y deshielo ocurre en estaciones de invierno donde la temperatura llega de los 28 °C hasta los -12.2 °C. Debido a que generalmente en las mezclas concreto compactado un contenido apropiado de aire atrapado no es obtenible con aditivos, la resistencia al congelamiento y deshielo deberá basarse en su resistencia e impermeabilidad. Las mezclas concreto compactado de altas resistencias con bajas permeabilidades tienen una mayor resistencia al congelamiento - deshielo que las mezclas pobres de bajas resistencias.

Si las mezclas concreto compactado son diseñadas por durabilidad, empleando ensayos de pérdida de peso por congelamiento-deshielo y criterios como los desarrollados para suelo - cemento, se espera una durabilidad aceptable frente a procesos de congelamiento

y deshielo que se presentan en épocas de invierno. La cantidad de cemento necesaria para producir una mezcla de concreto compactado lo suficientemente durable, puede ser mayor que la requerida para alcanzar otras propiedades, tales como la resistencia a la compresión. Cuando las superficies horizontales del concreto compactado serán expuestas a ciclos tempranos de congelación y deshielo, es recomendable no realizar el reemplazo de cemento por puzolana o de lo contrario hacerlo en pequeñas proporciones, debido a las altas resistencias iniciales que se requieren en estas condiciones.

Según Enfedaque, Al-Assadi, Romero, Gálvez, y Zhe (2011) afirman: “Se han desarrollado diferentes métodos de ensayo para evaluar la resistencia del hormigón frente ciclos hielo- deshielo en bajas temperaturas durante la noche y altas temperaturas durante la noche”(p.286). Ningún método en particular puede reproducir completamente las condiciones de campo en todos los casos individuales. Si el hormigón tiene una resistencia inadecuada, el ataque de hielo-deshielo puede conducir a dos tipos de deterioro, al descascarillado.

Tabla 8.
Tiempo de fraguado del concreto

Tiempo del fraguado del concreto a diferentes temperaturas	
<i>Temperatura</i>	<i>Tiempo de Fraguado Aproximado</i>
38 °C (100 °F)	1 2/3 horas
32 °C (90 °F)	2 2/3 horas
27 °C (80 °F)	4 horas
21 °C (70 °F)	6 horas
16 °C (60 °F)	8 horas
10 °C (50 °F)	11 horas
4 °C (40 °F)	14 horas
-1 °C (30 °F)	19 horas
-7 °C (20 °F)	No fragua
	-el concreto se congelara

Nota: Fuente (Enfedaque et al., 2011).

2.2.4 Diseño de mezclas concreto compactado.

Según Escalaya (2012) afirma que el diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo (concreto compactado) fue originalmente desarrollado por ingenieros geotécnicos y empresas de ensayos de materiales que han estado familiarizados con los procedimientos de compactación de suelos y con los equipos empleados en el ensayo de probetas de concreto.

En general, el método de diseño de mezclas utilizando conceptos de compactación de suelos puede ser considerado un enfoque simplificado Reeves y Yates (1985)

recomiendan. “Una combinación de la teoría de mecánica de suelos y la teoría de concreto, utilizando equipos convencionales de laboratorio y procedimientos de ensayos de campo” (p.45). debido a que las resistencias y densidades del concreto compactado obtenidas en el campo pueden ser modeladas y previstas en el laboratorio usando métodos convencionales.

Reconociendo la versatilidad potencial y económica del concreto compactado como material de construcción, es importante que el diseño, los ensayos y el proceso constructivo sean lo más simples posible; de tal manera, que el ingeniero de diseño, el constructor y el ingeniero de laboratorio puedan fácilmente responder a las necesidades de un proyecto de concreto compactado. Para lograr este objetivo, un proyecto de concreto compactado debe utilizar equipos de laboratorio, ensayos, tecnologías de construcción y control de campo, conocidos.

La metodología simplificada considera que el concreto compactado puede ser tratado como un suelo procesado desde la fase de diseño hasta su colocación y la realización de los ensayos de campo del material; después de colocado el concreto compactado debe ser curado y tratado como si éste fuera un concreto convencional.

Debido a que el concreto compactado es considerado como un suelo granular procesado, se pueden emplear las teorías y los métodos estándar de la mecánica de suelos para definir y predecir el comportamiento del material.

2.2.5 Curado del concreto por aspersion

Según Aguilar et al. (2009) aseguran: “que el curado consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorio en el concreto durante un periodo definido después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas”(p. 545).

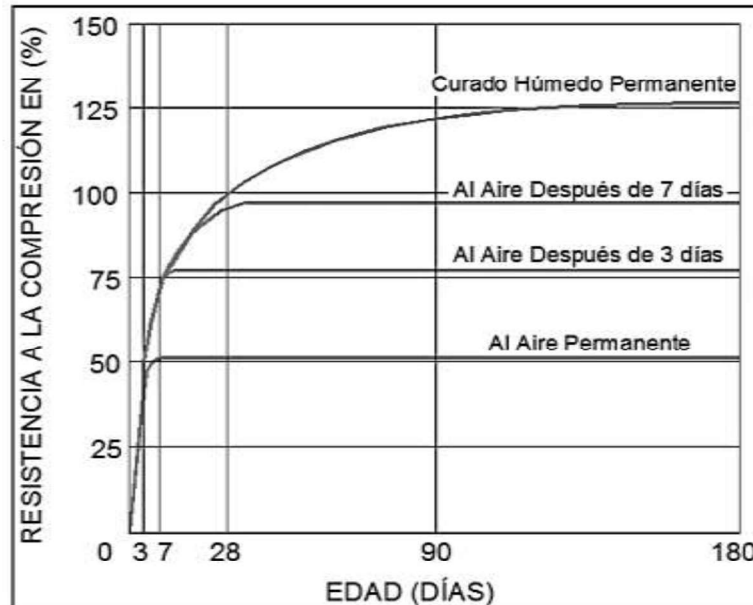


Figura 6. Incrementos de resistencia en el concreto con la edad mientras se cuenta con humedad y temperatura favorables para la hidratación del cemento (Aguilar et al.,2009).

2.2.6 Ensayo para control de calidad del concreto.

Es un grupo de procedimientos técnicos planeados cuya práctica permite que el concreto cumpla con los requisitos especificados, al menor costo posible la aplicación se da en estado fresco y estado endurecido. Los resultados de estas pruebas no pretenden pronosticar la calidad del concreto en la estructura ya que existen variables que van más allá del control del productor de concreto.

2.2.6.1 Muestreos de concreto fresco

Según Aguilar et al.(2009) mencionan: “Que para un correcto muestreo se deberá seguir la NORMA 339.036 ASTM C-172 El objetivo del muestreo es obtener muestras representativas de concreto fresco”(p.135). sobre las cuales se realizan ensayos para verificar el cumplimiento, los equipos que se requieren para el muestreo del concreto son:

- Recipiente no absorbente de capacidad > 28 L
- Palas, cucharones
- Tamices estándar

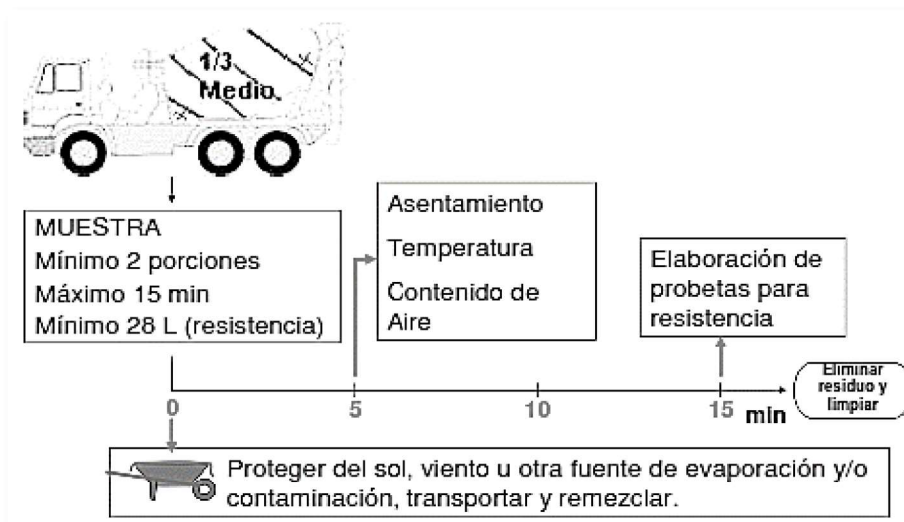


Figura 7. Tiempo límite para realizar los ensayos (Aguilar et al.2009).

2.2.6.2 Determinaciones de la temperatura de mezclas de concreto

Para ello se sigue los procedimientos en la norma NTP 339.114 ASTM C 1064 el objetivo de medir la temperatura es determinar la temperatura del concreto fresco para verificar el cumplimiento de los requerimientos especificados.

La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente, La forma de medir la temperatura es:

- En un recipiente no absorbente, que debe permitir un recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75 mm) en todas direcciones
- Ser por lo menos en 3 veces el TM del agregado.
- Elegir el mayor.

Tabla 9.

Criterios de aceptación de temperaturas en el concreto

Descripción	Criterio de Aceptación		ASTM C 94/C 94M-07 - NTP 339.114			
Clima frío	Temp. Mínima	Sección mm	<300	300-900	900-1800	>1800
		C	13	10	7	5
	Temp. Máxima			32 °C		
Clima cálido	T= Mas baja posible. Si T = 32°C se puede encontrar dificultades					

Nota: Fuente (NTP 339.114).

2.2.6.3 Asentamiento de concreto fresco con el cono de abrams

Para ello se sigue los procedimientos en la norma NTP 339.035 ASTM C 143, El objetivo del ensayo de asentamiento es:

- Determinar el asentamiento del concreto fresco en un rango desde ½ hasta 9
- Verificar el cumplimiento de las especificaciones.

Los equipos necesarios para medir el asentamiento

- Cono de Abrams
- Barra compactadora
- Instrumento de medida
- Herramientas pequeñas

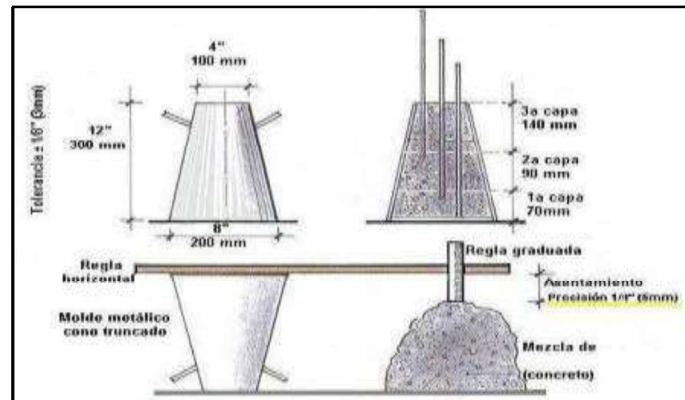


Figura 8. Procedimiento para medir el asentamiento (NTP 339.035).

Tabla 10.

Criterios de aceptación de asentamientos del concreto

	Especificaciones	Tolerancia	ASTM C 94/C 94M NTP 339.114
Asentamiento nominal	2 (50 mm) y menos	$\pm 1/2$ (15 mm)	
	2 a 4 (50 mm a 100 mm)	± 1 (25 mm)	
Asentamiento máximo o no debe exceder	mas de 4 (100 mm)	$\pm 1 1/2$ (40 mm)	
	3 (75 mm) o menos	En exceso 0 (0 mm)	En defecto 1 1/2 (40 mm)
	mas que 3 (75 mm)	En exceso 0 (0 mm)	En defecto 2 1/2 (65 mm)
Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad productor)			30 min desde llegada a obra

Nota: Fuente (NTP 339.035).

2.2.6.4 Contenido de aire en el concreto

Para ello existe el método presión, NTP 339.083 ASTM C 231 y método volumétrico NTP 339.081 ASTM C 173. Generalmente ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla. Está en función de las proporciones, las características físicas de los agregados y del método de compactación.

2.2.6.5 Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra.

Para ello se sigue los procedimientos estipulados en la norma NTP 339.033 ASTM C 31, Para ello se requieren los siguientes equipos: moldes cilíndricos, varilla, mazo de goma, pala, plancha de albañil, regla para enrasar, carretilla u otro recipiente para muestreo y remezclado. El procedimiento para realizar una correcta elaboración de los especímenes es llenar y compactar en tres capas iguales, llenar en exceso la última capa, 25 golpes con la varilla por cada capa, penetrar 2,5 cm (1) en la capa anterior, 10 a 15 golpes laterales con el mazo de goma.

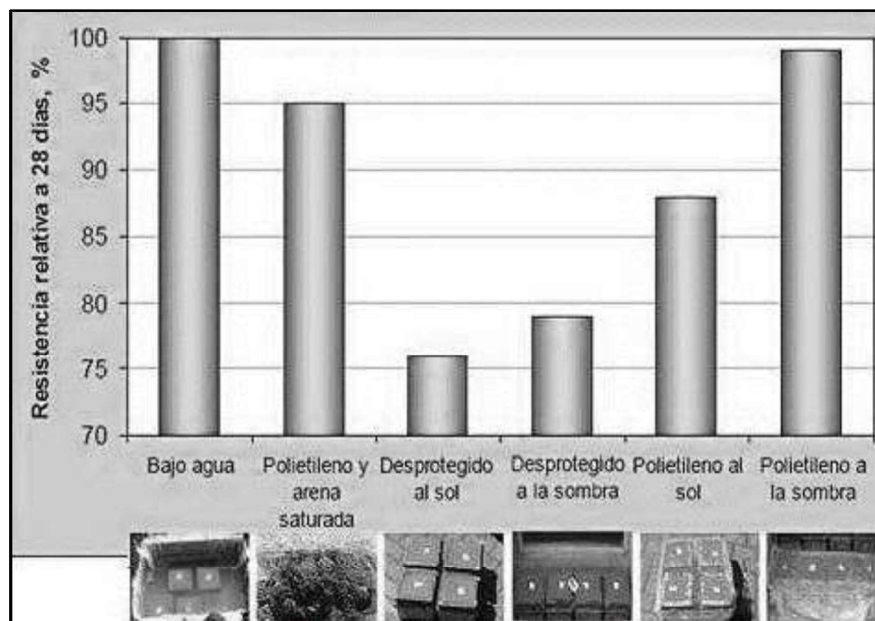


Figura 9. Reducción de la resistencia a 28 días, según diferentes curados iniciales (NTP 339.033).

Para un curado adecuado se deberá seguir lo siguientes recomendaciones: las probetas que evalúan la calidad del concreto se desmoldan antes de las 48 h después de moldeadas, máximo en 30 min después de desmoldar, colocar las probetas en una solución de agua de cal 3 g/L.

2.2.6.6 Ensayo de resistencia a la compresión.

Para ello se sigue el procedimiento recomendado en las normas NTP 339.034 ASTM C 39, se debe identificar a las probetas antes de refrentarlas.

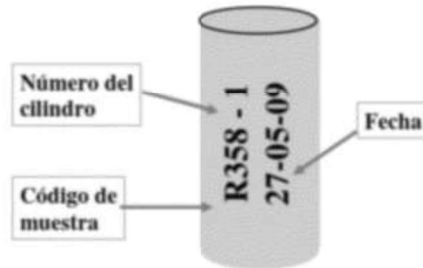


Figura 10. Rótulo recomendado en especímenes de concreto (NTP 339.034).

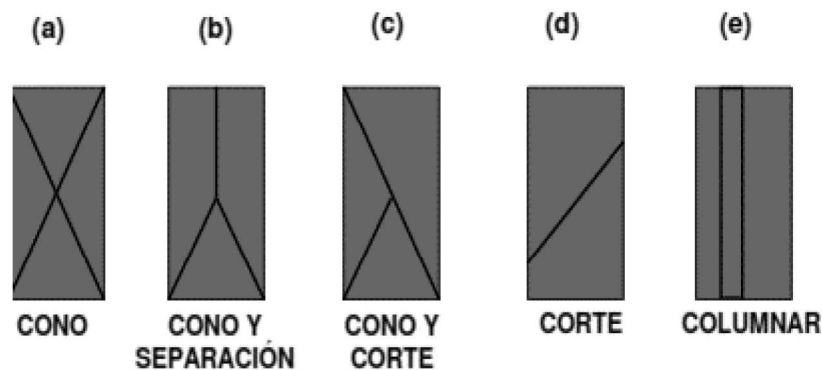


Figura 11. Tipos de falla en especímenes de concretos refrentado (NTP 339.034).

2.2.7 Ventajas y desventajas del concreto compactado.

Según Alvarado (2014), El concreto compactado presenta algunas ventajas las cuales son mencionadas a continuación:

- Técnicas rápidas de construcción. El proceso de construcción de concreto compactado implica una colocación casi continua de material.
- El concreto compactado se produce y coloca utilizando equipos comunes y de amplia existencia dentro de las empresas constructoras.
- Los pavimentos de concreto compactado son una tecnología que utiliza materiales y equipos de construcción convencionales en una tecnología no convencional, el resultado es una economía de tiempo en la construcción del pavimento, lo que influye significativamente en los costos de éste.

- En el caso de obras menores sometidas a tráficos livianos, el cc puede ser colocado con la maquinaria tradicional utilizada en movimiento de tierras, tales como son (motoniveladora, rodillo vibratorio y rodillo neumático).
- Alta capacidad de soporte inicial.
- El equipo utilizado puede ser el comúnmente usado en obras de pavimentación asfáltica (finisher, rodillo vibratorio y rodillo neumático).

Según Rocha Pitta (2006), “En relación a las posibles desventajas que presenta el concreto compactado, ellas son:

- Requiere un buen control de fabricación y en obra, fundamentalmente lo que respecta a la humedad.
- Sensibilidad a las variaciones de humedad en el mezclado y extendido del material, así como a los defectos de compactación se traducen en una considerable disminución de las resistencias.
- Al requerirse un alto grado de compactación para alcanzar las resistencias del proyecto, si no se dispone de equipos adecuados, se deberán efectuar una gran cantidad de pasadas con rodillo vibrador, si el espesor del concreto compactado es alto, se requiere un rodillo pesado (de más de 15 tn) para lograr la adecuada compactación del pavimento.

2.2.8 Aplicaciones del concreto compactado

Banos, Flores y Santos (2012) afirma:

Que el concreto compactado se utiliza principalmente para la construcción de presas y carreteras mediante compactación con rodillo o para producir prefabricados de concreto mediante equipos vibro-compactadores, extrusores o centrífugos, que transmiten alta energía durante el proceso de compactación. También se aplica en la fabricación de elementos permeables con concreto poroso, el cual se elabora sin arena o con muy poca cantidad de ella. El concreto compactado con rodillo tiene especificaciones particulares, tales como las enumeradas en la recomendación ACI 207.5, para concreto masivo (Presas) y ACI 325.10 para pavimentos. El concreto para prefabricados tiene aplicaciones como estructuras pretensadas, tubería, dovelas, bloques, adoquines, losetas y tejas, entre otras. (p. 456).

2.2.8.1 Pavimentos de concreto compactado.

El uso del concreto compactado en pavimentos varía desde espesores de un metro para la industria de minería hasta calles de ciudades, superficies pavimentadas de instalaciones de manejo de abono, aserraderos, pistas de rodamiento de camiones y pisos de almacenes.

Banos, Flores y Santos (2012) afirma: Los procedimientos para la construcción de un pavimento de concreto compactado requiere un control más rígido que en la construcción de presas. El contenido de cemento es similar al concreto convencional varía de 300 a 360 kg/m³ y la resistencia a compresión es cerca de 280 a 420 kg/cm² o 30 a 40 Mpa (4000 a 6000 lb/pulg²). El tamaño máximo nominal del agregado se limita a 19 mm (3/4 pulg) para proveer una superficie suave y densa. Para texturas superficiales aún mejores, se recomienda un tamaño máximo del agregado de 16 mm (5/8 pulg).

La mezcla de revenimiento (asentamiento) cero se produce normalmente en una mezcladora de flujo continuo con una tasa de producción de 400 toneladas por hora. Es posible mezclar el concreto compactado en una central dosificadora, pero la planta se debe dedicar exclusivamente a la producción del concreto compactado, pues el material tiende a adherirse dentro del tambor. Las especificaciones normalmente requieren que se transporte y se compacte la mezcla en un periodo de 60 minutos del inicio del mezclado, a pesar de que las condiciones ambientales pueden aumentar o disminuir este período.

El concreto compactado se coloca normalmente en capas con espesor de 125 a 250 mm (5 a 10 pulg), usando una máquina de pavimentación del tipo empleado para asfalto. Los equipos de pavimentación de alta densidad son preferibles para capas más gruesas que 150 mm (6 pulg), pues la necesidad de compactación adicional con rodillos se reduce. Donde el diseño requiera un espesor mayor que 250 mm (10 pulg), el concreto compactado se debe colocar en capas múltiples.

Para disminuir el valor del IRI de un pavimento de concreto compactado también puede emplearse el cepillado de la superficie del concreto. Para ello, se requiere maquinaria especializada que contiene un cabezal de corte con discos diamantados montados en forma paralela, los cuáles desbastan la superficie, En función del costo de implementación de dicha técnica, esta puede presentar algunas ventajas respecto a la colocación de una capa de mezcla asfáltica en caliente.

En este tipo de construcción, es importante que haya un retraso mínimo en la colocación de capas subsecuentes, a fin de asegurar una buena adherencia entre las capas. Después de su colocación, el concreto compactado se puede compactar con una combinación de rodillos vibratorios de llantas de acero y de llantas de caucho.

El curado es de vital importancia en la construcción de pavimentos con concreto compactado. La relación agua cemento muy baja en la etapa inicial de mezclado significa que el concreto compactado se secará muy rápidamente después de su colocación. Se recomienda el curado continuo con agua, a pesar que el rociado de emulsiones asfálticas, láminas de plástico y compuestos de curado de concreto han sido usados en algunos casos. Los proyectos de pavimentos tienen resistencia a compresión de diseño de cerca de 360 kg/cm² o 35 MPa (5000 lb/pulg²) con resistencias en el campo que varían de 360 a 715 kg/cm² o 35 a 70 MPa (5000 a 10,000 lb/pulg²).

El concreto de alta resistencia compactado con rodillo usado en áreas sujetas a impactos elevados y altas cargas abrasivas fue desarrollado a mitad de los años 90. Las mezclas se basan en la obtención de un empaquetamiento óptimo de las partículas de agregados de varios tamaños y la adición de humo de sílice a la mezcla.

2.2.8.2 Presas.

Cuando hablamos de concreto compactado en presas nos referimos únicamente a las presas de gravedad, que resisten fundamentalmente por peso y las sollicitaciones a las que será sometida.

El concreto compactado se puede usar en toda la estructura de la presa o como una capa de protección sobre la sección superior y sobre la cara de aguas abajo. El tamaño máximo nominal del agregado puede llegar hasta 150 mm (6 pulg). La mezcla de revenimiento cero se produce en una central dosificadora de gran capacidad cerca de la obra y se entrega por camión y/o bandas (cintas) transportadoras.

El contenido de cemento, normalmente es menor que el usado en una mezcla convencional, pero similar al del concreto masivo. Se han obtenido resistencias a compresión que varían de 70 a 320 kg/cm² o 7 a 30 MPa (1000 a 4500 lb/pulg²) en los concretos compactados con rodillos en proyectos de presas.

Otras aplicaciones de control de agua con concreto compactado, es que se utilizan como vertedores de emergencia o capas de protección para terraplenes de presas,

revestimiento de baja permeabilidad para depósitos de decantación, protección de orillas y estructuras de control de nivel para canales y lechos de ríos.

2.2.8.3 Otros usos del concreto compactado.

Entre la bibliografía que hemos manejado para la realización de este trabajo, hemos encontrado algunas referencias a empleos con éxito del concreto compactado en situaciones distintas a las descritas anteriormente y que trataremos de resumir brevemente.

- En sustitución al rip-rap⁵, como protección a la erosión en los márgenes de ríos.
- Como protección sobre cimentación en roca frágil.
- Como solera al pie de azudes en ríos. El espesor colocado era de 1.5 m y se aplicó en tongadas de 30 cm.
- De una manera particular se ha empleado también como solera rígida en grandes áreas de almacenamiento de vehículos militares pesados, etc.
- Por último, podemos mencionar también aquí, el empleo de concreto compactado en los cajeros del cuenco amortiguador del aliviadero auxiliar en la presa de Tarbela (Pakistán), con finalidades análogas a las ya mencionadas con anterioridad.

Otras aplicaciones pueden ser: Protección de las márgenes de canales, pavimentos, pistas de aeropuertos y helipuertos, fundaciones masivas, ataguías, realce de presas, reparaciones de emergencia, protección de la coronación de presas en tierra y reparación de talud aguas debajo de las mismas. Pero debido a que el concepto de concreto compactado es relativamente reciente hay muchas mejoras y refinamientos aún por estudiar y resolver, y el intercambio de información y experiencia será de gran utilidad.

2.2.9 Control de calidad del concreto compactado en pavimentos.

Como en toda obra de ingeniería los buenos resultados de la ejecución de pavimentos en concreto compactado, dependen de un cuidadoso control por parte de los constructores y supervisores, a fin de que se cumplan, en función de criterios técnicos, las normas y especificaciones de la obra. El comité ACI 321.10R, recomienda que unos mínimos de dos inspectores deben controlar la ejecución: uno en la central de mezclado y otro en la obra. En todo caso es conveniente aplicar lo contemplado en el Capítulo Ocho del Comité ACI 325 (State of the Art Report on Roller Concrete Pavements).

A continuación, se hace un resumen del control de calidad que se debe tener con el concreto compactado. El control de calidad del concreto compactado con rodillo comprende

dos fases: La primera es el control de calidad del material, que se realiza comprobando la humedad y la gradación de los agregados, asegurando que la planta esté bien calibrada y midiendo la densidad del concreto para comprobar el grado de compactación, lo cual se realiza fabricando probetas para ensayos de resistencia y de densidad. La segunda es el control de la calidad final del pavimento que se lleva a cabo comprobando la uniformidad de la superficie terminada. Extrayendo núcleos y viguetas del pavimento para medirles su resistencia, y el espesor final obtenido.

Control de materiales: El muestreo para prueba de los materiales suele ser el mismo que para concretos convencionales en pavimentos. Los materiales para concreto compactado deben ser transportados, manipulados y almacenados en estricto cumplimiento de las especificaciones, para poder controlar la segregación

Control de fabricación: Se comprobará la humedad de la mezcla como mínimo cinco veces al día. Tres veces al día se comprobará la granulometría por la mañana, al medio día y por la tarde o cada 382 m³, especialmente el contenido de finos y el de cemento. Se llevará un control del consumo promedio de cemento. Por cada 50 m³ de mezcla se tomará una muestra compuesta por cuatro especímenes fabricados y curados de acuerdo con la Norma ASTM C 78 (Método de prueba estándar para la Resistencia a la Flexión del concreto). De los cuales se fallarán dos a siete días y dos a 28 días.

Densidad: Se efectuarán medidas en sitios aleatorios, con una frecuencia mínima de una medida por cada 30 m² de superficie de pavimento de concreto compactado; para esta operación se exige el empleo del densímetro nuclear.

Humedad in-situ: En planta, se efectuarán medidas en sitios escogidos aleatoriamente, en correspondencia con las efectuadas en el control de fabricación. Las zonas donde evidentemente se hubiera producido un incidente se corregirán debidamente.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación.

El tipo de investigación descriptiva se basa en técnicas de recolección de información, ya sean aplicadas como la encuesta, ensayos, entrevista o teóricas como la revisión documental. Aquí el objetivo no es explicar causas del fenómeno o encontrar relaciones entre variables, sino describir. De este tipo de investigación hacen parte trabajos por medio de los cuales se busca diseñar guías o algún prototipo.

El tipo de investigación de la presente tesis es descriptiva y experimental ya que la acción es evaluar las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la delimitación de la presente investigación es “*estaciones de invierno en la ciudad de juliaca*”

3.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque de investigación de la presente tesis es el enfoque cuantitativo ya que este enfoque se basa en información o datos numéricos, los cuales se recolecta a través de técnicas estandarizadas y analizadas mediante el empleo de herramientas o programas estadísticos; desde los procesos más sencillos como un gráfico, hasta los más complejos como un modelo, a través de este enfoque se logra probar la hipótesis o darle solución al problema de investigación.

3.1.3. Fuentes de información

Las fuentes de información de la presente tesis son fuentes secundarias las cuales están compuestas por información ya elaborada, es decir, la información utiliza fue obtenida de Bases de datos, revistas científicas, libros, portales estadísticos, entre otros.

3.1.4. Población y muestra.

Se utilizará la siguiente fórmula de tamaño de la muestra para conocer el tamaño de muestra de la población.

$$n = \frac{N * (\alpha_c * 0,5)^2}{1 + (e^2 * (N - 1))}$$

Dónde:

n = Tamaño de la Muestra

N = Tamaño Población (universo)

α_c = Valor del nivel de confianza (varianza) se asume 95% por ser habitual.

e = Margen de error este margen de error suele ponerse en torno a un 5%.

Tabla 11.
Cálculo del tamaño de la muestra.

Nivel de Confianza	Varianza	Nivel de Error	Universo	Muestra
95%	1.96	5%	220	140

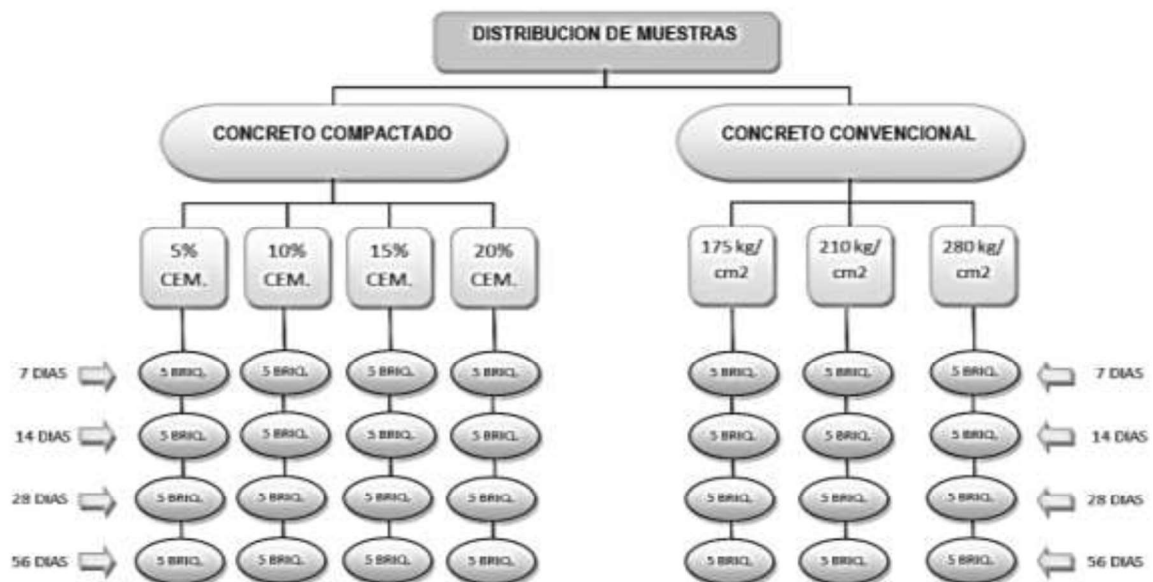


Figura 12. Distribución de muestras de estudio.

En el presente proyecto de tesis se elaboraron cinco muestras para cada probeta de concreto compactado con 5%, 10%, 15% y 20% de cemento con respecto al peso seco del agregado, además para elaborar especímenes de concreto convencionales se realizaron cinco muestras para cada diseño de resistencia de 175, 210 y 280 kg/cm².

Para rotura de briquetas a los 7, 14, 28 y 56 días de edad. Se plantearon probetas cilíndricas de 4 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de altura, Se utilizaron moldes metálicos partidos para facilitar el desmolde y una placa redonda de diámetro menor que la briquetera para distribuir uniformemente la carga.

3.1.5 Técnicas de recolección y análisis de información

Se utilizó plantillas de recolección de datos de ensayos de análisis granulométrico de agregado fino y grueso, de ensayos de contenido de humedad, de ensayos peso unitario y porcentajes de vacío, de ensayo peso específico y absorción, de ensayo de resistencia al desgaste, de ensayos de proctor modificado, de diseño de mezclas de concreto por método del módulo de fineza, de ensayo densidad, absorción y porosidad abierta y de ensayos resistencia a la compresión simple, el análisis de información se realizó mediante pruebas estadísticas ANOVA y TUKEY.

3.1.6 Procedimiento de investigación.

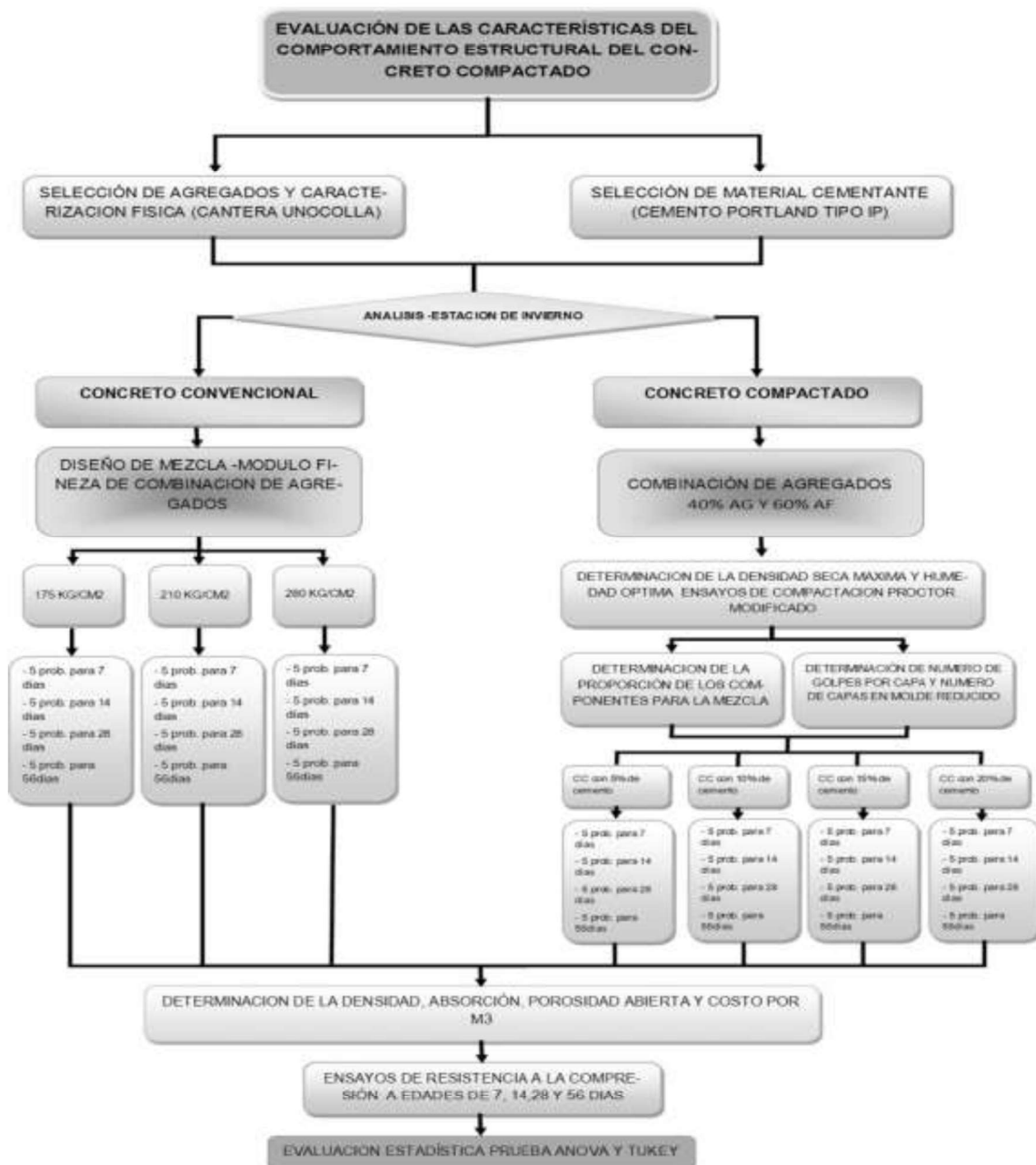


Figura 13. Diagrama que muestra los procedimientos seguidos en la investigación.

3.2 Caracterización física del agregado.

La selección y el control de granulometría de los agregados son factores importantes que influyen en la calidad y propiedades de concreto compactado, Para la presente investigación de tesis, los agregados empleados fueron de origen local, proveniente de las canteras unocolla, la misma que se encuentra ubicado en la salida a lampa km 5 con coordenadas **E-373589 m N-8292587**, con forma de agregado redondeado.

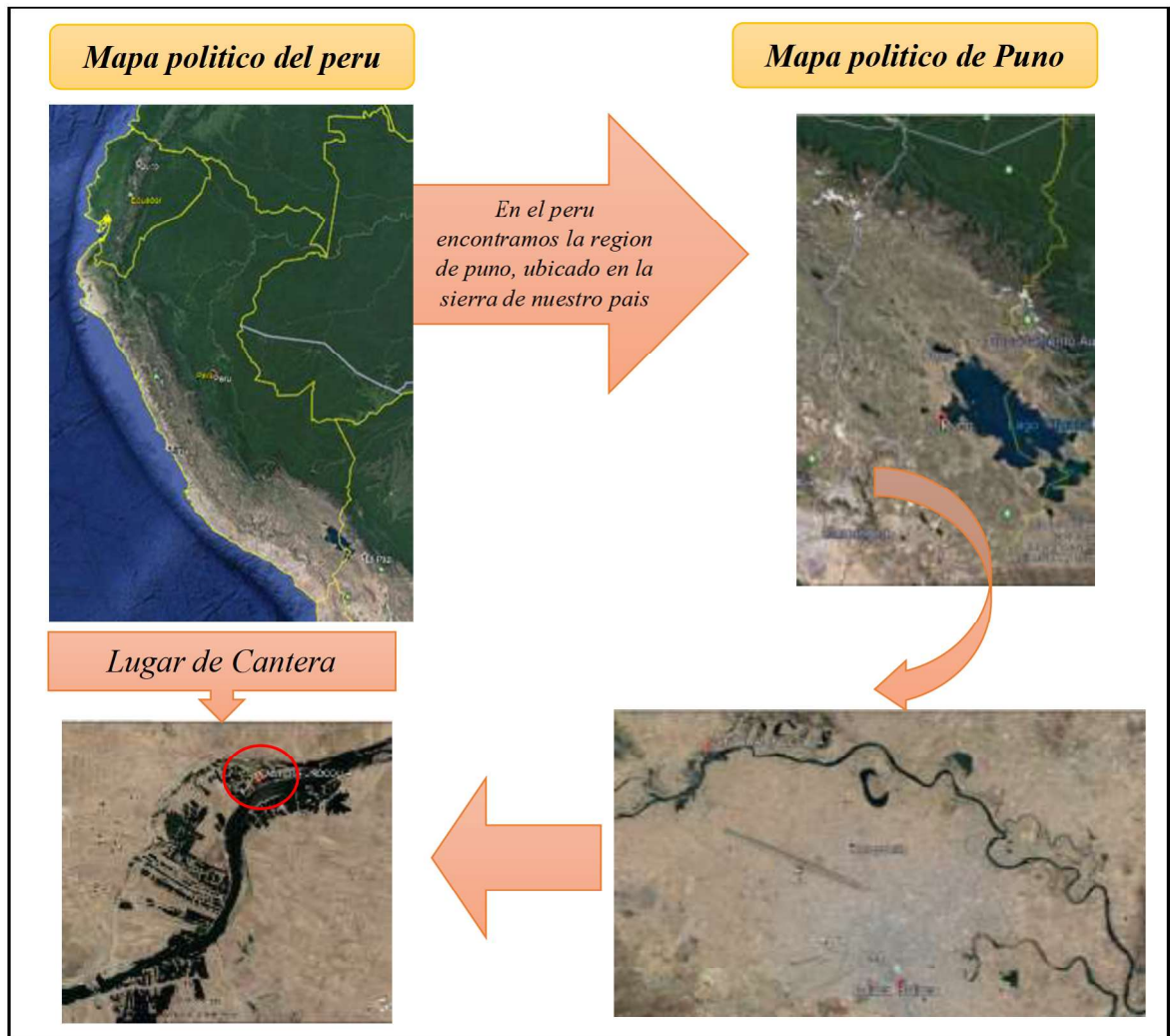


Figura 14. Ubicación de la cantera unocolla.

3.2.1. Granulometría de los agregados.

3.2.1.1 Agregado Fino.

El tamaño de partícula del agregado fino se determinó por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar que propone la norma ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100(150 micras) hasta 9.5 mm. La gradación recomendada para pavimentos según la EG-2018 se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 12.
Gradación del Agregado fino (EG-2018)

Tamiz		Porcentaje que Pasa
Normal	Alternativo	
9,5 mm	3/8	100
4,75 mm	N.º 4	95-100
2,36 mm	N.º 8	80-100
1,18 mm	N.º 16	50-85
600 µm	N.º 30	25-60
300 µm	N.º 50	10-30
150 µm	N.º 100	2-10

Se considera como agregado fino, a la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (Nº.4). el agregado fino proviene de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo al proyecto.

3.2.1.2 Agregado Grueso.

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm(Nº4), sus fragmentos son limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Está exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar la calidad de la mezcla.

Tabla 13.
Gradación del Agregado Grueso (EG-2018)- Huso 6.

HUSO 6 Tamaño Nominal 19 a 9,5 mm (¾ plg a 3/8 plg)	
25,0 mm (1 plg)	100
19,0 mm (¾ plg)	90-100
12,5 mm (½ plg)	20-55
9,5 mm (3/8 plg)	0-15
4,75 mm (Nº 4)	0-5

3.3. Material Cementante

El tipo de cemento empleado en esta investigación fue el cemento Portland Tipo IP de la marca conocida comercialmente como RUMI, debido a que es la más usada en la zona y el costo de fabricación no incrementara el costo final de producción por m3 de concreto compactado, además la finalidad es realizar un estudio de su comportamiento a diferentes edades y la posibilidad de usar en el concreto compactado. los porcentajes utilizados de cemento fueron de 5, 10, 15 y 20%, con respecto al peso seco de los agregados.

Tabla 14.
Especificaciones Tecnicas Cemento Portland Tipo IP.

REQUERIMIENTOS QUIMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO RUMI TIPO IP		Requisitos Norma de NTP 334.090 ASTM C-595	
MgO (%)	1.99		6.00 Max	
SO3 (%)	1.75		4.00 Max	
Perdida por ignición (%)	2.14		5.00 Max	
REQUISITOS FISICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO RUMI TIPO IP		Requisitos Norma de NTP 334.090 ASTM C-595	
Peso Específico (gr/cm3)	2.85		-	
Expansión en Autoclave (%)	0		0.80 Max	
Fraguado Vicat inicial (min)	170		45 Min	
Fraguado Vicat final (min)	270		420 Max	
Resistencia a la compresión	Kg/cm2	Mpa	Kg/cm2	
1 día	104	10	-	-
3 día	199	20	133 Min	13
7 día	247	24	204 Min	20
28 día	342	34	255 Min	25
60 día	397	39	-	-
Resistencia a los Sulfatos	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO RUMI TIPO IP			
% Expansión a los 14 Días	0.018			

3.4. Agua

El agua, considerada como materia prima para la confección y el curado del concreto u hormigón debe cumplir con determinadas normas de calidad. Las normas para la calidad del agua son variables dependiendo de cada país, y también pueden tener alguna variación según el tipo de cemento que se quiera mezclar. Las normas que se detallan a continuación son por lo tanto generales. Esta deberá ser limpia y fresca hasta donde sea posible y no deberá contener residuos de aceites, ácidos, sulfatos de magnesio, sodio y calcio (llamados álcalis blandos) sales, limo, materias orgánicas u otras sustancias dañinas y estará asimismo exenta de arcilla, lodo y algas.

El agua utilizada en la presente investigación tiene un pH de 7.28, Turbidez de 2.39(NTU), Solidos totales de 0.97 (mg/l), Cloruros 38.43(mg/l) y Sulfatos 3.46(mg/l), estos datos se tomaron como referencia del artículo de investigación denominado “*Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno Perú*” en la cual se verifica la calidad físico-química y microbiológica del agua para consumo humano, provenientes de las fuentes de abastecimiento para la población de Chullunquiani-Juliaca, estos se tomaron como referencia para el presente informe de tesis, por tratarse de una

investigación realizada en donde se desarrolló la investigación fuentes de consumo. Estos datos hallados se encuentran por debajo de los datos máximos permisibles para elaboración del concretos como se muestran a continuación.

Tabla 15.

Límites permisibles para el agua de mezcla según la norma NTP 339.088.

DESCRIPCION	AGUA	
Sulfatos	3.46	Ppm
Cloruros	38.43	Ppm
Solidos totales	0.97	Ppm
Turbidez	2.39	NTU
pH	7.28	

3.5 Análisis de la influencia de las temperaturas de invierno

La fabricación de concreto, en condiciones climáticas extremas como es el caso, influye de manera directa en sus características en cualquier etapa del mismo como es el mezclado, transporte, colocación, curado, así como en las propiedades físicas y mecánicas.

La presente investigación pretende ser una alternativa para realizar trabajos con concretos en estaciones de invierno, como es de conocimiento técnico que en esta época del año donde se registran temperaturas por debajo de cero como es el caso del invierno del año 2017, periodo donde se realizó la ejecución del proyecto, siendo una variable que afecta directamente en el desarrollo de la resistencia final del concreto.

En este proyecto de tesis se computó la temperatura ambiente a la cual estuvo expuesta las muestras de estudio. El presente estudio tiene como objetivo caracterizar el comportamiento climatológico de la temperatura máxima y mínima media en estación de invierno, la temperatura es la única variable meteorológica que tiene una relación lineal con la altitud,

A mayor altura, menor temperatura. Ésta desciende -0,65 por cada 100 m de ascenso en las zonas altas de la cordillera de los Andes.

3.6 Diseño de mezcla de concreto compactado

3.6.1 Método grafico de combinación de agregados

La combinación de agregados fue realizada según los límites de gradación para concretos compactados con rodillo propuesto por el ACI 325.10R-95, Los límites de gradación han sido usados para producir satisfactoriamente mezclas de pavimento de concreto compactado según ACI.

Es necesario que la mezcla entre agregado fino y grueso logre una granulometría que proporcione masa unitaria máxima puesto que con esta condición el volumen de los espacios entre partículas sea mínima y la cantidad de pasta para llenar los espacios vacíos sea mínima lo cual será una mezcla económica.

Tabla 16.

Gradación para concreto compactado- ACI 325.10R

TAMIZ		% QUE PASA
PULG.	mm	HUSO ACI 325.10R
1 "	25.400	100
3/4 "	19.050	82 a 100
1/2 "	12.700	72 a 93
3/8 "	9.525	62 a 85
Nº 4	4.750	51 a 69
Nº 8	2.360	38 a 56
Nº 16	Nº 16	28 a 46
Nº 30	Nº 30	18 a 36
Nº 50	Nº 50	11 a 27
Nº 100	Nº 100	1 a 16
Nº 200	Nº 200	0 a 8

3.6.2 Ensayo de proctor modificado

Se buscó mejorar las propiedades mecánicas del concreto, mediante la reducción de vacíos y como consecuencia de ello ocurren también cambios considerables de volumen en el concreto, el procedimiento que se siguió fue de acuerdo a la norma ASTM D-1557.

La compactación está relacionada con la del peso volumétrico seco máximo del concreto (Densidad Máxima), y que para eso se produzca es necesario que el concreto tenga una humedad adecuada (Contenido Optimo de Humedad CHO).

El objetivo de la compactación es que se pueda obtener una masa de concreto estructurada de una manera tal, que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado durante la vida útil de la obra que requiera de este procedimiento.

El método de compactación a usarse tanto en laboratorio como en campo depende de los tipos de materiales con los cuales se esté trabajando, puesto que para ellos ya se tienen normas y reglamentos establecidos.

El objetivo de este ensayo es la de determinar el peso seco volumétrico máximo del concreto, así como también la humedad óptima, mediante la energía estándar de compactación.

Tabla 17.

Métodos para uso del proctor modificado

Descripción	METODO		
	A	B	C
Diámetro de Molde	4"	4"	6"
Peso del Martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de Caída	45.7 cm	45.7 cm	45.7 cm
Nº de Golpes/Capa	25	25	56
Numero de Capas	5	5	5
Energía de Compactación	2,700 KN-m/m3	2,700 KN-m/m3	2,700 KN-m/m3
Material a Usar	Mat que pasa el Tamiz N° 4	Material que pasa el Tamiz 3/8"	Material que pasa el Tamiz 3/4"
Uso	Ret. Tamiz N° 4 ≤20%	Ret. Tamiz N° 4 >20% Ret. Tamiz 3/8" ≤20%	Ret. Tamiz 3/8" >20% Ret. Tamiz 3/4" ≤20%

Una vez seleccionado el método de compactación se procedió a preparar el material de acuerdo a lo indicado para el método C y en una cantidad de 6000 gr.

- De la muestra ya preparada se esparce agua en una cantidad del 5-6% en gravas y arenas, y en una cantidad de 8-9% en suelos finos.
- Se mezcla completamente el material, procurando que el agua agregada se distribuya uniformemente.
- Pesar el molde cilíndrico, anotar su peso y volumen.
- La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en un número de capas que ira de acuerdo al método de compactación seleccionado (5 capas para el modificado y 3 capas para el estándar).
- La compactación de cada una de las capas se hará de forma uniforme procurando distribuir equitativamente los golpes de tal forma que la compactación sea homogénea.
- Al terminar la compactación de la totalidad de las capas se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
- Se pesa el cilindro con la muestra compactada anotándose su peso.
- Se extrae el material con la ayuda del extractor de muestras, y de la parte central de la muestra se determina el contenido de humedad.
- Se repite el procedimiento esparciendo cada vez una humedad del 1-2% mayor en que en el anterior caso.

- Con los datos obtenidos se traza una curva (Densidad seca VS Humedad) cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad seca para una humedad óptima.

El cálculo para la obtención de la máxima densidad seca se realizará de la siguiente manera:

$$\gamma_h = \frac{\text{Peso de la Muestra Humeda}}{\text{Volumen de la Muestra}}$$

$$w\% = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso de Suelo Seco}} * 100$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + w\%}$$

Dónde:

γ_h : Densidad Húmeda

γ_d : Densidad Seca

w% : Contenido de Humedad

3.6.3 Proporción de los componentes para la mezcla

Según Escalaya Advincula, (2006). Una vez calculado el óptimo contenido de agua, se determina la proporción de todos los componentes, para ello es necesario considerar los siguientes:

- P_T (Peso total) de la mezcla, está integrada por el P_w (peso del agua), P_{AG} (peso seco de los agregados), P_C (peso de cemento).
- El óptimo contenido de humedad, se calculó en base al total de masa de los sólidos, que son el P_{AG} y P_C .
- El peso del material cementante P_C está establecido para la dosificación como un porcentaje de la masa seca del agregado P_{AG} (peso seco de los agregados).

3.6.4 Energía específica de compactación

La energía de compactación en el ensayo de proctor modificado está expresado por la siguiente formula, sin embargo, los moldes de briquettera tienen volumen diferente al molde del proctor, por lo que es necesario, recalcular los datos en función al volumen de la briquettera.

$$Ee = \frac{N * n * W * h}{V}$$

Dónde:

Ee : Energía específica (kg-cm/cm³)

N : Número de golpes por capa

n : Número de capas de suelo

W : Peso del pistón (kg)

h : Altura de caída del pistón (cm)

V : Volumen del suelo compactado (cm³)

3.7 Diseño de mezcla de concreto convencional

Se realizó el diseño de mezcla por el método del módulo finura de combinación de agregados, este método considera el módulo de finura de la mejor combinación, para el análisis y diseño del concreto convencional se desarrollaron diseños para concretos de 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm². Y para ello se continuó el siguiente procedimiento.

- 1) Conocer las características de los materiales del agregado fino y grueso tales como PUS, PUC, peso específico seco, módulo de finura, % absorción, contenido de humedad.
- 2) Cálculo del T.N.M. (tamaño nominal máximo) donde tamaño máximo = es el mayor tamiz por donde pasa todo el material y tamaño nominal máximo = es el tamiz donde se produce el primer retenido.
- 3) Determinar la resistencia promedio: Caso a) Contamos con datos estadísticos > 30 ensayos, Caso b) Contamos con datos estadísticos < 30 ensayos, Caso c) No se cuentan con datos estadísticos de ensayos “f’cr”
- 4) Cálculo del Asentamiento – Revenimiento - Slump. Se deberá considerar un valor de acuerdo a la siguiente tabla de selección de asentamiento.

Tabla 18.
Selección de asentamiento.

Tipo de construcción	Asentamiento	
	máximo	mínimo
Zapatas y Muros de cimentación	3"	1"
Armados		

Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Tabla 19.
Volumen unitario de agua.

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

5) Cálculo del contenido de aire.

Tabla 20.
Contenido de aire atrapado.

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

6) Cálculo de la relación a/c.

Tabla 21.
Relación agua-cemento por resistencia.

f' cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado

150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

7) Factor cemento = Agua / (6).

8) Bolsas de cemento = (7) / 42.5 Kilos

9) \sum Vol. Abs. = Vol. Cemento + Vol. Aire + Vol. Agua.

10) Volumen de agregados = 1 - (9)

11) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados.

Tabla 22.

Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m3 indicados			
	6	7	8	9
3/8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.39

12) Cálculo del porcentaje de agregado fino, mediante la fórmula:

$$r_f = \frac{m_g + m}{m_g + m_f} \times 100$$

13) Cálculo del porcentaje de agregado grueso, mediante la fórmula:

$$r_g = (1 - r_f) \times 100$$

14) Cálculo de los pesos secos de los agregados.

- Peso Seco AF. = Vol. A.F. x P.E. x 1000

- Peso Seco AG. = Vol. A.G. x P.E. x 1000

15) Cantidad de materiales por m³ de concreto.

16) Corrección por humedad de los agregados.

- A.F. = Peso Seco $(1 + \% \text{ C.H. AF./100})$

- A.G. = Peso seco $(1 + \% \text{ C.H. AG./100})$

17) Humedad superficial.

- A.F. $(\% \text{ C.H.} - \% \text{ Abs}) + \text{A.G.}(\% \text{ C.H.} - \% \text{ Abs}) = \text{aporte de humedad}$

18) Agua efectiva = agua diseño – aporte humedad.

19) Cantidad de material por m³ corregida por humedad.

3.8 Estudio de las características del concreto compactado y convencional

3.8.1 Determinación de la densidad de masa

Se tomaron dimensiones promedio de los especímenes de estudio con una precisión de 0.01 mm, con la ayuda de Vernier, y con la ayuda de una regla metálica.

También se pesó los especímenes antes de ser ensayados con una precisión de 5 gr. de acuerdo a la norma (ASTM C 138), Su unidad en el sistema internacional es kilogramo por metro cúbico (kg/m³), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm³. La densidad es una magnitud intensiva. Siendo:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ = la densidad

m = la masa

V=volumen de la sustancia.

3.8.2 Determinación de absorción y porosidad abierta

La porosidad presenta gran interés en la caracterización de concretos compactados y convencionales, ya que está relacionada con su capacidad de absorber de agua y su comportamiento frente al deterioro, La porosidad no solo influye en la absorción del material sino también en su resistencia.

La porosidad está directamente relacionada con la resistencia, La medición de la densidad y la porosidad de concreto (ASTM C 642) fueron realizada en el laboratorio a partir

de la masa seca, saturada y sumergida de las muestras de concreto compactado y convencional, con la finalidad de tener otros indicadores de la calidad del concreto, siguiendo el siguiente procedimiento: inicialmente se tomaron los pesos de cada probeta y a continuación se sometieron a un período de 24 horas de inmersión.

Al final del cual se registró nuevamente los pesos de las mismas en dos condiciones, peso de la probeta saturada (peso en el agua) y peso de la probeta saturada superficialmente seca. Según Paez, Leal, y Restrepo (2009), Los valores de absorción y porosidad abierta se hallarán mediante la aplicación de las siguientes expresiones:

$$A = \frac{(P_{sss} - P_s) \times 100}{P_s}$$

Dónde:

A: Absorción, en porcentaje

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

P_s: Peso seco de la muestra

$$PA = \frac{(P_{sss} - P_s) \times 100}{(P_{sss} - P_m)}$$

Dónde:

PA: Porosidad abierta, en porcentaje

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

P_s: Peso seco de la muestra

P_m: Peso sumergido de la muestra

3.8.3 Análisis de costos unitarios

El análisis de costo unitario es la sumatoria de la multiplicación de las incidencias de cada insumo puro o impuro por sus precios unitarios, este total representa el costo de un trabajo específico denominado análisis de costo unitario, El APU (Análisis de Precios Unitarios) es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio los precios de los insumos para el ACU se tomaron como referencia costos que maneja la municipalidad provincial de San Román.

3.8.4 Resistencia a la compresión

Este ensayo se desarrolló acorde a la NTP 339.034 y la ASTM C 39. Se midió tres diámetros con el calibrador vernier en las dos caras del espécimen, las mediciones fueron tomadas en forma perpendicular una de la otra, también se midió la altura del espécimen en dos de sus lados con ayuda de una regla metálica.

Este es un ensayo es clave para definir la variación de la resistencia, objeto principal del proyecto. Estos ensayos se desarrollaron en las instalaciones del laboratorio de la Universidad, al finalizar el curado a los 7, 14, 28 y 56 días. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

La presente Norma (NTP 339.034 y la ASTM C 39) establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de concreto endurecido. Se limita a concretos que tienen un peso unitario mayor de 800 kg/cm². Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

Tabla 23.

Tolerancias de Tiempo Las probetas a ser ensayadas

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 h	± 0.5 h o 2.1%
3 d	± 2.0 h o 2.1%
7 d	± 6.0 h o 2.1%
28 d	± 20.0 h o 2.1%
90 d	± 2.0 d o 2.1%

La Velocidad de Carga deberá ser aplicada en forma continua, evitando choques. Para máquinas de Tornillo, el desplazamiento del cabezal móvil será de aproximadamente 1,3 mm/min, cuando lo hace libremente. Para máquinas operadas hidráulicamente la velocidad de la carga estará en el rango de 0,14 a 0,34 MPa/s. Se aplicará la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta.

Expresión de resultados La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

Donde:

R_c: Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

G: La carga máxima de rotura en kilogramos.

d: Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

3.8.5 Módulo de elasticidad

El reglamento ACI 318-05 recomienda la siguiente ecuación para calcular el módulo de elasticidad de concreto en función principalmente de resistencia del concreto y de su peso volumétrico, para el desarrollo de la presente tesis el módulo de elasticidad del concreto se determinó por medio de la siguiente fórmula matemática para cada uno de los tipos de mezcla.

$$E_c = W_c^{1.5} 4000 \sqrt{f'_c}$$

Donde:

E_c : Es el módulo de elasticidad del concreto en kg/cm²

W_c : Es la densidad del concreto en t/m³

f'_c : Es la resistencia a la compresión del concreto en kg/cm²

El módulo de elasticidad del concreto está determinado por una estrecha relación que existe entre el esfuerzo que experimenta un material y la correspondiente deformación unitaria. El uso masivo de concreto como principal material de construcción hacen indispensable conocer sus propiedades mecánicas para tener unos diseños acertados de los proyectos de construcción.

El esfuerzo máximo a utilizar en este proyecto de tesis fue los promedios alcanzados por los especímenes de concreto convencional y compactado que fueron sometidos a ensayos de compresión uniaxial a edades de 7,14,28 y 56 días, para cada uno de los tipos de mezcla realizados.

3.8.6 Resistencia a la flexión

Método indirecto conocido como el ensayo brasileño y el de la determinación de la resistencia a flexo tracción, teniendo en cuenta que tanto la resistencia a compresión como el módulo de rotura, son parámetros importantes en el análisis y diseño de las estructuras de concreto, se han sugerido varios coeficientes para expresar el f_r y f_t en función de f'_c , las más usadas son las siguientes.

$$f_r = 2\sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2}$$

Donde:

f_r : Módulo de rotura kg/cm^2

f'_c : Es la resistencia a la compresión del concreto en kg/cm^2

El módulo de rotura es la resistencia de tensión en flexión del concreto. Según el reglamento ACI 318-05, el módulo de rotura f_r puede calcularse con la ecuación empírica para concreto de peso normal (2240 a 2400 kg/m^3) que se menciona líneas arriba.

3.9 Evaluación estadística

3.9.1 Prueba TUKEY

La prueba de Tukey es la prueba más aplicada y preferida por los estadísticos, pues controla de mejor manera los dos errores ampliamente conocidos en la estadística (α y β) (Montgomery 2003). Esta prueba permite hacer todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos, y por eso se considera la más completa de las tres pruebas aquí descritas.

La prueba Tukey sirve para probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia, la única exigencia es que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos, este método sirve para compararlas medias de los tratamientos, dos a dos, o sea para evaluar las hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 \text{ (las medias son iguales)}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \text{ (las medias son diferentes)}$$

El procedimiento que se sigue es la siguiente:

1. Se calcula el valor crítico de todas las comparaciones por pares.
2. Se obtiene el error estándar de cada promedio.

3. Obtener el $T\alpha$.
4. Calcular la diferencia de las medias y realizar las comparaciones con el valor crítico.
5. Hacer las conclusiones

Tukey se utiliza cuando los tamaños de las muestras seleccionadas para cada grupo son iguales cuando el interés fundamental es comparar promedios entre dos grupos y son múltiples las comparaciones que estamos haciendo. Por lo tanto, este test de Tukey es el más utilizado. La prueba de Tukey es la prueba más aplicada y preferida por de experimentos en estadísticos ya que controla de mejor manera los dos errores ampliamente conocidos.

3.9.2 Prueba ANOVA

El análisis de varianza. (ANOVA) es un acrónimo del inglés Analysis of Variance, es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza esta particionada en ciertas componentes debido a diferentes variables explicativas.

Básicamente es un procedimiento que permite dividir la varianza de la variable dependiente en dos o más componentes, cada uno de los cuales puede ser atribuido a una fuente (variable o factor) identificable.

Se usa para establecer si existen diferencias significativas en las medias entre dos o más muestras su nombre deriva del hecho que las varianzas son usadas para establecer las diferencias entre las medias.

3.9.2.1 Características de la prueba ANOVA

- Mide la fuente de variación entre los datos y compara sus tamaños.
- Variación entre grupos. $(\bar{x}_i - \bar{x})^2$
- Para cada valor evalúa la diferencia entre las medias de su grupo y la media global.
- Variación dentro de los grupos. $(x_{ij} - \bar{x}_i)^2$
- Para cada valor se evalúa la diferencia entre ese valor y la media de sus grupos
- Cada conjunto de datos debe ser independiente del resto.
- Los resultados obtenidos para cada conjunto deben seguir una distribución normal.

- Las varianzas de cada conjunto de datos no deben diferir de forma significativa

3.9.2.2 Procedimiento de análisis de varianza

- Si se muestrean k poblaciones, entonces los gl (numerador) = k - 1
- i hay un total de N puntos en la muestra, entonces los gl (denominador) = N - k
- El estadístico de prueba se calcula con: $F = \text{CM inter grupos} / \text{CM intra grupos}$
- CM son los cuadrados medios o media cuadrática
- Los CM se obtienen dividiendo la suma de cuadrados entre sus grados de libertad
- Hipótesis nula: las medias de las poblaciones son iguales. $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$
- Hipótesis alterna: al menos una de las medias es diferente. $H_0: \mu_1 \neq \mu_2 = \dots = \mu_k$
- Estadístico de prueba: $F = (\text{variancia entre muestras}) / (\text{variancia dentro de muestras})$.
- Regla de decisión: para un nivel de significancia, la hipótesis nula se rechaza si F es mayor.

3.10 Hipótesis

3.10.1 Hipótesis general.

El concreto compactado alcanza mejores resistencias mecánicas en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca.

3.10.2 Hipótesis específicos.

- Al pavimentar con concreto compactado se reduce la cantidad del cemento.
- El concreto compactado en estaciones de invierno, presenta un buen comportamiento estructural frente a un concreto convencional

3.10.3 Hipótesis nula.

- Al pavimentar con concreto compactado no se reduce el uso del cemento.
- El concreto compactado en estaciones de invierno, no presenta un buen comportamiento estructural frente a un concreto convencional

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características física de agregados

La caracterización física se realizó según la norma ASTM C 33 y los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24.
Propiedades físicas del agregado fino y grueso.

DESCRIPCION	A. FINO		A. GRUESO	
P. Unitario suelto seco	1628.49	Kg/m ³	1581.52	Kg/m ³
P. Unitario Compactado seco	1750.49	Kg/m ³	1682.22	Kg/m ³
P. Específico Masa seca	2.320	gr/cm ³	2.378	gr/cm ³
Contenido de Humedad	5.48	%	4.59	%
% de Absorción	1.42	%	1.57	%
Módulo de fineza	3.1		7.0	
Tamaño Máximo nominal			3/4	"

4.1.1 Agregado Fino

El procedimiento para este análisis fue realizado tomando en cuenta la norma ASTM C 136, Para la presente tesis se utilizó la gradación para agregados finos, según el Manual de Carreteras (EG-2018). La misma que satisface el requisito granulométrico señalado

Además de ello, la gradación del agregado fino, escogida para el diseño de la mezcla no presenta más del 45% de material retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura se encuentra entre 2.3 y 3.1 como se requiere en la norma (EG-2018)

Tabla 25.
Análisis granulométrico agregado fino

TAMICES	ABER.	PESO	%RET.	%RET.	% QUE	ESPECIF. (EG- 2018)	
ASTM	mm	RETENIDO	PAR.	ACUM.	PASA	INF	SUP.
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						

2"	50.600							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525					100.00	100	- 100
No4	4.760	4.00	4.71	4.71	95.29	95	-	100
No8	2.380	12.00	14.12	18.82	81.18	80	-	100
No16	1.190	20.00	23.53	42.35	57.65	50	-	85
No30	0.590	16.00	18.82	61.18	38.82	25	-	60
No 50	0.300	16.00	18.82	80.00	20.00	10	-	30
No100	0.149	15.00	17.65	97.65	2.35	2	-	10
No200	0.074	1.50	1.76	99.41	0.59			
BASE		0.50						
TOTAL		85.00						
% PERDIDA		0.59						

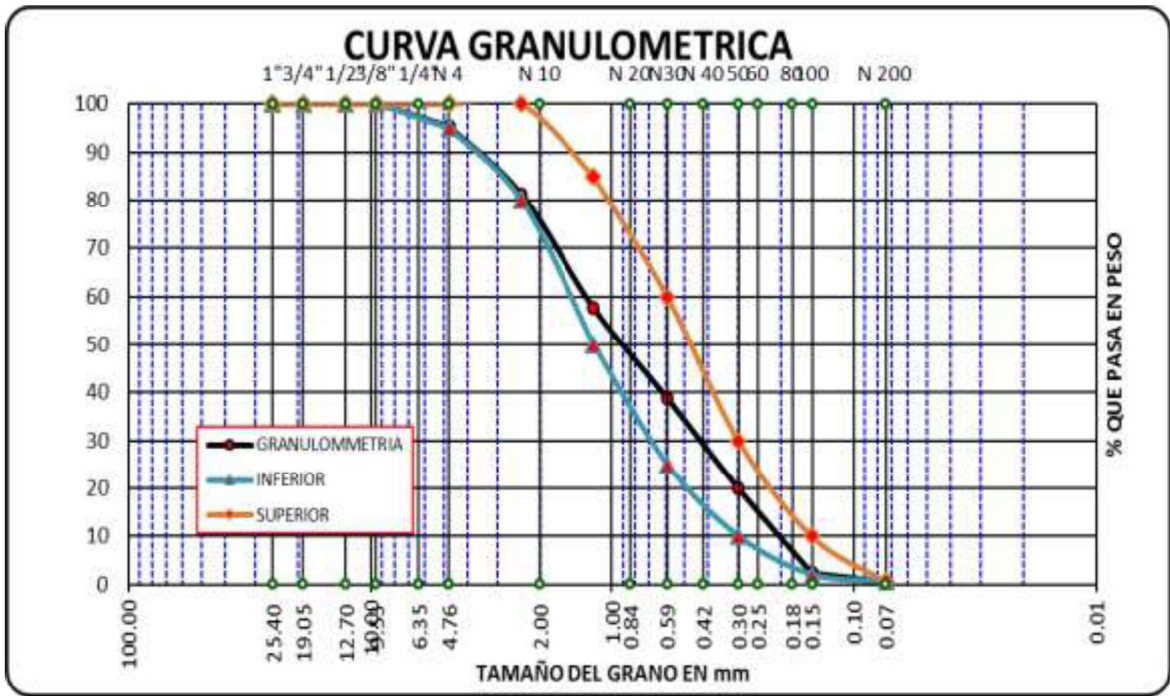


Figura 15. Curvas Granulométricas del Agregado Fino.

4.1.2 Agregado Grueso.

La gradación del agregado grueso es del Huso 6 de la tabla de husos para el agregado grueso de la norma (EG-2018), Se presenta a manera de referencia el análisis granulométrico y las curvas granulométricas del agregado grueso. Las mismas fueron previamente verificadas con la gradación granulométrica que recomienda el manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción.

Tabla 26.
Análisis granulométrico agregado grueso.

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RET.	%RET.	%	ESPECIF.		
ASTM	mm	RET.	PAR.	ACUM.	PASA	Inf.	Sup	
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100			
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100			
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100	100	-	100
3/4"	19.050	10.00	10.00	10.00	90	90	-	100
1/2"	12.700	55.00	55.00	65.00	35	20	-	55
3/8"	9.525	25.00	25.00	90.00	10	0	-	15
No4	4.760	10.00	10.00	100.00	0	0	-	5
BASE		0.00	0.00					
TOTAL		100.00	1.77					
% PERDIDA		0						

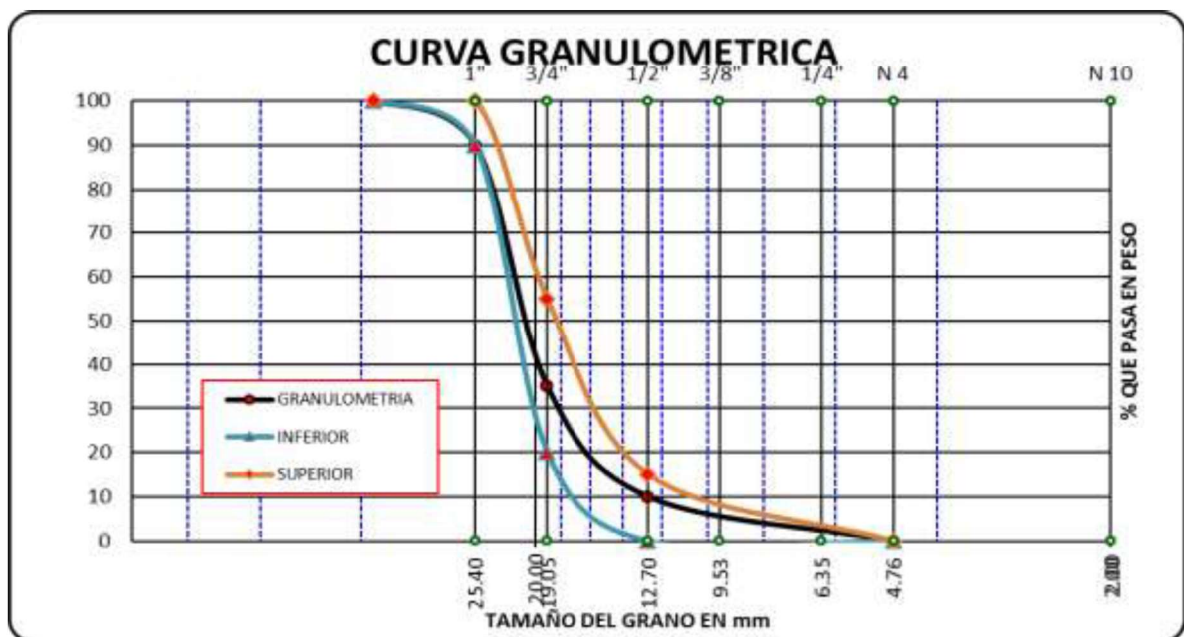


Figura 16. Curvas Granulométricas del Agregado Grueso.

4.2 Temperatura en estación de invierno-2017

La presente investigación se desarrolló durante la estación de invierno, durante los meses de junio- julio y agosto del año 2017; Presentándose temperaturas medias de 6.61°C para junio, 5.52°C para julio y 6.43°C para agosto, en esta estación de invierno se presentaron temperaturas mínimas de hasta -12.2°C, máximas de 28 °C y una temperatura media de 6.2 °C.

Tabla 27.

Temperaturas máximas y mínimas durante las épocas de invierno en la ciudad de Juliaca.

PARAMETRO : TEMPERATURA MINIMA Y MAXIMA DIARIA EN °C -2017						
DIA	JUNIO		JULIO		AGOSTO	
	Temp. Max.	Temp. Min.	Temp. Max.	Temp. Min.	Temp. Max.	Temp. Min.
1	19.00	-5.10	18.00	0.00	20.00	-6.00
2	16.00	-3.80	17.00	2.50	20.00	-9.80
3	16.00	-4.30	15.00	-6.40	20.00	-6.50
4	18.00	-1.70	19.00	-7.00	20.00	-6.20
5	16.00	-2.70	16.00	-7.80	20.00	-5.40
6	19.00	0.00	19.00	-6.00	20.00	-6.70
7	18.00	5.80	14.00	-4.80	19.00	-5.50
8	19.00	-1.00	18.00	-9.00	19.00	-6.70
9	18.00	-6.20	14.00	-9.30	17.00	-2.20
10	19.00	-6.00	15.00	-8.30	18.00	-1.70
11	19.00	-4.70	17.00	-8.00	19.00	-9.00
12	20.00	-5.10	19.00	-7.40	16.00	-9.80
13	19.00	-10.00	18.00	-6.50	16.00	-10.70
14	16.00	-8.50	17.00	-6.30	19.00	-7.70
15	20.00	-7.10	18.00	-8.70	20.00	-6.40
16	18.00	-8.80	19.00	-7.50	18.00	-6.50
17	19.00	-8.50	19.00	-6.30	16.00	1.30
18	19.00	-8.40	20.00	-4.80	18.00	2.30
19	19.00	-8.60	10.00	-9.20	16.00	-10.90
20	18.00	-7.30	19.00	-6.80	19.00	-12.20
21	18.00	-8.40	19.00	-7.80	19.00	-6.60
22	19.00	-7.00	19.00	-5.60	19.00	-7.70
23	19.00	-5.80	20.00	-7.50	20.00	-10.70
24	19.00	-6.00	18.00	-7.10	19.00	-8.20
25	19.00	-5.00	17.00	-5.90	18.00	-7.20
26	19.00	-1.20	19.00	-8.40	18.00	-5.00
27	16.00	-7.70	19.00	-7.80	18.00	-3.00
28	19.00	-5.90	19.00	-6.50	20.00	-1.40
29	18.00	-5.00	17.00	-6.80	18.00	-3.00
30	17.00	2.80	18.00	-6.00	28.00	-4.30
31			19.00	-5.70	19.00	-4.20
Promedio T° Media	18.27	-5.04	17.58	-6.54	18.90	-6.05
		6.61		5.52		6.43

Fuente (SENAMHI).

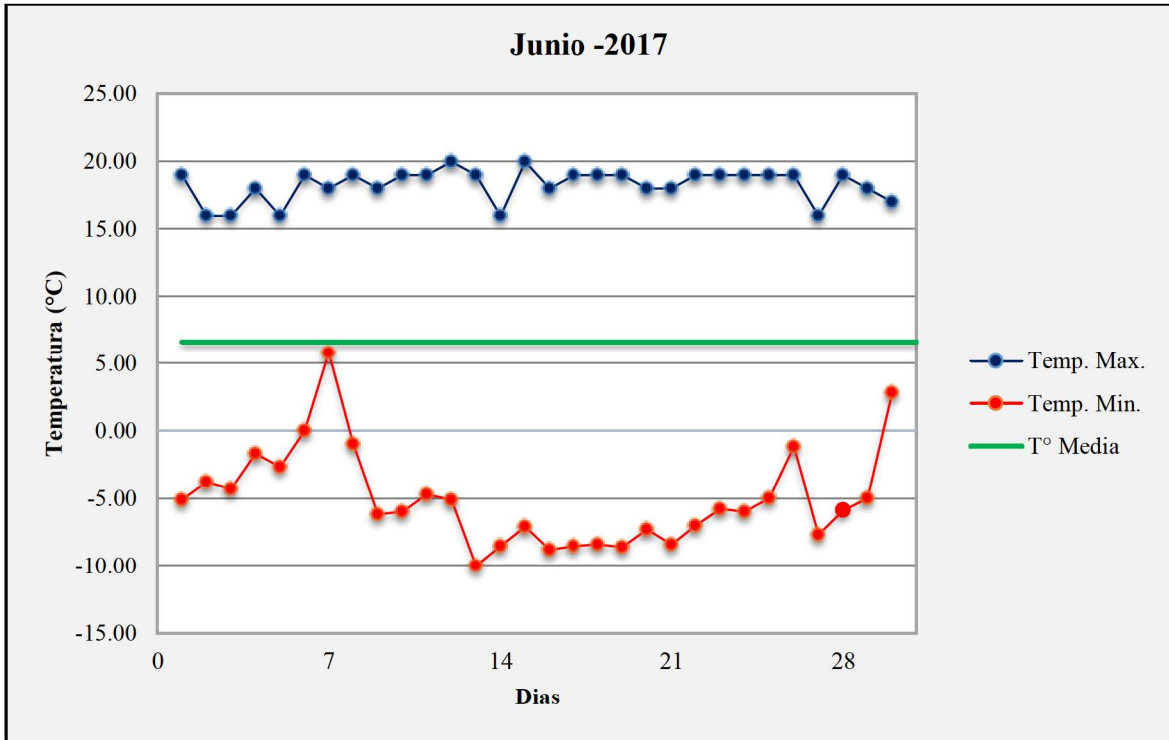


Figura 17. Temperaturas mínimas, máximas y temperatura media durante el mes de Junio 2017 (SENAMHI).

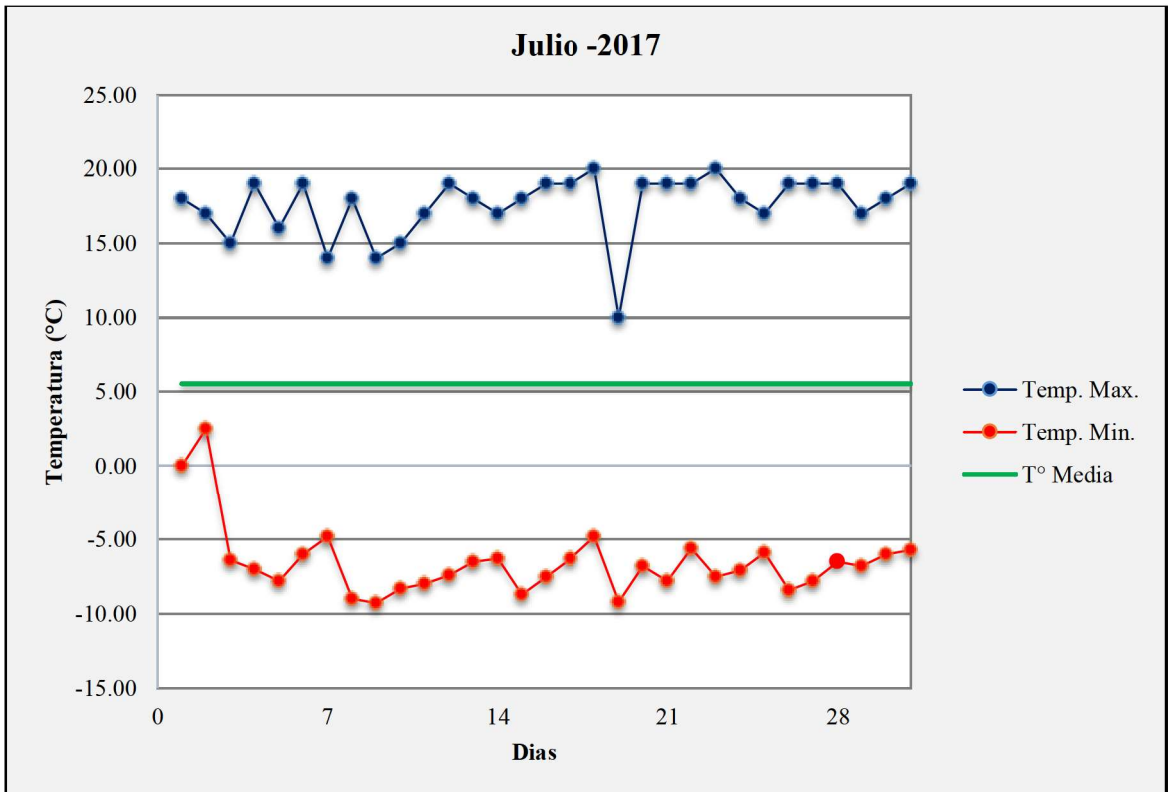


Figura 18. Temperaturas mínimas, máximas y temperatura media durante el mes de Julio-2017 (SENAMHI).

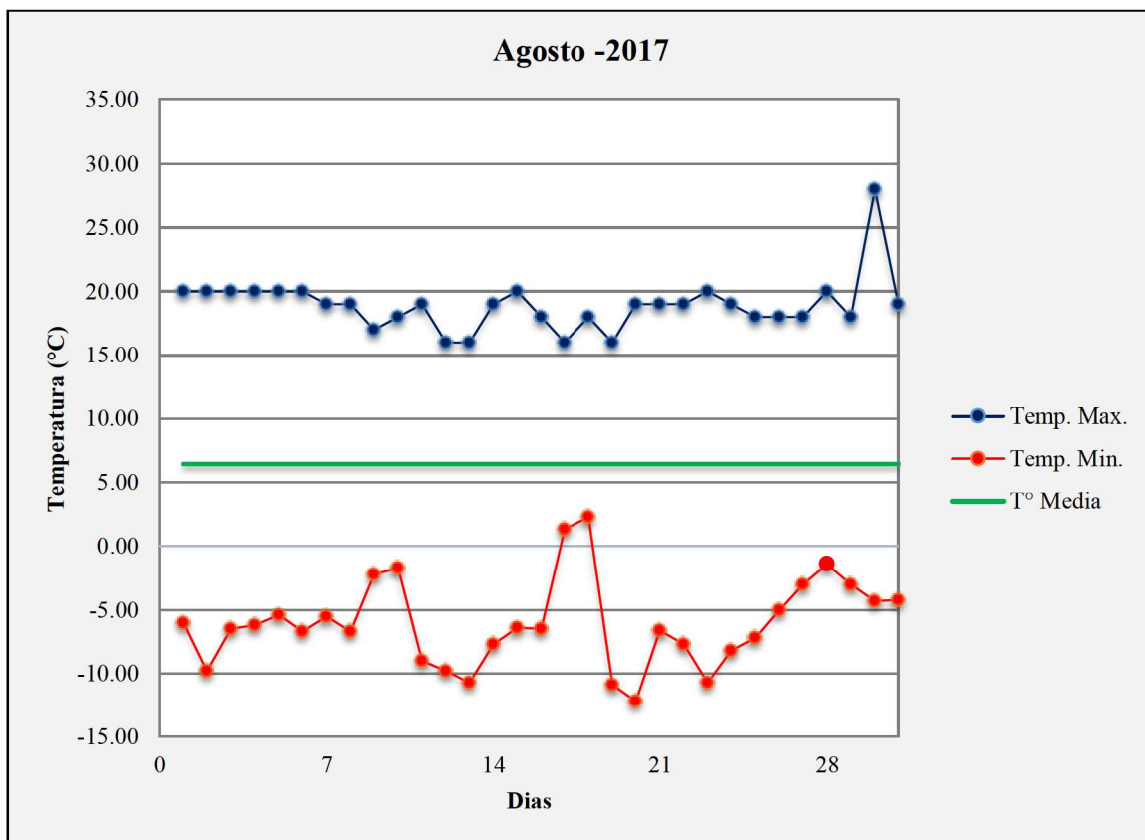


Figura 19. Temperaturas mínimas, máximas y temperatura media durante el mes de Agosto-2017 (SENAMHI).

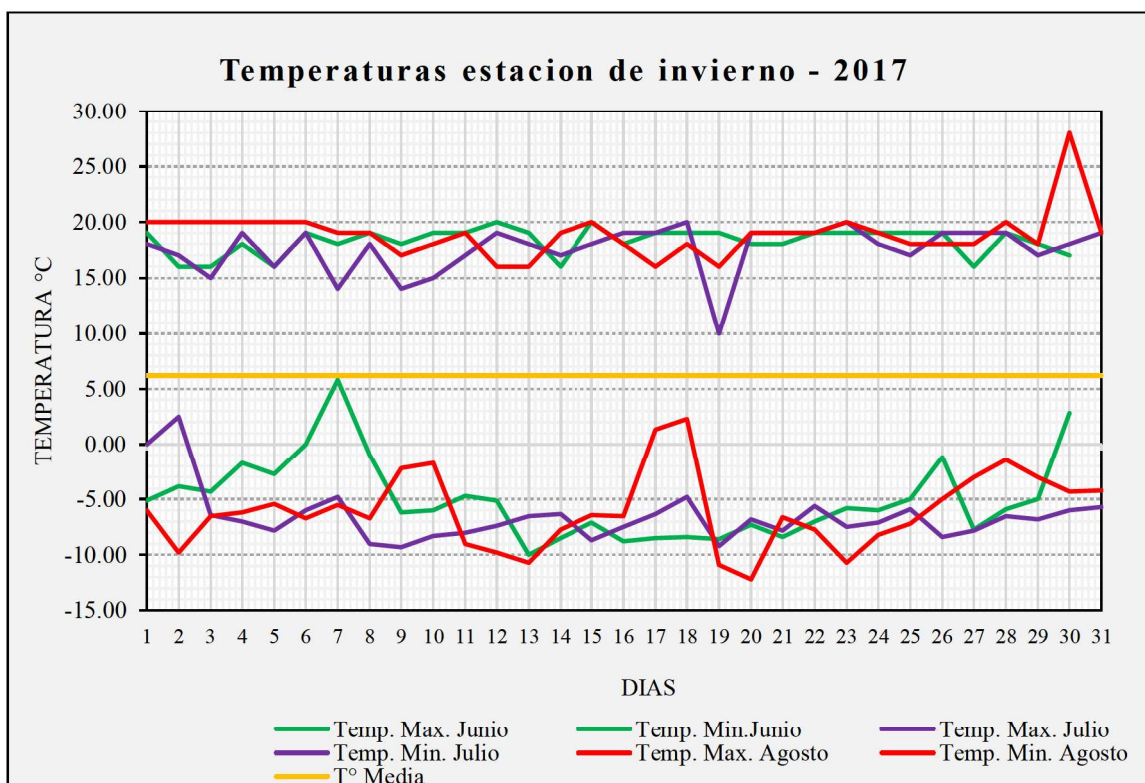


Figura 20. Temperaturas promedio, mínimas, máximas de la estación de invierno del año 2017 (SENAMHI).

4.3 Diseño del concreto compactado

4.3.1 Combinación de Agregados

La combinación de agregados fue realizada según los límites de gradación para concretos compactados con rodillo propuesto por el ACI 325.10R-95, Los límites de gradación han sido usados para producir satisfactoriamente mezclas de pavimento de concreto compactado según ACI, a continuación, se presenta la combinación de agregados por método grafico de combinación de agregados.

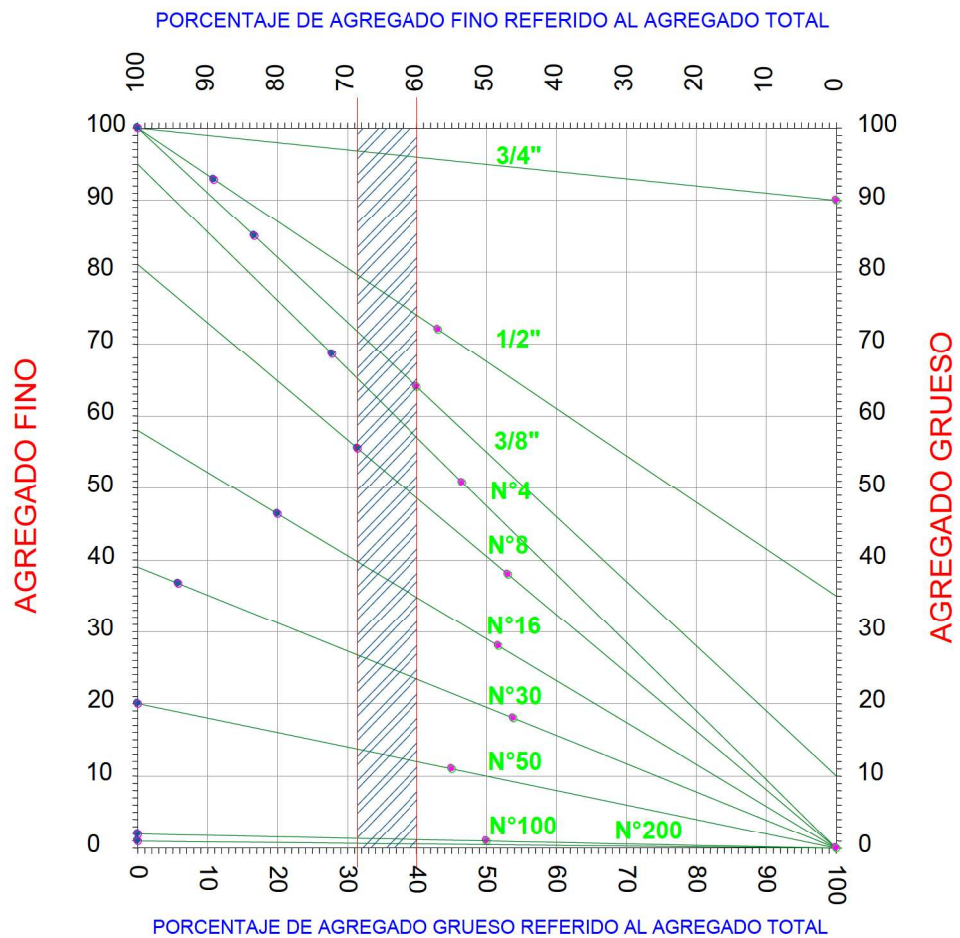


Figura 21. Método grafico granulometría combinada.

Considerando la curva granulométrica de los agregados, se consideró proporciones de 40% agregado grueso y 60% de agregado fino, donde la gradación combinada con estos porcentajes satisface la gradación que propone el ACI 325.10R-95, como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla 28.

Gradación combinada para concreto compactado- ACI 325.10R

TAMIZ		% QUE PASA			A.	A.	GRADACION
PULG.	mm	A. FINO	A. GRUESO	HUSO ACI	FINO 60%	GRUESO 40%	
				325.10R			
1 "	25.400	100.000	100.00	100	60.00	40.00	100.00
3/4 "	19.050	100.000	90.00	82 a 100	60.00	36.00	96.00
1/2 "	12.700	100.000	35.00	72 a 93	60.00	14.00	74.00
3/8 "	9.525	100.000	10.00	62 a 85	60.00	4.00	64.00
Nº 4	4.750	95.29	0.00	51 a 69	57.17	0.00	57.17
Nº 8	2.360	81.18	0.00	38 a 56	48.71	0.00	48.71
Nº 16	Nº 16	57.65	0.00	28 a 46	34.59	0.00	34.59
Nº 30	Nº 30	38.82	0.00	18 a 36	23.29	0.00	23.29
Nº 50	Nº 50	20.00	0.00	11 a 27	12.00	0.00	12.00
Nº 100	Nº 100	2.35	0.00	1 a 16	1.41	0.00	1.41
Nº 200	Nº 200	0.59	0.00	0 a 8	0.35	0.00	0.35

4.3.2 Cálculo de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad

El agregado utilizado en el presente proyecto de tesis, es considerado un material granular, para ello se realizó la selección del método de compactación a usar en laboratorio de acuerdo a ciertos criterios del método "C" para proctor modificado (retenido tamiz 3/8" > 20% y retenido tamiz 3/4" ≤ 20 %), para calcular la densidad seca máxima (MSD) y el contenido de humedad óptima (CHO), se consideró lo siguiente:

Una energía de compactación de 28.45 Kg-cm/cm³, un molde de 6 de diámetro, 56 golpes en 5 capas con una masa de 4.54 Kg y una altura de caída del martillo de 45.72 cm (18 pulg) y muestra de 6000 gr, para el ensayo incluido el cemento.

Además, se consideró una humedad inicial de 6% y se fue incrementando la humedad a razón de 1% para muestras con 5%, 10%, 15% y 20 % de cemento.

Tabla 29.

Datos de ensayos proctor modificado para cada proporción de cemento.

MATERIAL CEMENTANTE	Nro. De Ensayos PROCTOR	CONTENIDO DE CEMENTO %	CHO %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
Cemento Portland Tipo IP	5.0	5%	6.8	2.15
	5.0	10%	7.0	2.16
	5.0	15%	7.1	2.17
	5.0	20%	7.5	2.18

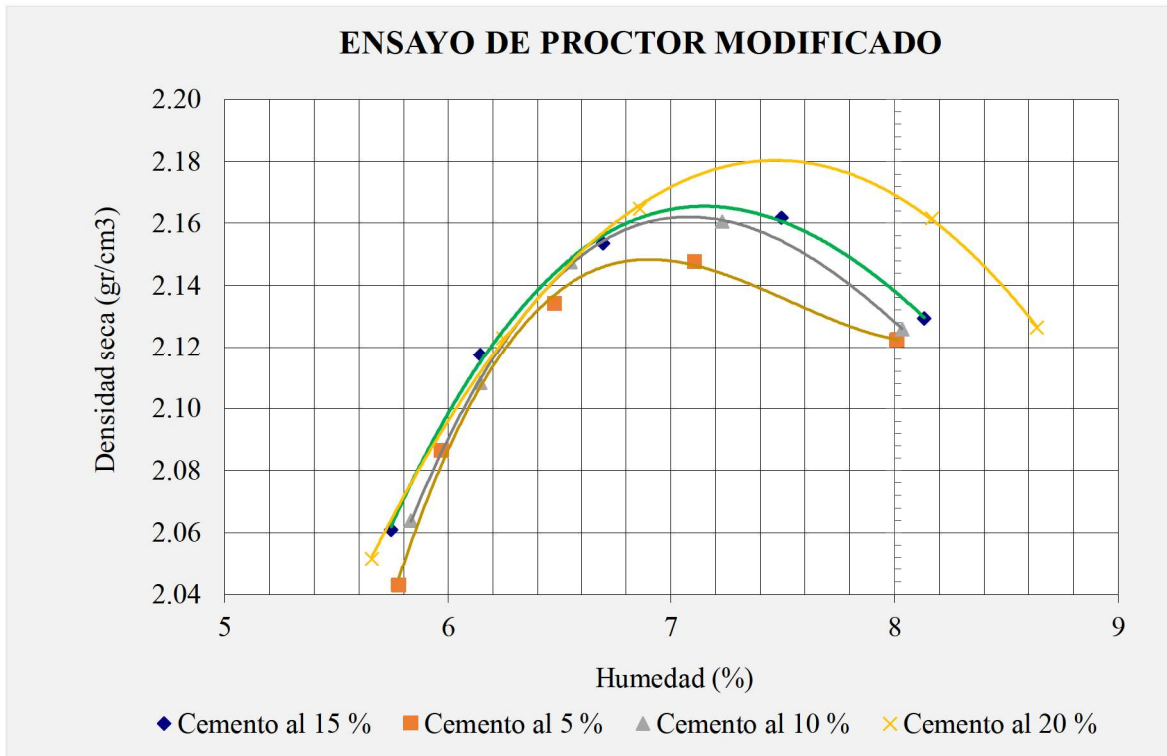


Figura 22. Curvas de los ensayos proctor modificado realizados con diferentes proporciones de cemento Portland tipo IP.

4.3.3 Cálculo de la proporción de los componentes para la mezcla

Se determinó las proporciones de cada componente para muestras de concreto compactado que se usara para diferentes mezclas con variable de los porcentajes de cemento, se obtuvo el siguiente cuadro con la cantidad de material a utilizar en cada una de los especímenes de estudio.

Tabla 30.

Dosificación de materiales a utilizar en cada una de los especímenes.

MATERIAL CEMEN.	ESPÉC.	CHO %	PROPORCIÓN DE MATERIALES POR M3 DE MEZCLA				MAX. DENSID A SECA
			AGUA	A.G.	A. F.	CEMENTO	
Cemento Portland Tipo IP	C.C. al 5%	6.8%	146.06	816.24	1,224.36	107.40	2,148
	C.C. al 10%	7.0%	151.34	778.32	1,167.48	216.20	2,162
	C.C. al 15%	7.1%	153.72	736.10	1,104.15	324.75	2,165
	C.C. al 20%	7.5%	163.13	696.00	1,044.00	435.00	2,175
	Cemento						

4.3.4 Calculo del número de golpes por capa y numero de capas en molde reducido

Una vez conocida los contenidos de humedades optimas y las proporciones para cada espécimen, fue necesario considerar valores equivalentes ya que el volumen del proctor modificado difiere con el volumen de la briquetera, para tal efecto se considerará los siguientes aspectos.

La energía de compactación deberá ser la misma, es decir el molde para especímenes de concreto se compactará con 28.45 kg-cm/cm³, La masa para compactar deberá tener un peso de 4.54 kg con una altura de caiga de 45.72 cm, La variable desconocida por ende será el número de capas a compactar para un volumen conocido.

Tabla 31.

Calculo de la equivalencia de los moldes para cálculo de nro. de capas

MOLDE	n	N	W (kg)	h (cm)	V (cm³)
PROCTOR	5.00	56.00	4.54	45.72	2124.00
BRIQUETERA	4.00	56.00	4.54	45.72	1650.00

Para la ejecución de la presente tesis de investigación se desarrollaron ensayos para determinar distintas propiedades del concreto compactado tales como peso unitario, resistencia a la compresión y ensayos de absorción y porosidad abierta.

4.4 Diseño de mezclas de concreto convencional por el método del módulo de fineza.

El método de diseño del comité 211 del american concrete institute determina en primer lugar los contenidos de cemento, agua, aire y agregado grueso y por diferencia de la suma de volúmenes absolutos en relación con la unidad, el volumen absoluto y peso seco del agregado fino.

De esta manera sea cual fuere la resistencia deseada, en tanto se mantengan constantes el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino el contenido total de agregado grueso en la mezcla será el mismo, independientemente del contenido de pasta, toma el módulo de fineza total de la mezcla de agregados como elemento fundamental para evaluar su habilidad en satisfacer determinado diseño de mezcla.

El sustento teórico reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de las partículas para una cierta distribución granulométrica, y experimentalmente está

demostrado que independientemente de la granulometría, los concretos con igual módulo de fineza total de los agregados, tienen dentro de ciertos límites los mismos requerimientos de agua, características resistentes y trabajabilidad, motivo por el cual se usó este método de diseño, a continuación, se presentan los resultados del diseño de mezcla para concretos de 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm².

Tabla 32.

Resultados del diseño de mezclas para $f'c = 175$ kg/cm².

INSUMO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO SECO POR M3	PESO CORREGIDO POR M3	PROP. EN PESO	PROP. POR BLSA
Cemento	-	326.43 kg/m ³	326.43 Kg/m ³	1	1
A. Fino	0.324 m ³	751.82 kg/m ³	792.99 Kg/m ³	2.43	2.12
A. Grueso	0.336 m ³	799.09 kg/m ³	835.74 Kg/m ³	2.56	2.32
Agua	-	205 lts/m ³	150.41 lts/m ³	0.46	19.58

Tabla 33.

Resultados del diseño de mezclas para $f'c = 210$ kg/cm².

INSUMO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO SECO POR M3	PESO CORREGIDO POR M3	PROP. EN PESO	PROP. POR BLSA
Cemento	-	367.12 kg/m ³	367.12 Kg/m ³	1	1
A. Fino	0.305 m ³	707.73 kg/m ³	746.48 Kg/m ³	2.03	1.78
A. Grueso	0.341 m ³	810.98 kg/m ³	848.17 Kg/m ³	2.31	2.1
Agua	-	205 lts/m ³	151.84 lts/m ³	0.41	17.58

Tabla 34.

Resultados del diseño de mezclas para $f'c = 280$ kg/cm².

INSUMO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO SECO POR M3	PESO CORREGIDO POR M3	PROP. EN PESO	PROP. POR BLSA
Cemento	-	439.91 kg/m ³	439.91 Kg/m ³	1	1
A. Fino	0.271 m ³	628.84 kg/m ³	663.27 Kg/m ³	1.51	1.32
A. Grueso	0.35 m ³	832.39 kg/m ³	870.56 Kg/m ³	1.98	1.8
Agua	-	205 lts/m ³	154.4 lts/m ³	0.35	14.92

4.5 Densidad de los especímenes de concreto convencional y concreto compactado

Según el ACI 318-05, la masa unitaria para concreto de peso normal varía por lo general de 2200 a 2400 kg/m³, Una vez elaboradas cada una de las probetas con los diferentes tipos y proporciones de cemento, se obtuvo el peso unitario de cada una de ellas en función al volumen. La densidad de cada una de las probetas se muestra en los anexos de

la presente investigación. Se pudo observar que los valores obtenidos son uniformes y fluctúan entre los 2,242.29 y 2,305.38 Kg/m³, para especímenes de concreto compactado y convencional respectivamente, según el ACI 318-05 son concretos de peso normal.

Tabla 35.

Densidad de concretos compactados al 20%, 15%, 10% y 5% cemento, y concretos convencionales de 175 kg/cm², 210 kg/cm², 280 kg/cm².

MUESTRA	Densidad (kg/m³)	Media
C.C. al 20% Cemento	2,354.75	2,305.38
C.C. al 15% Cemento	2,299.38	
C.C. al 10% Cemento	2,301.10	
C.C. al 5% Cemento	2,266.30	
Concreto 175 kg/cm ²	2,214.16	
Concreto 210 kg/cm ²	2,232.99	
Concreto 280 kg/cm ²	2,279.72	

4.6 Propiedades mecánicas

4.6.1 Resistencia a la compresión

Este ensayo se realizó en reciprocidad con la norma ASTM C 39, La resistencia a la compresión fue obtenida de especímenes de concreto compactado y concreto convencional. En total se ensayaron 140 probetas, a las edades de 7, 14, 28, 56, días; estas probetas fueron preparadas utilizando cemento portland tipo ip en proporciones de 5%, 10%, 15%, 20% con respecto al peso seco del agregado, para concreto compactado.

Y para concretos convencionales diseños de mezclas para 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm², las cuales se ensayaron a las edades de 7, 14, 28, 56, días. en la siguiente figura se presenta la uniformidad de los resultados para cada combinación de mezcla y edad, lo que indica que han recibido una uniforme dosificación, mezclado y compactación.

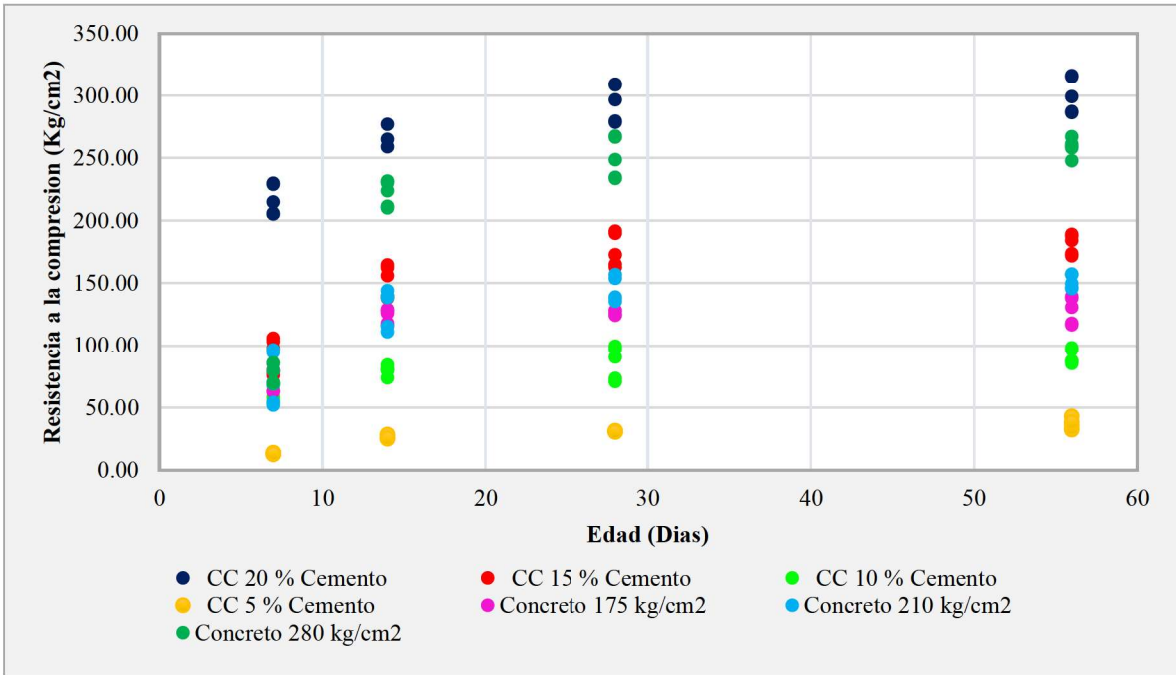


Figura 23. Dispersión de resultados de la resistencia a la compresión.

La relación entre la resistencia a la compresión y densidad es presentada en las siguientes figuras. se observa que en especímenes de concreto compactado (5,10, 15 y 20% de cemento), existe relación entre resistencia y densidad, en especímenes de concreto convencional (175, 210 y 280 kg/cm²), la resistencia a la compresión no guarda relación con la densidad.

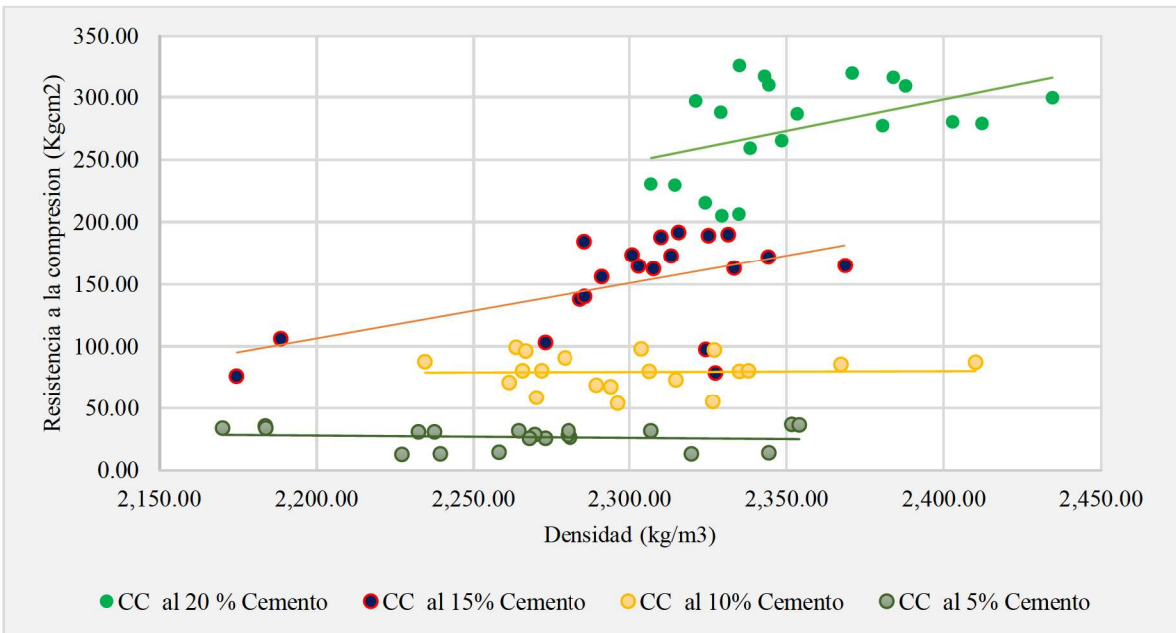


Figura 24. Relación de resistencia a la compresión y densidad en concretos compactados.

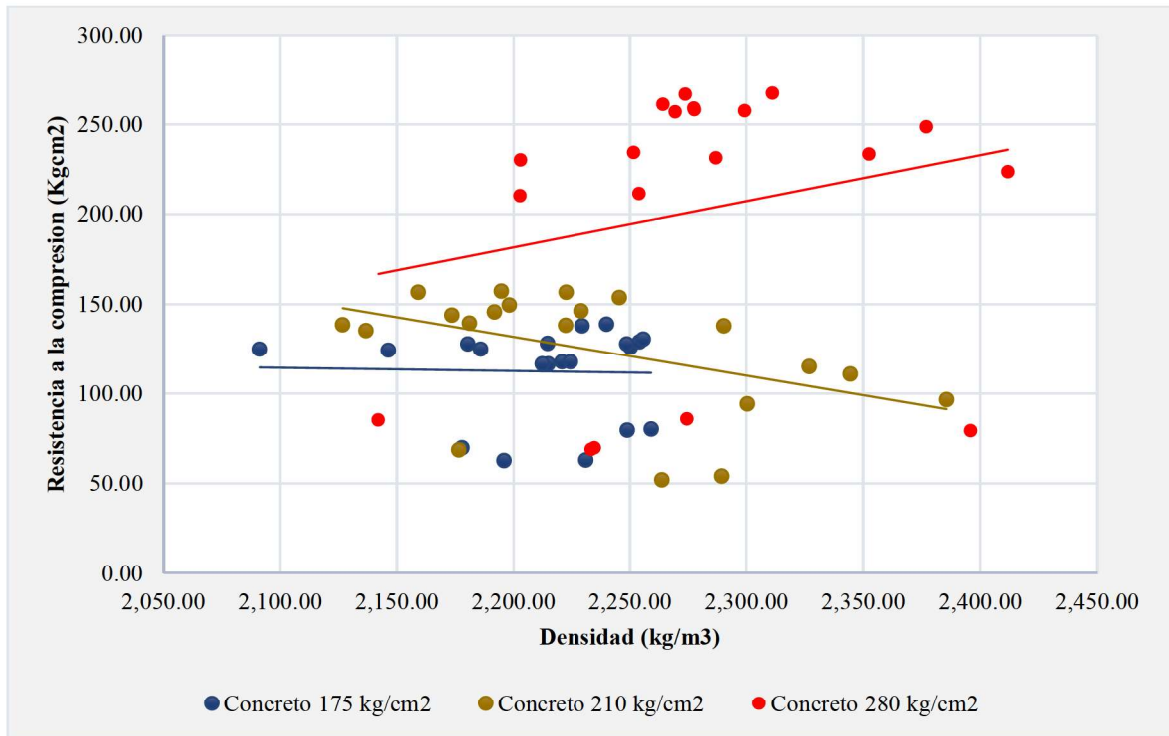


Figura 25. Relación de resistencia a la compresión y densidad en concretos convencionales.

En el siguiente cuadro se muestra el promedio de los resultados de resistencia a la compresión correspondientes a cada una de los especímenes de estudio a diferentes edades de curado, los datos indicados son el promedio obtenido de la rotura de cinco especímenes por muestra.

Tabla 36.

Resistencia a la compresión para concretos compactados a 20%, 15%, 10% y 5% cemento.

MUESTRA	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			
	7 Días	14 Días	28 Días	56 Días
C.C. al 20% Cemento	218.10	288.96	294.72	301.04
C.C. al 15% Cemento	92.24	152.17	176.35	181.29
C.C. al 10% Cemento	60.62	80.16	86.31	90.86
C.C. al 5% Cemento	13.25	26.67	31.09	35.02

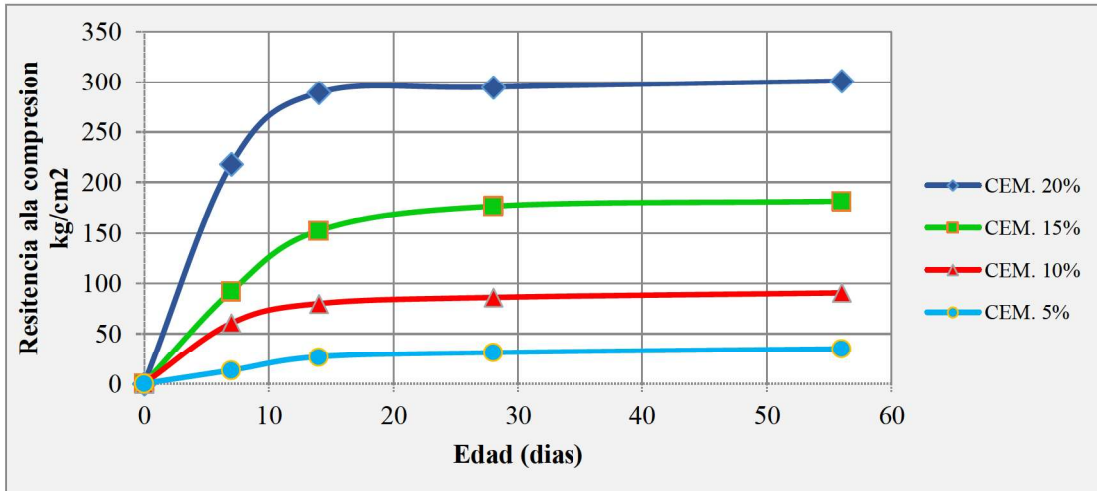


Figura 26. Variación de la resistencia a la compresión para diferentes edades de curado en especímenes de 5%, 10%, 15% y 20% de cemento.

Tabla 37.

Resistencia a la compresión de concretos convencionales de 175, 210, 280 kg/cm²

MUESTRA	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			
	7 Días	14Días	28 Días	56 Días
Concreto 175 Kg/cm ²	71.04	123.56	126.06	128.41
Concreto 210 Kg/cm ²	73.12	129.66	144.55	151.21
Concreto 280 Kg/cm ²	77.90	221.61	250.35	258.84

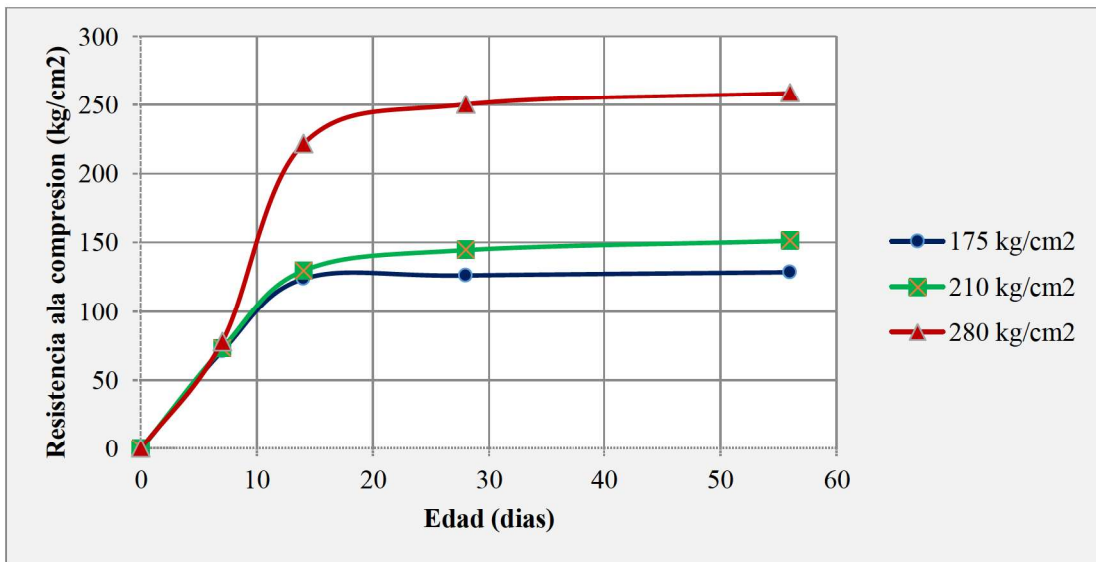


Figura 27. Variación de la resistencia a la compresión para diferentes edades de curado en especímenes de 175, 210, y 280 kg/cm².

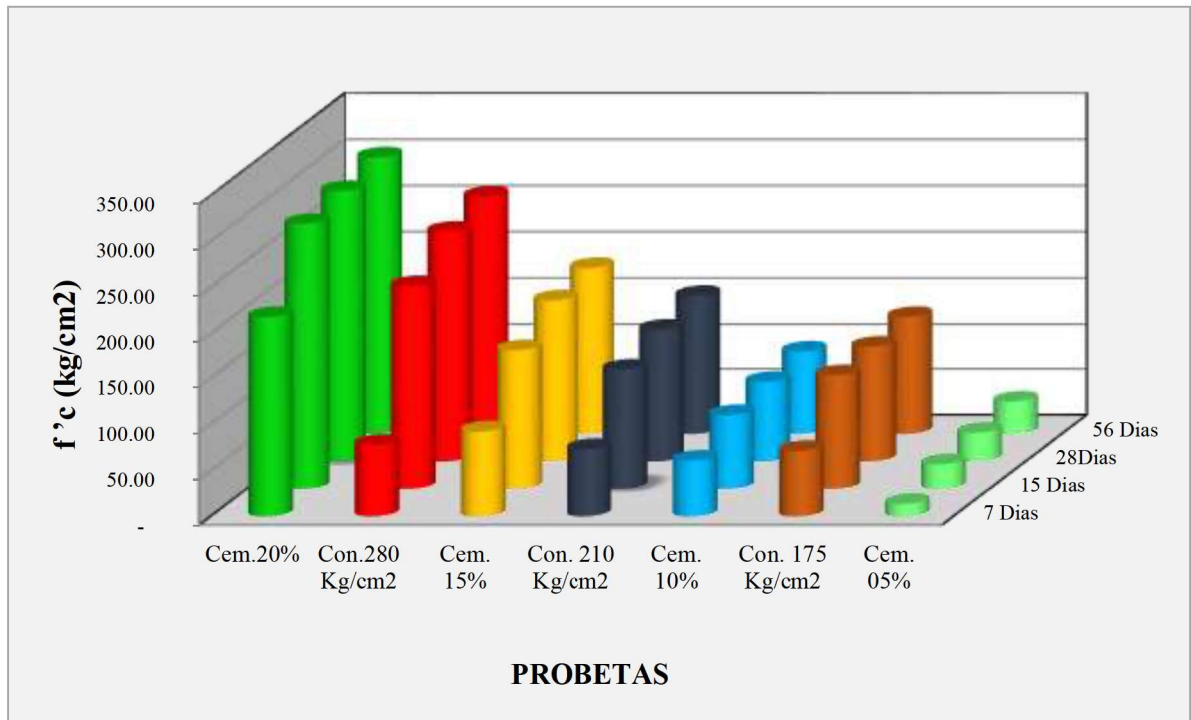


Figura 28. Vista 3d de los ensayos a la resistencia a la compresión para diferentes edades de curado para especímenes de 5%, 10%, 15% y 20% de concreto compactado y 175, 210 y 280 kg/cm^2 para concretos convencionales.

4.6.2 Modulo de elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto está determinado por una precisa relación que existe entre el esfuerzo que experimenta un material y la correspondiente deformación unitaria. Es un valor muy importante para el análisis estructural y será calculado en función a la resistencia a la compresión y densidad del concreto.

En la siguiente figura se puede apreciar la dispersión de resultados del módulo de elasticidad en función a la edad de curado.

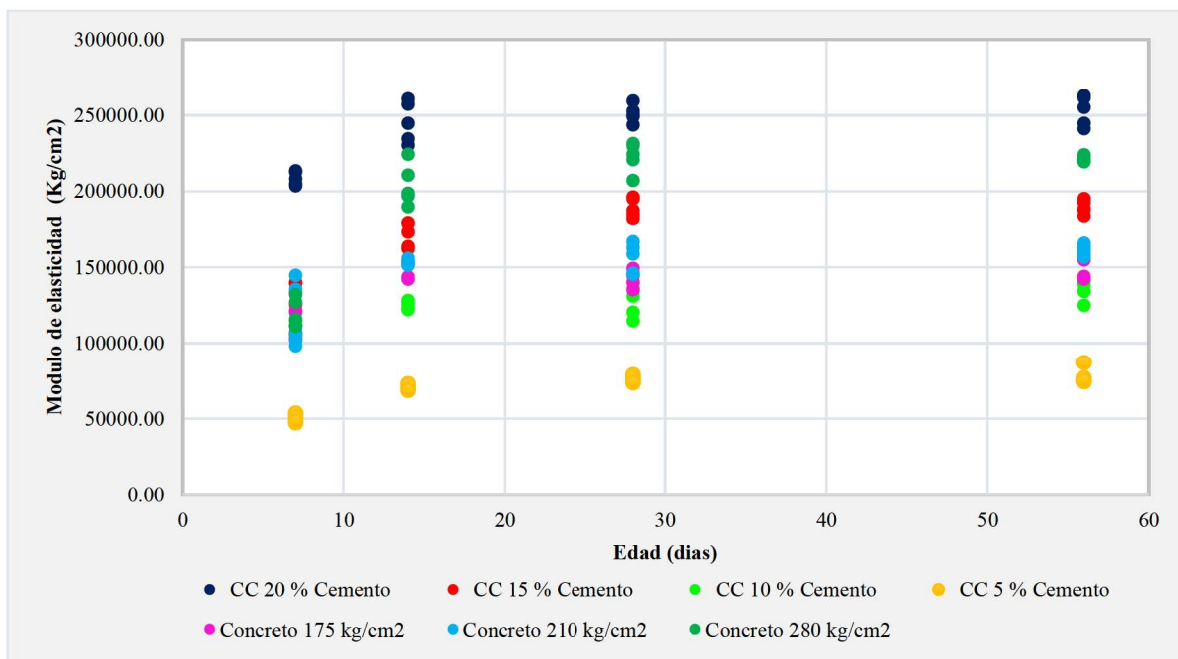


Figura 29. Dispersión resultados del módulo de elasticidad.

Para analizar el comportamiento del módulo de elasticidad a través de distintas edades de curado, se ha graficado las siguientes figuras, el promedio de los módulos con sus respectivas edades de curado.

El siguiente cuadro muestra el promedio de resultados correspondientes a cada una de las mezclas en diferentes edades de curado del concreto compactado.

Tabla 38.

Módulo de elasticidad de especímenes de concreto compactado.

Muestra	Módulo de elasticidad (Kg/cm ²)			
	7 Días	14 Días	28 Días	56 Días
Cem.20%	208428.738	245408.665	251001.872	253020.577
Cem. 15%	130045.831	171396.224	189071.391	189429.349
Cem. 10%	108138.593	125196.546	128415.91	134344.032
Cem. 5%	50067.2826	70830.3632	76004.5582	79921.0207

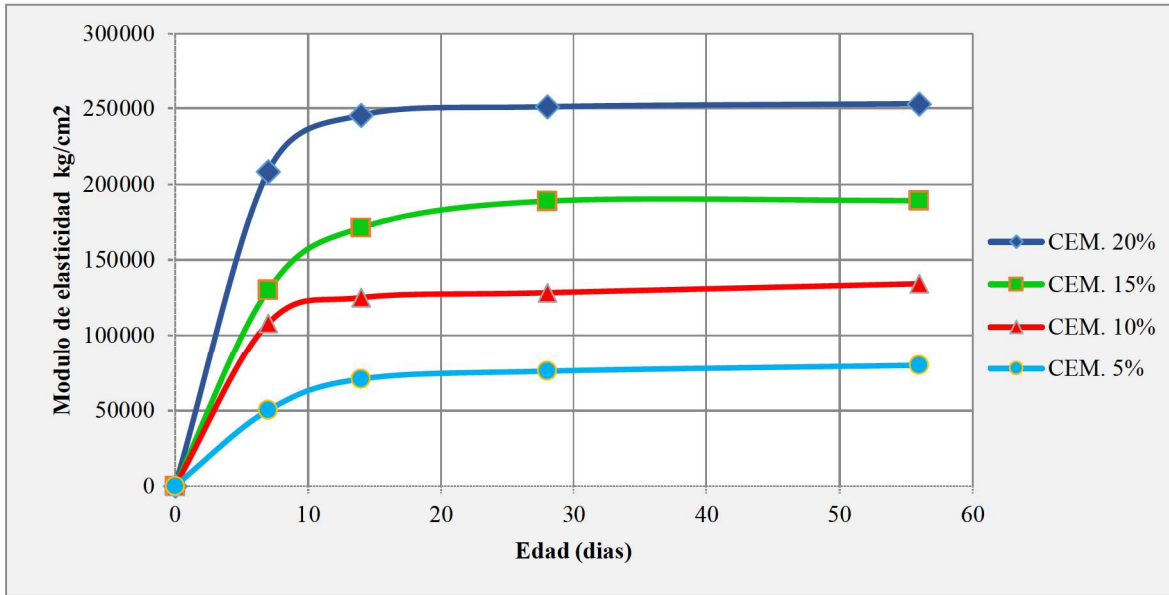


Figura 30. Variación del módulo de elasticidad para diferentes edades de curado para especímenes de 5%, 10%, 15% y 20% de cemento.

Tabla 39.

Módulo de elasticidad de especímenes de concreto convencional.

Muestra	Módulo de elasticidad (Kg/cm ²)			
	7 Días	14 Días	28 Días	56 Días
Con.280 Kg/cm ²	119562.658	203981.24	222590.267	221218.729
Con. 210 Kg/cm ²	117381.37	153135.279	156047.459	161290.792
Con. 175 Kg/cm ²	111646.245	148845.929	142975.263	151125.538

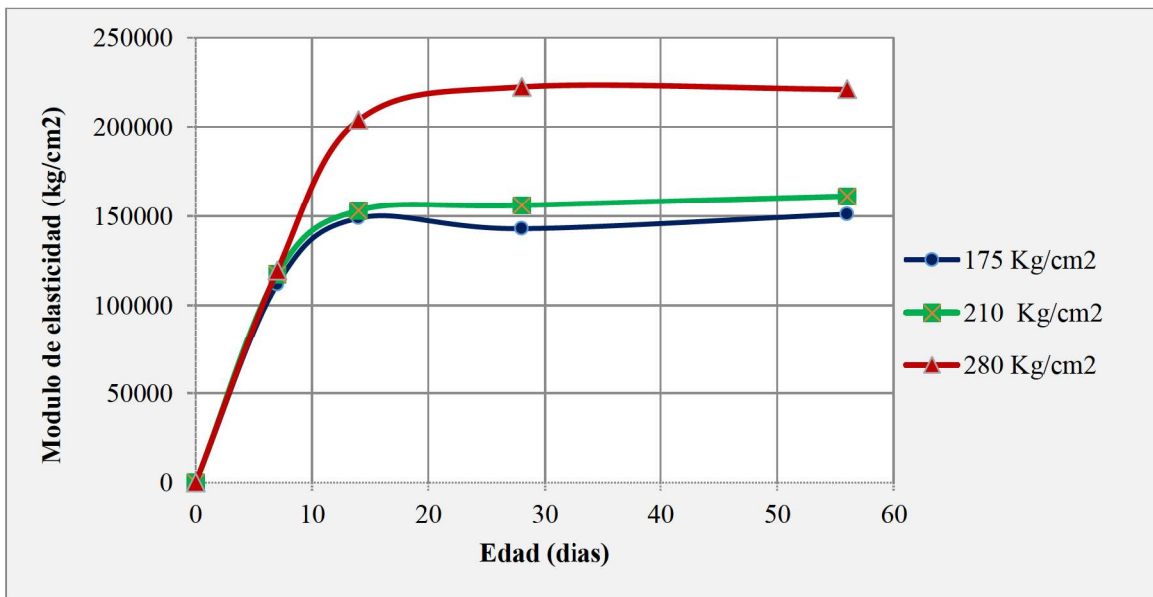


Figura 31. Variación del módulo de elasticidad para diferentes edades de curado en especímenes 175, 210, 280 kg/cm².

4.6.3 Resistencia a la flexión.

Módulo de rotura, también llamada resistencia a la flexión, la resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto El módulo de rotura es la resistencia de tensión en flexión del concreto. Según la norma ACI 318-05, el módulo de rotura f_r puede calcularse con la ecuación empírica para concretos. $f_r = 2\sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2}$

Tabla 40.

Resistencia a la flexión en función a la resistencia a compresión en concretos convencionales y compactados.

MUESTRA	Modulo de Rotura(Kg/cm ²)			
	7 Días	15 Días	28 Días	56 Días
C.C. al 20% Cemento	29.54	34.00	34.33	34.70
C.C. al 15% Cemento	19.21	24.67	26.56	26.93
C.C. al 10% Cemento	15.57	17.91	18.58	19.06
C.C. al 5% Cemento	7.28	10.33	11.15	11.84
Concreto 175 Kg/cm ²	16.86	22.23	22.46	22.66
Concreto 210 Kg/cm ²	17.10	22.77	24.05	24.59
Concreto 280 Kg/cm ²	17.65	29.77	31.64	32.18

4.7 Análisis ensayos de absorción y porosidad abierta

Los valores de la resistencia a la compresión están relacionados inversamente proporcional con la absorción en especímenes de concreto compactado y concreto convencionales como se puede verificar en las siguientes figuras. Lo que quiere decir mientras mayor es la resistencia, menor será el porcentaje de absorción del espécimen.

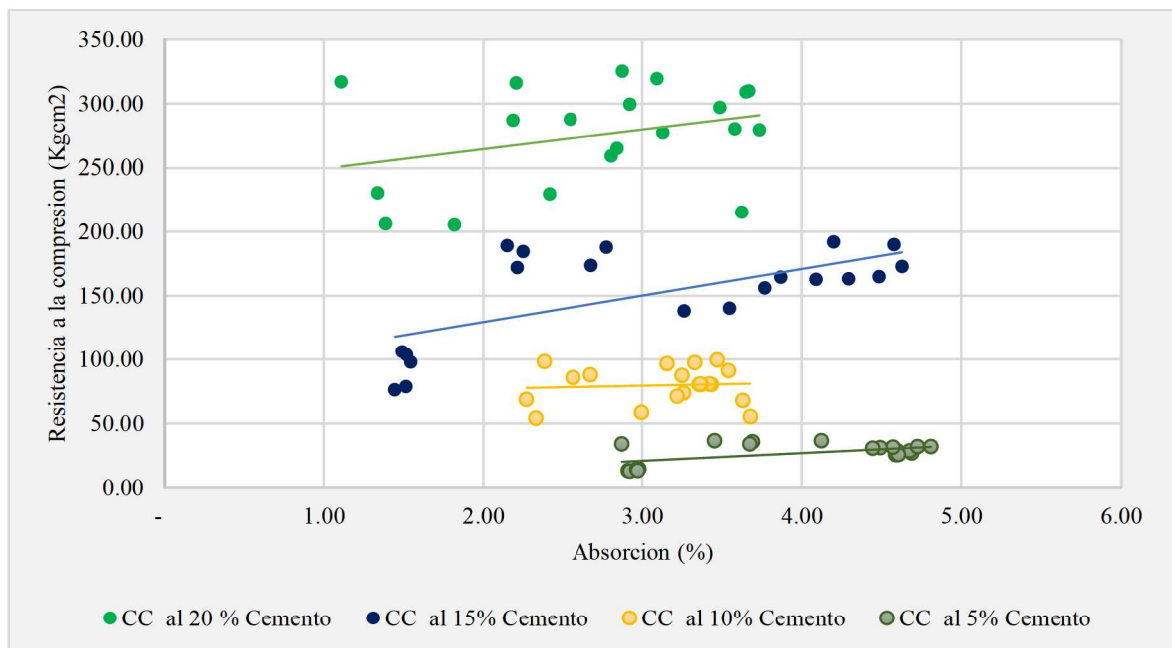


Figura 32. Relación de resistencia a la compresión y la absorción en especímenes de concreto compactado.

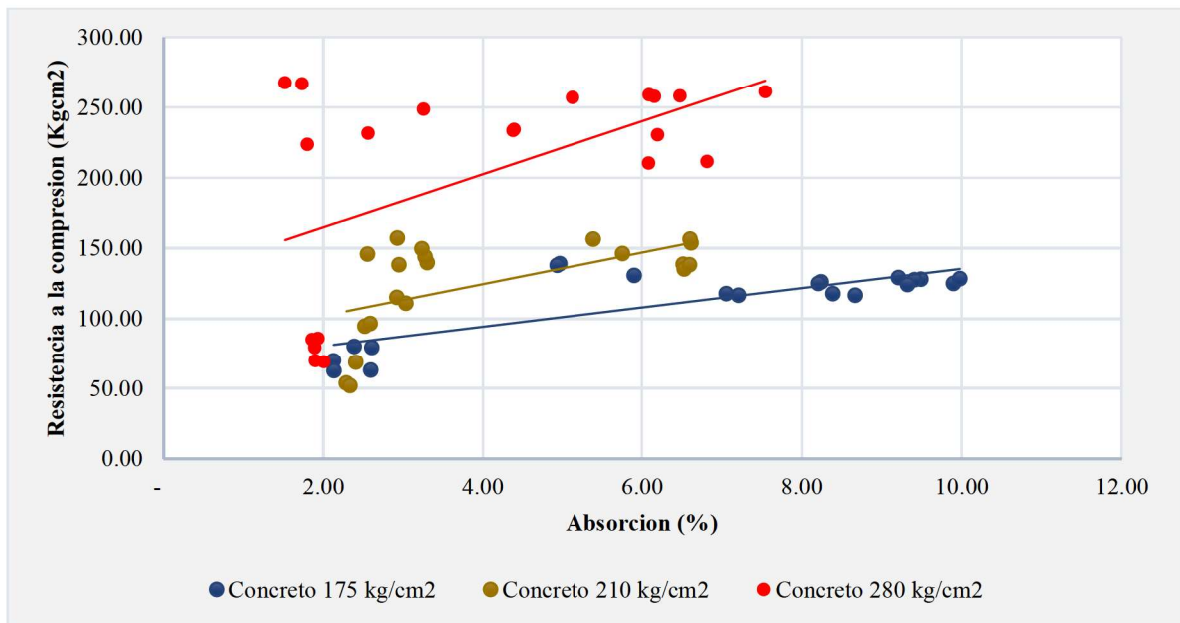


Figura 33. Relación de resistencia a la compresión y la absorción en especímenes de concreto convencional.

A continuación, se presentan las tablas de resultados del ensayo de absorción realizada a especímenes de concreto compactado y concreto convencional, se corrobora que los especímenes de concreto convencional presentan mayor porcentaje de absorción que los especímenes de concreto compactado, esto debido a la energía de compactación aplicada en ellas.

Tabla 41.

Variación porcentual de la absorción de concretos convencionales y concreto compactado.

Especímen	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (Pss)	Peso seco de la muestra (Ps)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)	$\Delta\%$
Concreto Compactado				2.06%	0.23%
C.C. al 20% Cemento	4.191	4.126	1.583%		
C.C. al 15% Cemento	4.083	4.001	2.056%		
C.C. al 10% Cemento	4.144	4.056	2.156%		
C.C. al 5% Cemento	4.134	4.036	2.410%		
Concreto Convencional				2.29%	
Concreto 175 Kg/cm ²	4.008	3.911	2.500%		
Concreto 210 Kg/cm ²	4.003	3.915	2.269%		
Concreto 280 Kg/cm ²	4.044	3.962	2.095%		

De forma general, se observa también que existe una relación inversamente proporcional entre la resistencia a la compresión y la porosidad abierta en especímenes de concretos compactados y concreto convencional es decir mientras mayor es la resistencia, menor su porosidad abierta.

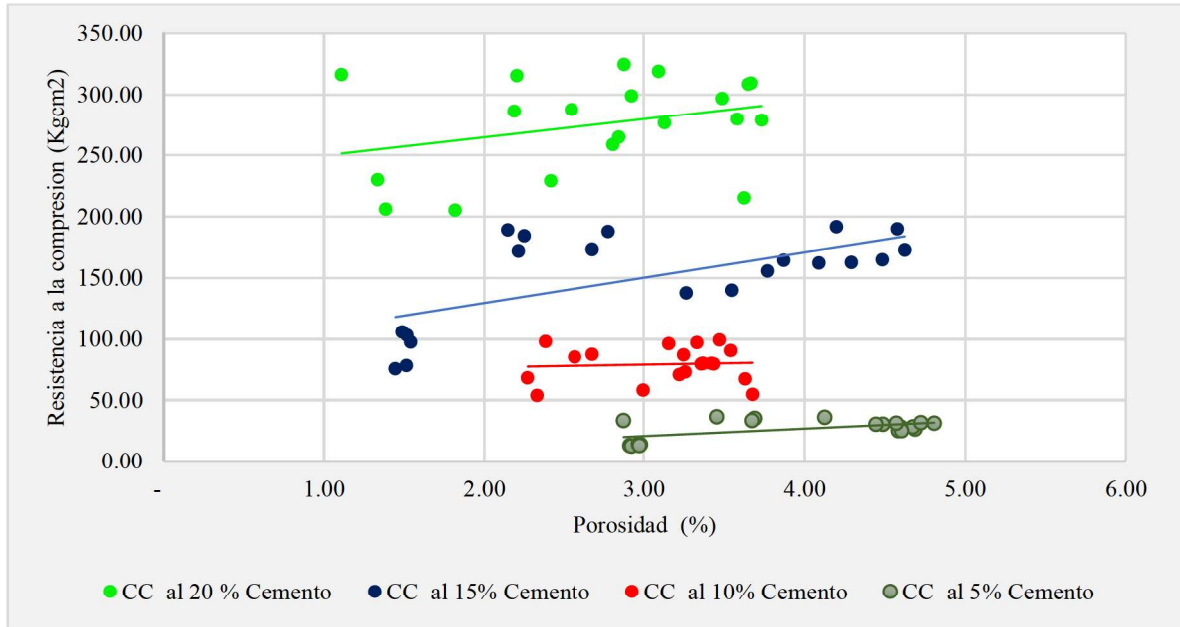


Figura 34. Relación de resistencia a la compresión y la porosidad abierta en especímenes de concreto compactado.

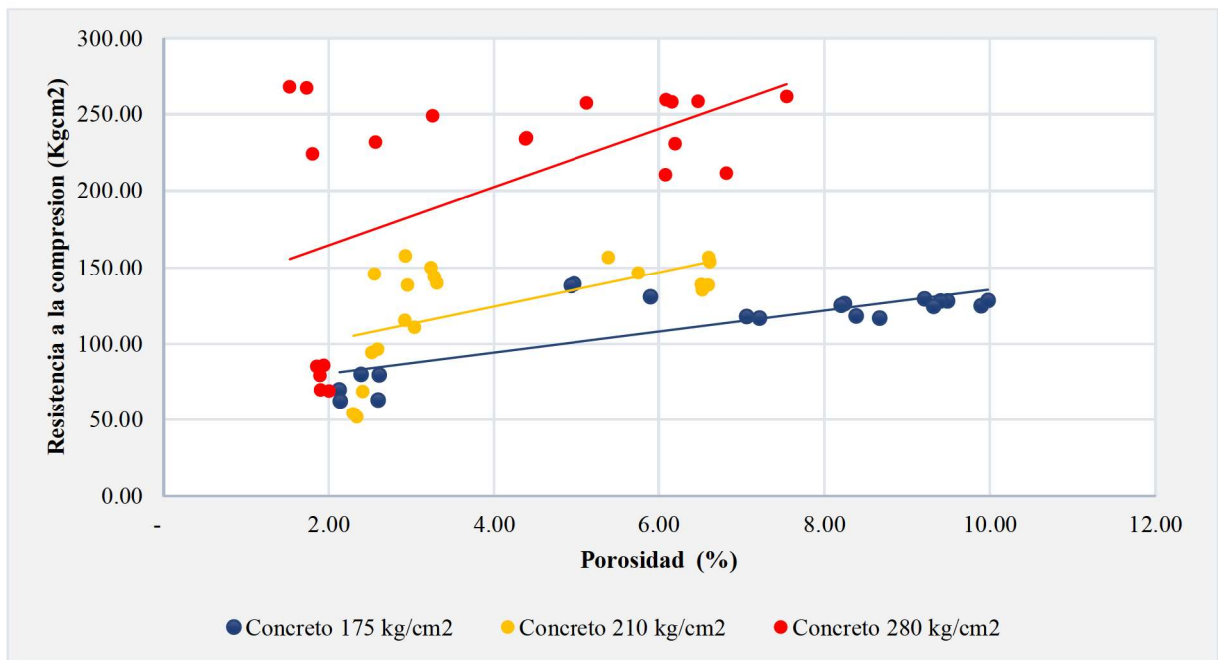


Figura 35. Relación de resistencia a la compresión y la porosidad abierta en especímenes de concreto convencional.

Tabla 42.

Variación porcentual de porosidad abierta es especímenes de concreto convencionales y concreto compactado.

Probeta	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (Pss)	Peso seco de la muestra (Ps)	Peso sumergido de la muestra (Pm)	Porosidad (%)	Promedio Porosidad (%)	Δ%
Concretos Compactados					3.20%	1.68%
C.C. al 20% Cemento	4.191	4.126	1.793	2.721%		
C.C. al 15% Cemento	4.083	4.001	1.359	3.015%		
C.C. al 10% Cemento	4.144	4.056	1.353	3.135%		
C.C. al 5% Cemento	4.134	4.036	1.664	3.938%		
Concretos Convencionales					4.88%	
Concreto 175 Kg/cm ²	4.008	3.911	2.551	6.638%		
Concreto 210 Kg/cm ²	4.003	3.915	1.820	4.019%		
Concreto 280 Kg/cm ²	4.044	3.962	1.980	3.987%		

4.8 Análisis de costos unitarios del concreto compactado y concreto convencional.

Realizando el análisis de costos unitarios para la zona se obtuvo los siguientes datos para proporcionar miento.

Tabla 43.

Análisis de las proporciones de material por m³ de mezcla.

MATERIAL CEMENTANTE	ESPÉCIMEN	PROPORCIÓN DE MATERIALES POR M ³ DE MEZCLA			
		AGUA	A.G.	A. F.	CEMENTO
Cemento Portland Tipo IP	C.C. al 5% Cemento	146.06	816.24	1,224.36	107.4
	C.C. al 10% Cemento	151.34	778.32	1,167.48	216.2
	C.C. al 15% Cemento	153.72	736.10	1,104.15	324.75
	C.C. al 20% Cemento	163.13	696.00	1,044.00	435.00
	Concreto 175 Kg/cm ²	150.41	835.74	792.99	326.43
	Concreto 210 Kg/cm ²	151.84	848.17	746.48	367.12
	Concreto 280 Kg/cm ²	154.4	870.56	663.27	439.91

Los costos de construcción demuestran que el costo por metro cúbico de concreto compactado es considerablemente menor que el de concreto colocado convencionalmente, en épocas de invierno del 2017 de la ciudad de Juliaca. La diferencia en el porcentaje ahorrado depende usualmente del costo del material cementante, la complejidad de colocación y la cuantía total de concreto colocado en obra. Según Escalaya (2006) “los ahorros asociados al concreto compactado son debidos principalmente a la reducción en los costos de encofrados, colocación, compactación y la reducción de tiempos de construcción” (p.185).

Tabla 44.

Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 5 % de cemento.

PARTIDA		Losas de Rodadura, Concreto Compactado 5 % Cemento, e=0.20 m.			
RENDIMIENTO	25	m3/DIA	Costo unitario por m3:		177.01
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5	0.160	15.00	2.40
OPERARIO	hh	4	1.280	12.50	16.00
OFICIAL	hh	2	0.640	11.25	7.20
PEON	hh	12	3.840	9.38	36.00
					61.60
Materiales					
AGREGADO FINO	m3		0.75	40.30	30.30
AGREGADO GRUESO	m3		0.52	26.50	13.68
CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bls		2.53	22.50	56.86
AGUA	m3		0.146	5.00	0.73
					101.57
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	61.60	1.85
RODILLO LISO VIBRATORIO W=2 tn	hm	0.5	0.160	35.00	5.60
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.320	20.00	6.40
					13.85
COSTO DIRECTO POR M3 DE CONCRETO					177.01

Tabla 45.

Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 10 % de cemento.

PARTIDA		Losas de Rodadura, Concreto Compactado 10 % Cemento, e=0.20 m.			
RENDIMIENTO	25	m3/DIA	Costo unitario por m3:		232.60
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5	0.160	15.00	2.40
OPERARIO	hh	4	1.280	12.50	16.00
OFICIAL	hh	2	0.640	11.25	7.20
PEON	hh	12	3.840	9.38	36.00
					61.60
Materiales					
AGREGADO FINO	m3		0.72	40.30	28.89
AGREGADO GRUESO	m3		0.49	26.50	13.04
CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bls		5.09	22.50	114.46
AGUA	m3		0.151	5.00	0.76
					157.15
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	61.60	1.85
RODILLO LISO VIBRATORIO W=2 tn	hm	0.5	0.160	35.00	5.60
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.320	20.00	6.40
					13.85
COSTO DIRECTO POR M3 DE CONCRETO					232.60

Tabla 46.

Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 15 % de cemento.

PARTIDA		Losa de Rodadura, Concreto Compactado 15 % Cemento, e=0.20 m.			
RENDIMIENTO	25	m3/DIA	Costo unitario por m3:		287.80
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5	0.160	15.00	2.40
OPERARIO	hh	4	1.280	12.50	16.00
OFICIAL	hh	2	0.640	11.25	7.20
PEON	hh	12	3.840	9.38	36.00
					61.60
Materiales					
AGREGADO FINO	m3		0.68	40.30	27.32
AGREGADO GRUESO	m3		0.47	26.50	12.33
CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bls		7.64	22.50	171.93
AGUA	m3		0.154	5.00	0.77
					212.35
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	61.60	1.85
RODILLO LISO VIBRATORIO W=2 tn	hm	0.5	0.160	35.00	5.60
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.320	20.00	6.40
					13.85
COSTO DIRECTO POR M3 DE CONCRETO					287.80

Tabla 47.

Análisis de costos unitarios para concreto compactado con 20 % de cemento.

PARTIDA		Losa de Rodadura, Concreto Compactado 20 % Cemento, e=0.20 m.			
RENDIMIENTO	25	m3/DIA	Costo unitario por m3:		344.06
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5	0.160	15.00	2.40
OPERARIO	hh	4	1.280	12.50	16.00
OFICIAL	hh	2	0.640	11.25	7.20
PEON	hh	12	3.840	9.38	36.00
					61.60
Materiales					
AGREGADO FINO	m3		0.64	40.30	25.84
AGREGADO GRUESO	m3		0.44	26.50	11.66
CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bls		10.24	22.50	230.29
AGUA	m3		0.163	5.00	0.82
					268.61
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	61.60	1.85
RODILLO LISO VIBRATORIO W=2 tn	hm	0.5	0.160	35.00	5.60
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.320	20.00	6.40
					13.85
COSTO DIRECTO POR M3 DE CONCRETO					344.06

Tabla 48.

Análisis de costos unitarios para concreto convencional 175 kg/cm².

PARTIDA		Losa de Rodadura, Concreto f'c 175 kg/cm ² , e=0.20 m.			
RENDIMIENTO	20	m ³ /DIA		Costo unitario por m ³ :	294.19
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5	0.200	15.00	3.00
OPERARIO	hh	4	1.280	12.50	16.00
OFICIAL	hh	2	0.800	11.25	9.00
PEON	hh	12	4.800	9.38	45.00
					73.00
Materiales					
AGREGADO FINO	m ³		0.49	40.30	19.62
AGREGADO GRUESO	m ³		0.53	26.50	14.00
CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bls		7.68	22.50	172.82
AGUA	m ³		0.150	5.00	0.75
					207.20
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	73.00	2.19
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1	0.400	9.50	3.80
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.400	20.00	8.00
					13.99
COSTO DIRECTO POR M3 DE CONCRETO					294.19

Tabla 49.

Análisis de costos unitarios para concreto convencional 210 kg/cm².

PARTIDA		Losa de Rodadura, Concreto f'c 210 kg/cm ² , e=0.20 m.			
RENDIMIENTO	20	m ³ /DIA		Costo unitario por m ³ :	314.79
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5	0.200	15.00	3.00
OPERARIO	hh	4	1.280	12.50	16.00
OFICIAL	hh	2	0.800	11.25	9.00
PEON	hh	12	4.800	9.38	45.00
					73.00
Materiales					
AGREGADO FINO	m ³		0.46	40.30	18.47
AGREGADO GRUESO	m ³		0.54	26.50	14.21
CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bls		8.64	22.50	194.36
AGUA	m ³		0.152	5.00	0.76
					227.80
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	73.00	2.19
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1	0.400	9.50	3.80
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.400	20.00	8.00
					13.99
COSTO DIRECTO POR M3 DE CONCRETO					314.79

Tabla 50.

Análisis de costos unitarios para concreto convencional 280 kg/cm².

PARTIDA		Losas de Rodadura, Concreto f'c 280 kg/cm ² , e=0.20 m.			
RENDIMIENTO	20	m ³ /DIA		Costo unitario por m ³ :	351.66
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5	0.200	15.00	3.00
OPERARIO	hh	4	1.280	12.50	16.00
OFICIAL	hh	2	0.800	11.25	9.00
PEON	hh	12	4.800	9.38	45.00
					73.00
Materiales					
AGREGADO FINO	m ³		0.41	40.30	16.41
AGREGADO GRUESO	m ³		0.55	26.50	14.59
CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bls		10.35	22.50	232.89
AGUA	m ³		0.154	5.00	0.77
					264.67
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	73.00	2.19
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1	0.400	9.50	3.80
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.400	20.00	8.00
					13.99
COSTO DIRECTO POR M3 DE CONCRETO					351.66

Por medio de las siguientes figuras se demuestra que existe una relación directamente proporcional entre la resistencia a la compresión y costo unitario por m³ de concreto, para mezclas de concreto convencional y concreto compactado.

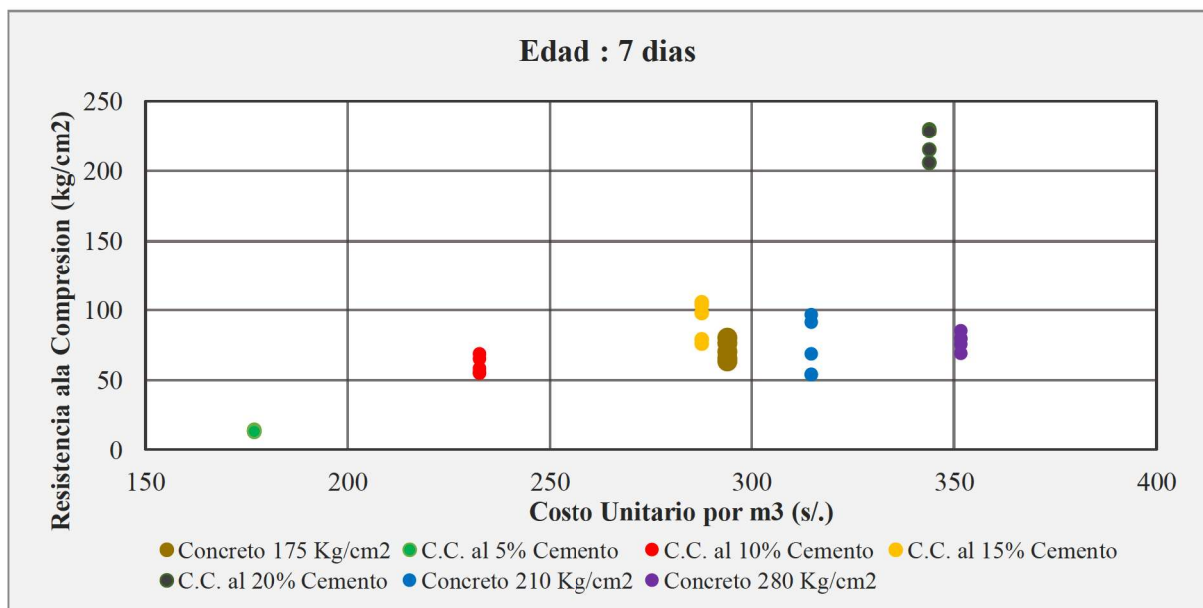


Figura 36. Dispersión de costo-beneficio para 7 días de curado en concreto compactados y convencionales.

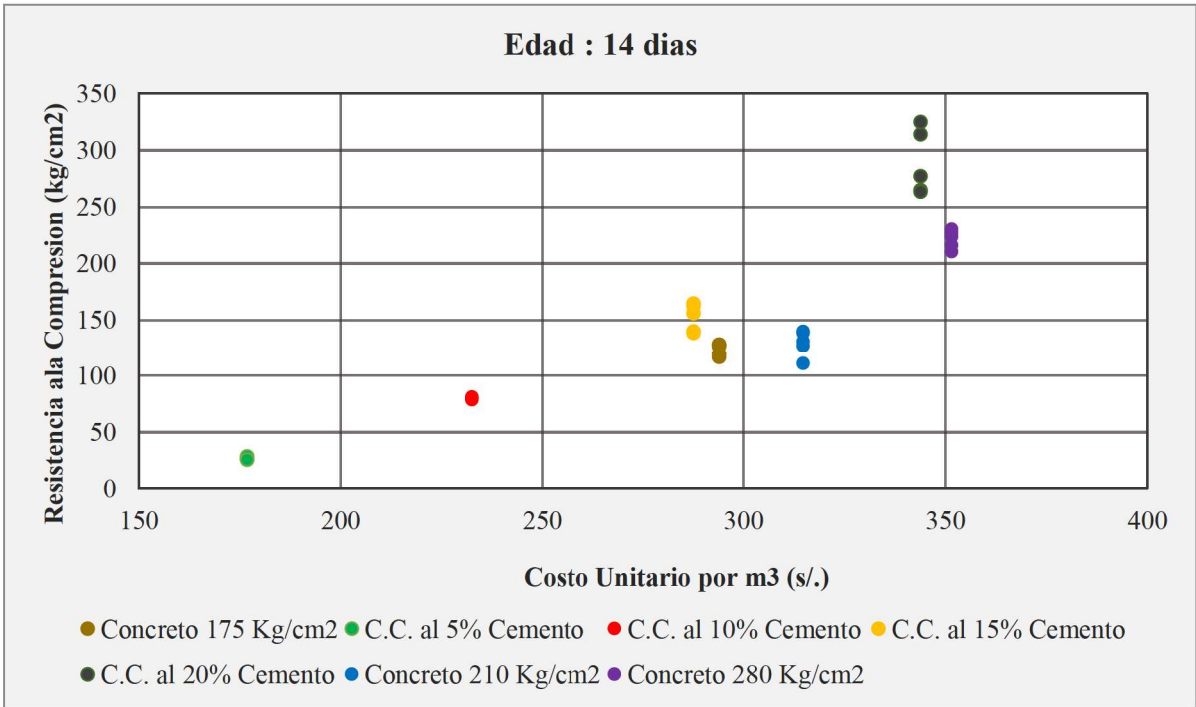


Figura 37. Dispersión de costo-beneficio para 14 días de curado en concreto compactados y convencionales.

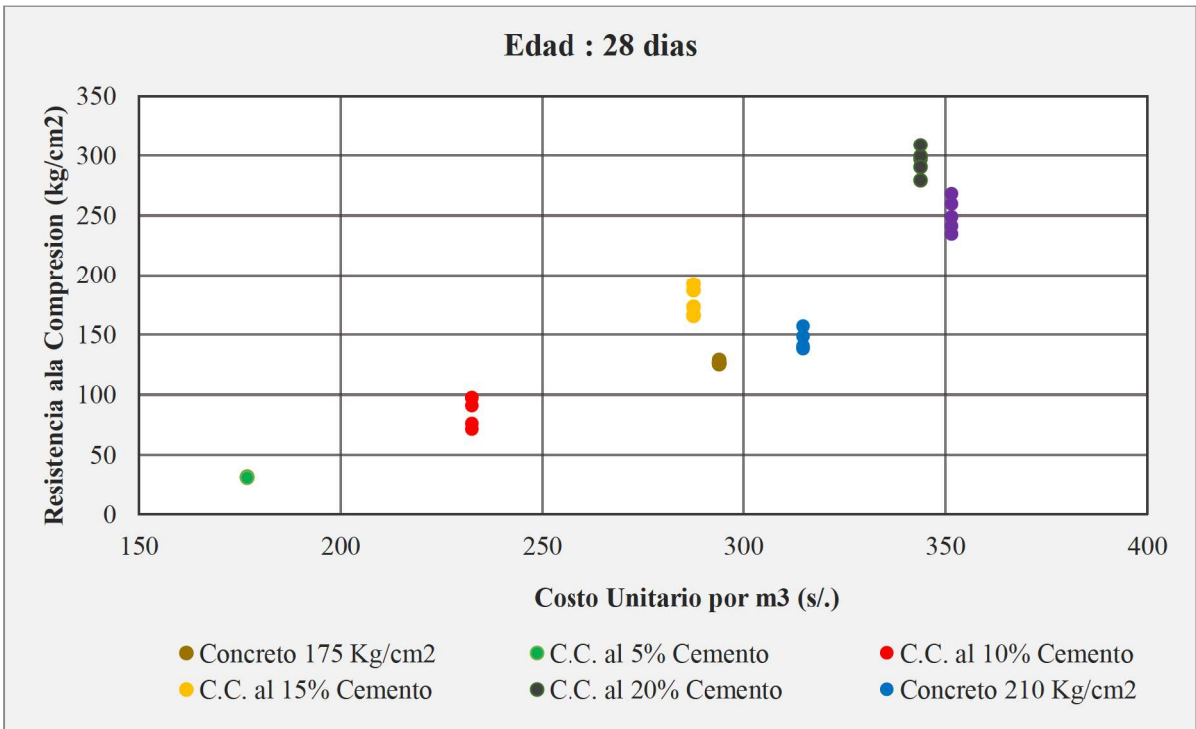


Figura 38. Dispersión de costo-beneficio para 28 días de curado en concreto compactados y convencionales.

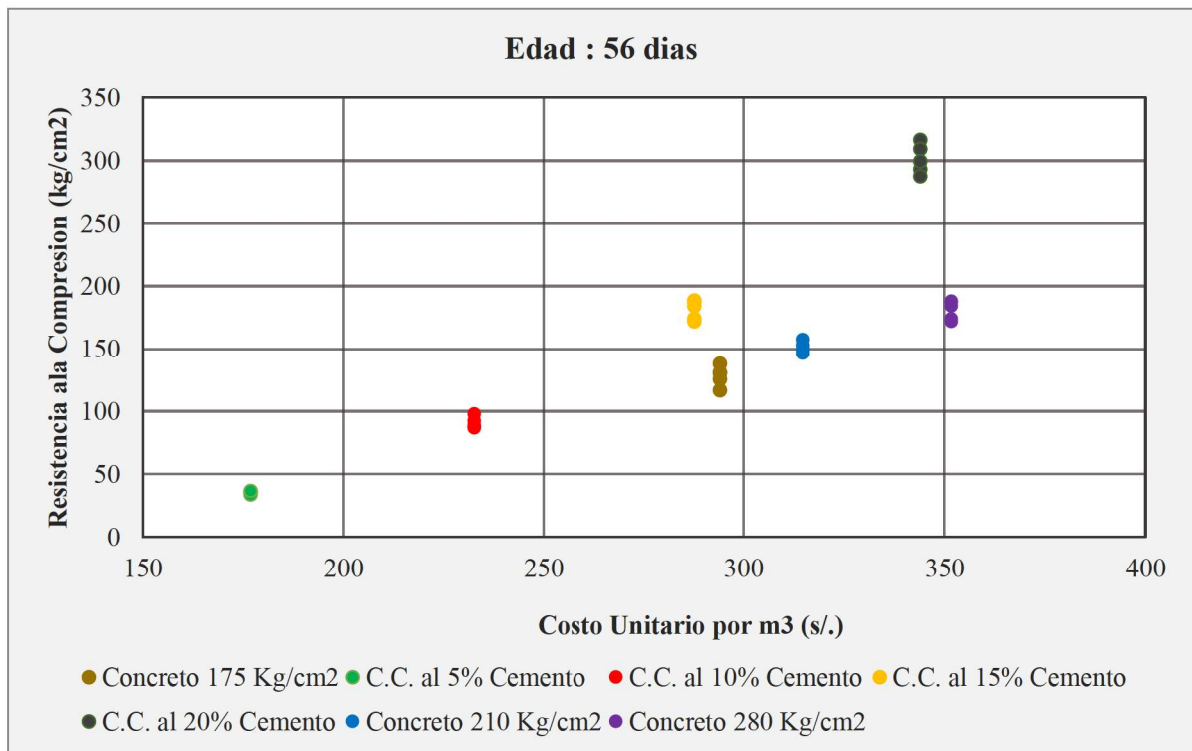


Figura 39. Dispersión de costo-beneficio para 56 días de curado en concreto compactados y convencionales.

4.9 Análisis estadístico prueba Tukey y Anova

Se realiza un análisis estadístico del comportamiento estructural del concreto compactado definido como un concreto de consistencia seca y asentamiento nulo y su uso en la construcción de pavimentos rígidos en estaciones de invierno, el concreto compactado alcanza valores elevados de resistencia con respecto al concreto convencional.

En cuanto se refiere al trabajo con concretos compactados se tomó cinco criterios fundamentales de análisis para su comparación, estos fueron: densidad, resistencia, absorción, porosidad abierta y costo por m³, con la finalidad de demostrar que el concreto compactado en zonas frías en estaciones de invierno presenta un comportamiento estructural que supera en resistencia al concreto convencional, reduciéndose los costos de implementación y mantenimiento, lo cual ha de representar una alternativa adecuada y viable para la construcción de pavimentos en épocas de invierno.

A continuación se realiza un análisis exploratorio y descriptivo de los criterios mencionados a través de tablas y graficas en donde primeramente se hizo una partición las muestra de probetas experimentales en siete especímenes definidos de la siguiente manera: espécimen 1 cemento al 20% CC , espécimen 2 cemento al 15% CC , espécimen 3 cemento al 10% CC , espécimen 4 cemento al 5% CC , espécimen 5 concreto 175 kg/cm² , espécimen

6 concreto 210 kg/cm² y espécimen 7 concreto 280 kg/cm² ; los cuales fueron sometidos a cuatro ensayos definidos de la siguiente manera: ensayo 1 a los 7 días , ensayo 2 a los 14 días, ensayo 3 a los 28 días y ensayo 4 a los 56 días.

4.9.1 Espécimen 1 cemento al 20% CC

Tabla de análisis de las muestras de probetas experimentales a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días de las variables densidad: densidad (kg/m³) de la probeta (peso/volumen); resistencia: ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm²); absorción: ensayos de absorción en %, ensayos de porosidad: porosidad abierta en %, y costo: costo unitario por m³ de concreto (S/).

Tabla 51.
Espécimen 1 cemento al 20 % CC.

Espécimen 1 Cemento al 20 % CC	Densidad (kg/m³) Peso Específico	Resistencia (kg/cm²)	Edad (Días)	Ensayos de Absorción (%)	Porosidad Abierta (%)	Costo Unitario por m³ de Concreto (S/)
Ensayo 1	2,306.82	230.17	7.00	0.76	1.34	S/. 344.06
Ensayo 1	2,314.53	229.17	7.00	1.38	2.42	S/. 344.06
Ensayo 1	2,329.33	205.02	7.00	1.03	1.82	S/. 344.06
Ensayo 1	2,324.14	215.08	7.00	2.08	3.62	S/. 344.06
Ensayo 1	2,334.87	206.02	7.00	0.78	1.39	S/. 344.06
Ensayo 2	2,348.37	264.94	14.00	1.75	2.84	S/. 344.06
Ensayo 2	2,370.79	319.03	14.00	1.84	3.09	S/. 344.06
Ensayo 2	2,338.33	258.90	14.00	1.74	2.80	S/. 344.06
Ensayo 2	2,380.56	276.89	14.00	1.85	3.13	S/. 344.06
Ensayo 2	2,335.03	325.06	14.00	1.76	2.88	S/. 344.06
Ensayo 3	2,321.01	296.73	28.00	2.00	3.49	S/. 344.06
Ensayo 3	2,344.35	309.61	28.00	2.09	3.67	S/. 344.06
Ensayo 3	2,402.78	279.83	28.00	2.07	3.58	S/. 344.06
Ensayo 3	2,387.90	308.60	28.00	2.11	3.65	S/. 344.06
Ensayo 3	2,412.10	278.82	28.00	2.13	3.73	S/. 344.06
Ensayo 4	2,343.03	316.51	56.00	0.62	1.11	S/. 344.06
Ensayo 4	2,383.88	315.54	56.00	1.22	2.20	S/. 344.06
Ensayo 4	2,353.41	286.55	56.00	1.31	2.19	S/. 344.06
Ensayo 4	2,434.67	299.11	56.00	1.64	2.92	S/. 344.06
Ensayo 4	2,329.11	287.52	56.00	1.56	2.55	S/. 344.06

4.9.2 Espécimen 2 cemento al 15% CC

Tabla de análisis de las muestras de probetas experimentales a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días de las variables densidad : densidad (kg/m³) de la probeta (peso/volumen); resistencia : ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm²); absorción : ensayos de absorción en %, ensayos de porosidad : porosidad abierta en %, peso saturada superficialmente seca de la muestra en kg, peso seco de la muestra en kg y peso sumergido de la muestra en kg; y costo : costo unitario por m³ de concreto (S/).

Tabla 52.
Especimen 2 cemento al 15 % CC.

Especimen 2 Cemento al 15 % CC	Densidad (kg/m3) Peso Específico	Resistencia (kg/cm2)	Edad (Días)	Ensayos de Absorción (%)	Porosidad Abierta (%)	Costo Unitario por m3 de Concreto (S/)
Ensayo 1	2,324.38	97.63	7.00	1.06	1.54	S/. 287.80
Ensayo 1	2,188.75	105.95	7.00	1.00	1.49	S/. 287.80
Ensayo 1	2,327.36	78.53	7.00	1.04	1.51	S/. 287.80
Ensayo 1	2,174.53	75.84	7.00	0.97	1.44	S/. 287.80
Ensayo 1	2,273.00	103.26	7.00	1.02	1.52	S/. 287.80
Ensayo 2	2,284.13	138.05	14.00	2.32	3.26	S/. 287.80
Ensayo 2	2,302.85	164.42	14.00	2.58	3.87	S/. 287.80
Ensayo 2	2,285.76	139.92	14.00	2.59	3.55	S/. 287.80
Ensayo 2	2,291.21	155.91	14.00	2.73	3.77	S/. 287.80
Ensayo 2	2,307.68	162.55	14.00	2.70	4.09	S/. 287.80
Ensayo 3	2,315.69	191.63	28.00	2.86	4.20	S/. 287.80
Ensayo 3	2,331.45	189.77	28.00	3.06	4.58	S/. 287.80
Ensayo 3	2,333.27	162.94	28.00	2.93	4.29	S/. 287.80
Ensayo 3	2,368.63	164.80	28.00	3.00	4.48	S/. 287.80
Ensayo 3	2,313.18	172.64	28.00	3.12	4.63	S/. 287.80
Ensayo 4	2,310.06	187.59	56.00	1.90	2.78	S/. 287.80
Ensayo 4	2,325.10	189.10	56.00	1.43	2.15	S/. 287.80
Ensayo 4	2,300.93	173.48	56.00	1.83	2.68	S/. 287.80
Ensayo 4	2,344.16	171.97	56.00	1.46	2.21	S/. 287.80
Ensayo 4	2,285.52	184.31	56.00	1.53	2.25	S/. 287.80

4.9.3 Especimen 3 cemento al 10% CC.

Tabla de análisis de las muestras de probetas experimentales a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días de las variables densidad : densidad (kg/m3) de la probeta (peso/volumen); resistencia : ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm2); absorción : ensayos de absorción en %, ensayos de porosidad : porosidad abierta en %, peso saturada superficialmente seca de la muestra en kg, peso seco de la muestra en kg y peso sumergido de la muestra en kg; y costo : costo unitario por m3 de concreto (S/).

Tabla 53.
Especimen 3 cemento al 10% CC

Especimen 3 Cemento al 10 % CC	Densidad (kg/m3) Peso Específico	Resistencia (kg/cm2)	Edad (Días)	Ensayos de Absorción (%)	Porosidad Abierta (%)	Costo Unitario por m3 de Concreto (S/)
Ensayo 1	2,270.01	58.38	7.00	2.07	3.00	S/. 232.60
Ensayo 1	2,294.11	67.41	7.00	2.50	3.63	S/. 232.60
Ensayo 1	2,296.27	53.83	7.00	1.61	2.33	S/. 232.60
Ensayo 1	2,326.51	54.95	7.00	2.52	3.68	S/. 232.60
Ensayo 1	2,289.39	68.53	7.00	1.56	2.27	S/. 232.60
Ensayo 2	2,306.26	79.97	14.00	2.37	3.43	S/. 232.60
Ensayo 2	2,271.80	80.33	14.00	2.36	3.42	S/. 232.60
Ensayo 2	2,335.03	79.99	14.00	2.32	3.36	S/. 232.60
Ensayo 2	2,337.89	80.19	14.00	2.33	3.37	S/. 232.60
Ensayo 2	2,265.74	80.31	14.00	2.32	3.36	S/. 232.60
Ensayo 3	2,327.08	97.21	28.00	2.31	3.33	S/. 232.60
Ensayo 3	2,263.64	99.40	28.00	2.36	3.47	S/. 232.60
Ensayo 3	2,314.85	73.22	28.00	2.25	3.26	S/. 232.60

Ensayo 3	2,279.20	90.69	28.00	2.41	3.54	S/. 232.60
Ensayo 3	2,261.42	71.03	28.00	2.20	3.22	S/. 232.60
Ensayo 4	2,234.60	87.42	56.00	1.84	2.68	S/. 232.60
Ensayo 4	2,266.74	96.41	56.00	2.16	3.16	S/. 232.60
Ensayo 4	2,367.33	85.31	56.00	1.77	2.56	S/. 232.60
Ensayo 4	2,410.20	87.02	56.00	2.23	3.25	S/. 232.60
Ensayo 4	2,303.82	98.13	56.00	1.64	2.38	S/. 232.60

4.9.4 Espécimen 4 cemento al 5% CC

Tabla de análisis de las muestras de probetas experimentales a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días de las variables densidad : densidad (kg/m³) de la probeta (peso/volumen); resistencia : ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm²); absorción : ensayos de absorción en %, ensayos de porosidad: porosidad abierta en %, peso saturada superficialmente seca de la muestra en kg, peso seco de la muestra en kg y peso sumergido de la muestra en kg; y costo: costo unitario por m³ de concreto (S/).

Tabla 54.

Espécimen 4 cemento al 5% CC.

Espécimen 4 Cemento al 5 % CC	Densidad (kg/m³) Peso Específico	Resistencia (kg/cm²)	Edad (Días)	Ensayos de Absorción (%)	Porosidad Abierta (%)	Costo Unitario por m³ de Concreto (S/)
Ensayo 1	2,319.64	12.75	7.00	1.79	2.91	S/. 177.01
Ensayo 1	2,344.30	13.90	7.00	1.80	2.98	S/. 177.01
Ensayo 1	2,227.27	12.61	7.00	1.80	2.92	S/. 177.01
Ensayo 1	2,258.20	14.04	7.00	1.80	2.97	S/. 177.01
Ensayo 1	2,239.41	12.96	7.00	1.82	2.97	S/. 177.01
Ensayo 2	2,280.97	26.43	14.00	2.88	4.69	S/. 177.01
Ensayo 2	2,280.31	28.15	14.00	2.87	4.67	S/. 177.01
Ensayo 2	2,272.91	25.19	14.00	2.83	4.59	S/. 177.01
Ensayo 2	2,269.58	28.27	14.00	2.84	4.60	S/. 177.01
Ensayo 2	2,267.88	25.31	14.00	2.83	4.61	S/. 177.01
Ensayo 3	2,264.46	31.23	28.00	2.82	4.57	S/. 177.01
Ensayo 3	2,306.87	31.57	28.00	2.86	4.73	S/. 177.01
Ensayo 3	2,237.69	30.60	28.00	2.76	4.49	S/. 177.01
Ensayo 3	2,280.48	31.50	28.00	2.92	4.81	S/. 177.01
Ensayo 3	2,232.53	30.53	28.00	2.70	4.44	S/. 177.01
Ensayo 4	2,183.79	35.32	56.00	2.25	3.69	S/. 177.01
Ensayo 4	2,351.63	36.38	56.00	2.10	3.45	S/. 177.01
Ensayo 4	2,170.15	33.66	56.00	2.25	3.67	S/. 177.01
Ensayo 4	2,183.84	33.51	56.00	1.74	2.87	S/. 177.01
Ensayo 4	2,354.09	36.24	56.00	2.54	4.12	S/. 177.01

4.9.5 Espécimen 5 concreto 175 kg/cm²

Tabla de análisis de las muestras de probetas experimentales a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días de las variables densidad : densidad (kg/m³) de la probeta (peso/volumen); resistencia : ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm²); absorción : ensayos de absorción en %, ensayos de porosidad : porosidad abierta en %, peso saturada

superficialmente seca de la muestra en kg, peso seco de la muestra en kg y peso sumergido de la muestra en kg; y costo: costo unitario por m³ de concreto (S/).

Tabla 55.

Espécimen 5 concreto 175 kg/cm²

Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm²	Densidad (kg/m³) Peso Específico	Resistencia (kg/cm²)	Edad (Días)	Ensayos de Absorción (%)	Porosidad Abierta (%)	Costo Unitario por m³ de Concreto (S/)
Ensayo 1	2,177.94	69.89	7.00	0.81	2.13	S/. 294.19
Ensayo 1	2,248.91	79.54	7.00	0.91	2.61	S/. 294.19
Ensayo 1	2,196.00	62.54	7.00	0.81	2.14	S/. 294.19
Ensayo 1	2,259.34	80.12	7.00	0.86	2.39	S/. 294.19
Ensayo 1	2,231.14	63.11	7.00	0.91	2.60	S/. 294.19
Ensayo 2	2,250.23	126.19	14.00	3.13	8.24	S/. 294.19
Ensayo 2	2,254.25	129.17	14.00	3.23	9.21	S/. 294.19
Ensayo 2	2,220.75	117.95	14.00	3.39	8.39	S/. 294.19
Ensayo 2	2,214.88	116.64	14.00	3.48	8.67	S/. 294.19
Ensayo 2	2,248.80	127.85	14.00	3.31	9.49	S/. 294.19
Ensayo 3	2,185.87	124.84	28.00	4.08	9.90	S/. 294.19
Ensayo 3	2,091.31	125.07	28.00	3.21	8.21	S/. 294.19
Ensayo 3	2,180.30	127.79	28.00	3.36	9.41	S/. 294.19
Ensayo 3	2,146.35	124.34	28.00	3.88	9.32	S/. 294.19
Ensayo 3	2,214.74	128.28	28.00	3.53	9.98	S/. 294.19
Ensayo 4	2,212.39	116.61	56.00	2.71	7.22	S/. 294.19
Ensayo 4	2,240.04	139.10	56.00	1.79	4.97	S/. 294.19
Ensayo 4	2,224.48	117.72	56.00	2.65	7.06	S/. 294.19
Ensayo 4	2,229.59	137.98	56.00	1.77	4.93	S/. 294.19
Ensayo 4	2,255.92	130.64	56.00	2.18	5.90	S/. 294.19

4.9.6 Espécimen 6 concreto 210 kg/cm²

Tabla de análisis de las muestras de probetas experimentales a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días de las variables densidad : densidad (kg/m³) de la probeta (peso/volumen); resistencia : ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm²); absorción : ensayos de absorción en %, ensayos de porosidad : porosidad abierta en %, peso saturada superficialmente seca de la muestra en kg, peso seco de la muestra en kg y peso sumergido de la muestra en kg; y **costo**: costo unitario por m³ de concreto (S/).

Tabla 56.

Espécimen 6 concreto 210 kg/cm²

Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm²	Densidad (kg/m³) Peso Específico	Resistencia (kg/cm²)	Edad (Días)	Ensayos de Absorción (%)	Porosidad Abierta (%)	Costo Unitario por m³ de Concreto (S/)
Ensayo 1	2,289.51	54.01	7.00	1.25	2.29	S/. 314.79
Ensayo 1	2,300.50	94.40	7.00	1.31	2.52	S/. 314.79
Ensayo 1	2,263.85	51.84	7.00	1.28	2.34	S/. 314.79
Ensayo 1	2,385.71	96.57	7.00	1.34	2.59	S/. 314.79
Ensayo 1	2,176.44	68.79	7.00	1.31	2.41	S/. 314.79
Ensayo 2	2,181.10	139.67	14.00	1.81	3.31	S/. 314.79
Ensayo 2	2,173.44	144.06	14.00	1.80	3.28	S/. 314.79
Ensayo 2	2,326.82	115.27	14.00	1.61	2.92	S/. 314.79

Ensayo 2	2,222.47	138.44	14.00	1.63	2.95	S/. 314.79
Ensayo 2	2,344.50	110.88	14.00	1.67	3.04	S/. 314.79
Ensayo 3	2,126.70	138.75	28.00	3.97	6.52	S/. 314.79
Ensayo 3	2,245.52	153.79	28.00	3.71	6.62	S/. 314.79
Ensayo 3	2,136.75	135.30	28.00	3.97	6.53	S/. 314.79
Ensayo 3	2,159.19	156.69	28.00	3.85	6.60	S/. 314.79
Ensayo 3	2,290.39	138.21	28.00	3.71	6.60	S/. 314.79
Ensayo 4	2,229.18	146.45	56.00	3.20	5.76	S/. 314.79
Ensayo 4	2,222.78	156.69	56.00	3.00	5.39	S/. 314.79
Ensayo 4	2,191.89	145.73	56.00	1.46	2.55	S/. 314.79
Ensayo 4	2,198.30	149.77	56.00	1.83	3.24	S/. 314.79
Ensayo 4	2,194.70	157.41	56.00	1.68	2.93	S/. 314.79

4.9.7 Espécimen 7 concreto 280 kg/cm²

Tabla de análisis de las muestras de probetas experimentales a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días de las variables densidad : densidad (kg/m³) de la probeta (peso/volumen); resistencia : ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm²); absorción : ensayos de absorción en %, ensayos de porosidad : porosidad abierta en %, peso saturada superficialmente seca de la muestra en kg, peso seco de la muestra en kg y peso sumergido de la muestra en kg; y costo: costo unitario por m³ de concreto (S/).

Tabla 57.

Espécimen 7 concreto 280 kg/cm².

Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm²	Densidad (kg/m³) Peso Específico	Resistencia (kg/cm²)	Edad (Días)	Ensayos de Absorción (%)	Porosidad Abierta (%)	Costo Unitario por m³ de Concreto (S/)
Ensayo 1	2,396.00	79.39	7	0.96	1.89	S/. 351.66
Ensayo 1	2,142.07	85.21	7	1.01	1.86	S/. 351.66
Ensayo 1	2,274.59	85.96	7	0.98	1.94	S/. 351.66
Ensayo 1	2,234.83	69.83	7	1.02	1.90	S/. 351.66
Ensayo 1	2,233.44	69.09	7	1.03	2.00	S/. 351.66
Ensayo 2	2,411.90	223.88	14	0.88	1.80	S/. 351.66
Ensayo 2	2,286.90	231.68	14	1.27	2.56	S/. 351.66
Ensayo 2	2,254.00	211.55	14	3.64	6.82	S/. 351.66
Ensayo 2	2,202.99	230.55	14	3.26	6.20	S/. 351.66
Ensayo 2	2,202.75	210.41	14	3.21	6.09	S/. 351.66
Ensayo 3	2,311.14	267.70	28	0.78	1.52	S/. 351.66
Ensayo 3	2,273.90	266.95	28	0.89	1.73	S/. 351.66
Ensayo 3	2,352.60	233.75	28	2.31	4.38	S/. 351.66
Ensayo 3	2,377.06	248.86	28	1.70	3.26	S/. 351.66
Ensayo 3	2,251.76	234.50	28	2.31	4.39	S/. 351.66
Ensayo 4	2,299.19	257.94	56	3.25	6.16	S/. 351.66
Ensayo 4	2,277.82	258.36	56	3.43	6.48	S/. 351.66
Ensayo 4	2,277.50	259.32	56	3.23	6.09	S/. 351.66
Ensayo 4	2,264.39	261.28	56	4.04	7.55	S/. 351.66
Ensayo 4	2,269.58	257.33	56	2.70	5.13	S/. 351.66

Tabla 58.

Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 7 días.

Densidad de la Probeta (kg/m3)							
Espécimen 1	2,306.82	Espécimen 3	2,270.01	Espécimen 5	2,348.37	Espécimen	2,396.00
Cemento al 20	2,314.53	Cemento al 10	2,294.11	Concreto 175	2,370.79	7 Concreto	2,142.07
% CC	2,329.33	% CC	2,296.27	kg/cm2	2,338.33	280 kg/cm2	2,274.59
	2,324.14		2,326.51		2,380.56		2,234.83
	2,334.87		2,289.39		2,335.03		2,233.44
Espécimen 2	2,324.38	Espécimen 4	2,319.64	Espécimen 6	2,284.13		
Cemento al 15	2,188.75	Cemento al 5	2,344.30	Concreto 210	2,302.85		
% CC	2,327.36	% CC	2,227.27	kg/cm2	2,285.76		
	2,174.53		2,258.20		2,291.21		
	2,273.00		2,239.41		2,307.68		

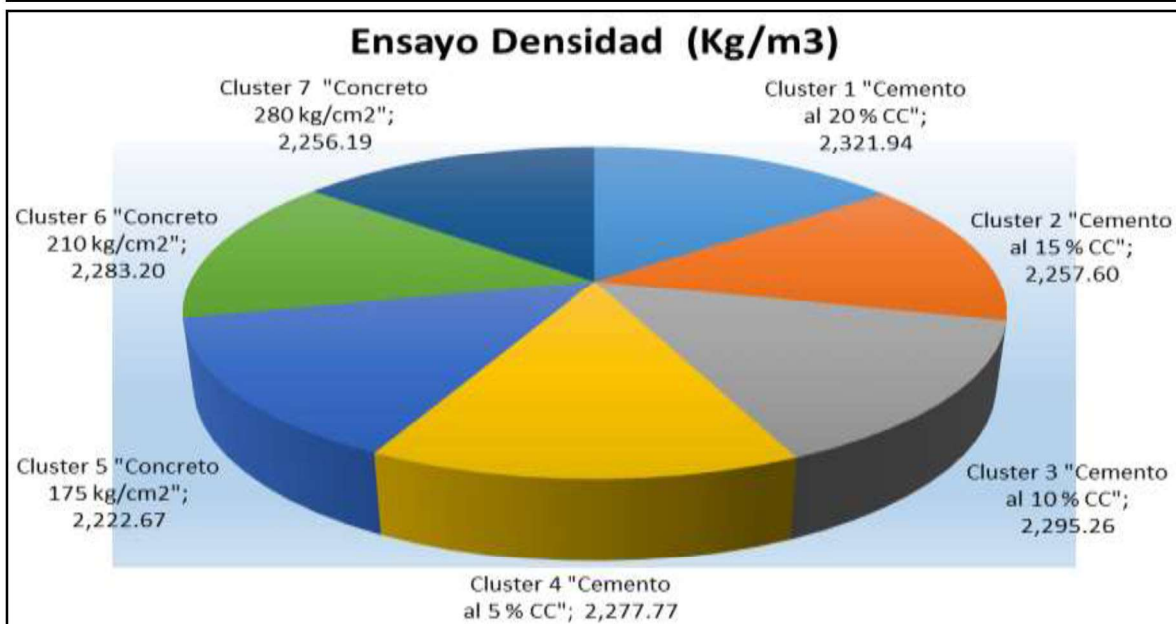
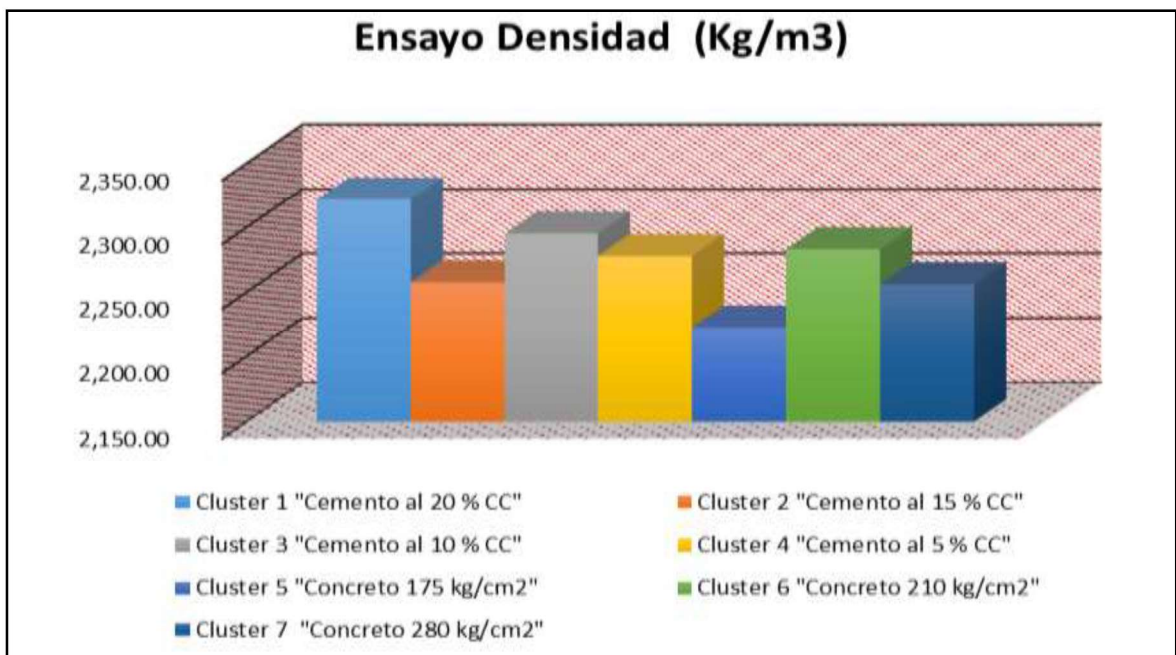


Figura 40. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 7 días.

Tabla 59.

Análisis de los especímenes de resistencia a compresión de la probeta a los 7 días.

Ensayo de Resistencia a la Compresion (kg/cm2)							
Espécimen 1	230.17	Espécimen 3	58.38	Espécimen 5	69.89	Espécimen 7	79.39
Cemento al 20 % CC	229.17	Cemento al 10 % CC	67.41	Concreto 175 kg/cm2	79.54	Concreto 280 kg/cm2	85.21
	205.02		53.83		62.54		85.96
	215.08		54.95		80.12		69.83
	206.02		68.53		63.11		69.09
Espécimen 2	97.63	Espécimen 4	12.75	Espécimen 6	54.01		
Cemento al 15 % CC	105.95	Cemento al 5 % CC	13.90	Concreto 210 kg/cm2	94.40		
	78.53		12.61		51.84		
	75.84		14.04		96.57		
	103.26		12.96		68.79		

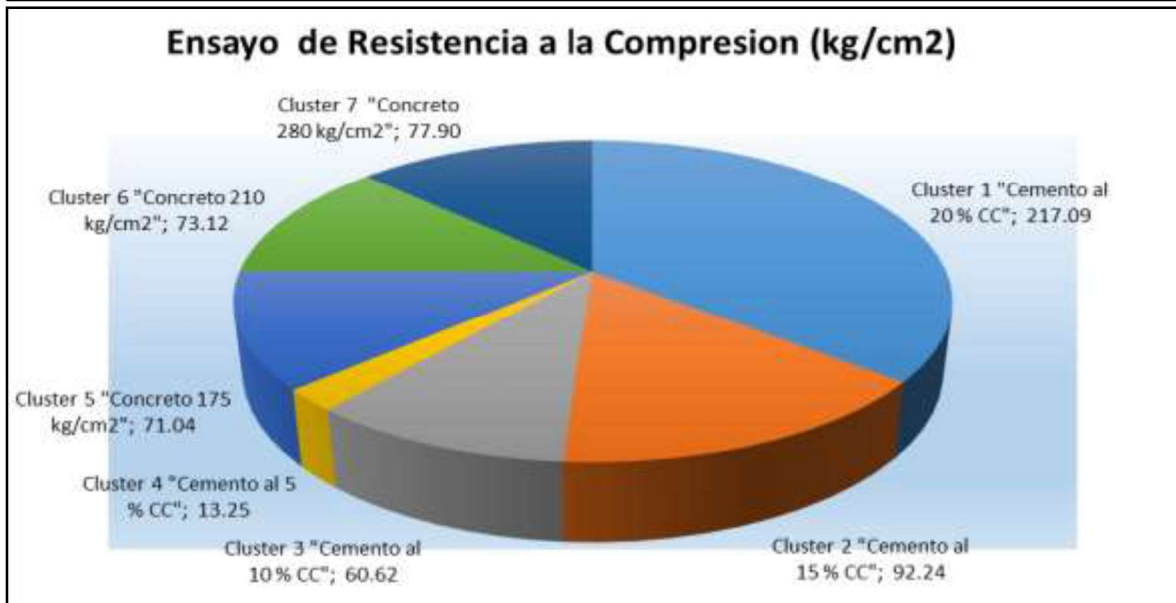
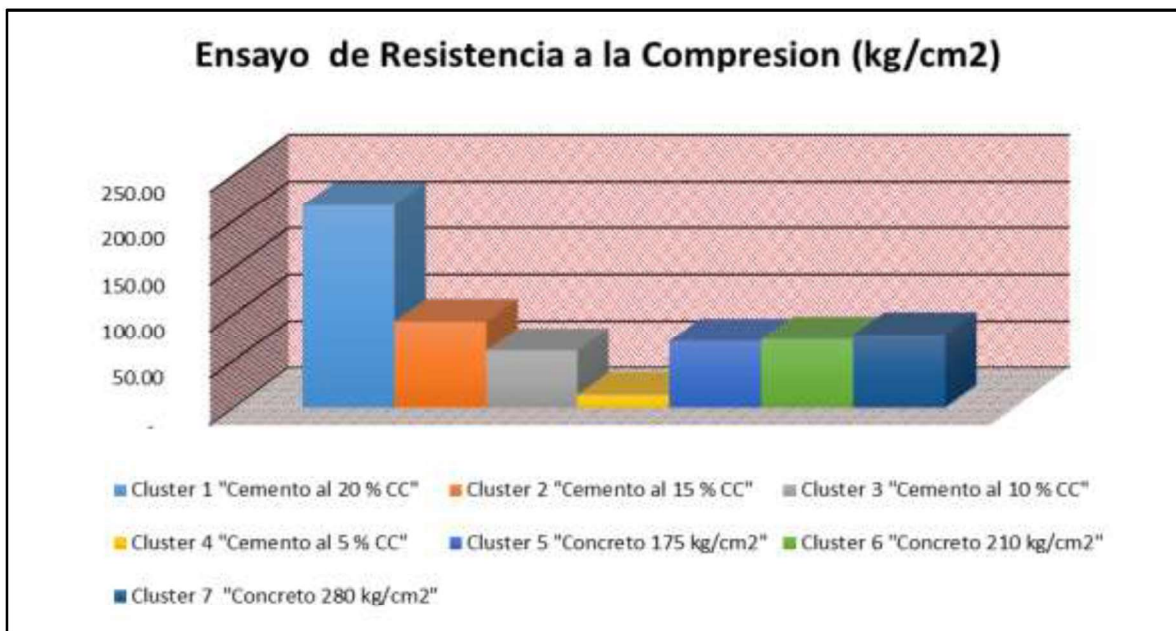


Figura 41. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 7 días.

Tabla 60.

Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 7 días.

Ensayo de Absorción (%)							
Espécimen 1	0.76	Espécimen 3	2.07	Espécimen 5	0.81	Espécimen 7	0.96
Cemento al	1.38	Cemento al	2.50	Concreto	0.91	Concreto 280	1.01
20 % CC	1.03	10 % CC	1.61	175 kg/cm2	0.81	kg/cm2	0.98
	2.08		2.52		0.86		1.02
	0.78		1.56		0.91		1.03
Espécimen 2	1.06	Espécimen 4	1.79	Espécimen 6	1.25		
Cemento al	1.00	Cemento al 5	1.80	Concreto	1.31		
15 % CC	1.04	% CC	1.80	210 kg/cm2	1.28		
	0.97		1.80		1.34		
	1.02		1.82		1.31		

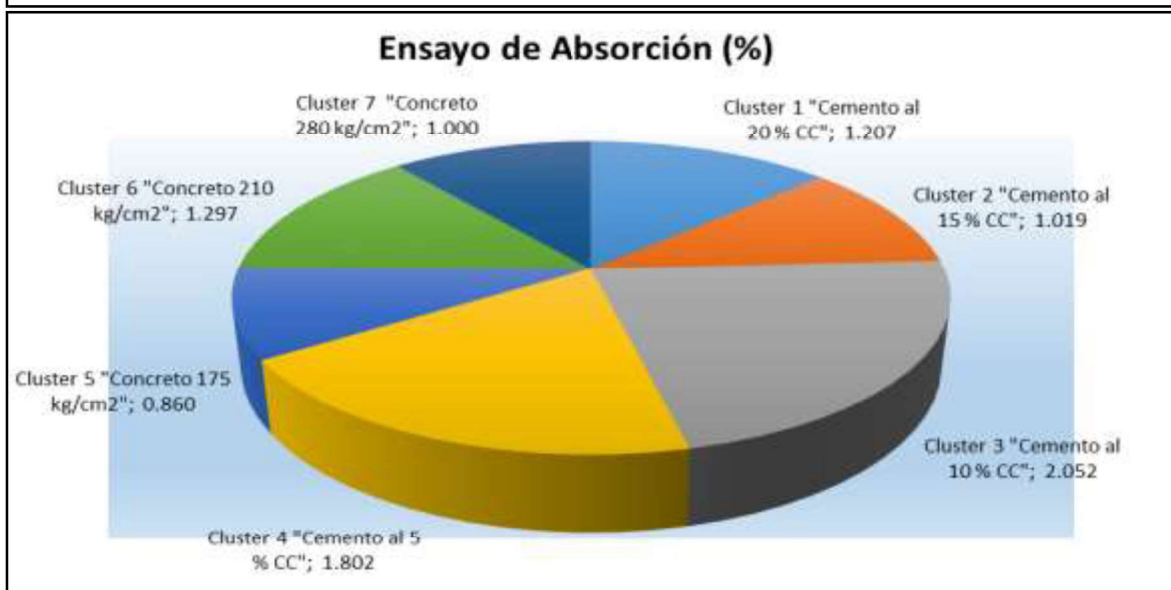
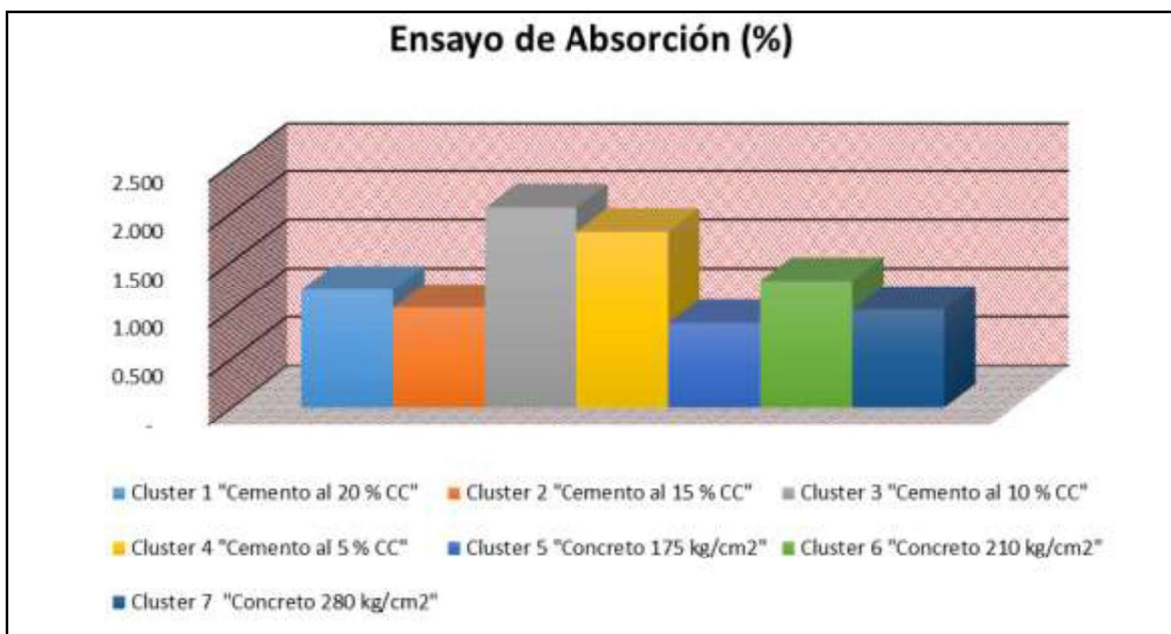


Figura 42. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 7 días.

Tabla 61.

Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 7 días.

Ensayo de Porosidad Abierta (%)							
Espécimen 1	1.34	Espécimen 3	3.00	Espécimen 5	2.13	Espécimen 7	1.89
Cemento al 20 % CC	2.42	Cemento al 10 % CC	3.63	Concreto 175 kg/cm2	2.61	Concreto 280 kg/cm2	1.86
	1.82		2.33		2.14		1.94
	3.62		3.68		2.39		1.90
	1.39		2.27		2.60		2.00
Espécimen 2	1.54	Espécimen 4	2.91	Espécimen 6	2.29		
Cemento al 15 % CC	1.49	Cemento al 5 % CC	2.98	Concreto 210 kg/cm2	2.52		
	1.51		2.92		2.34		
	1.44		2.97		2.59		
	1.52		2.97		2.41		

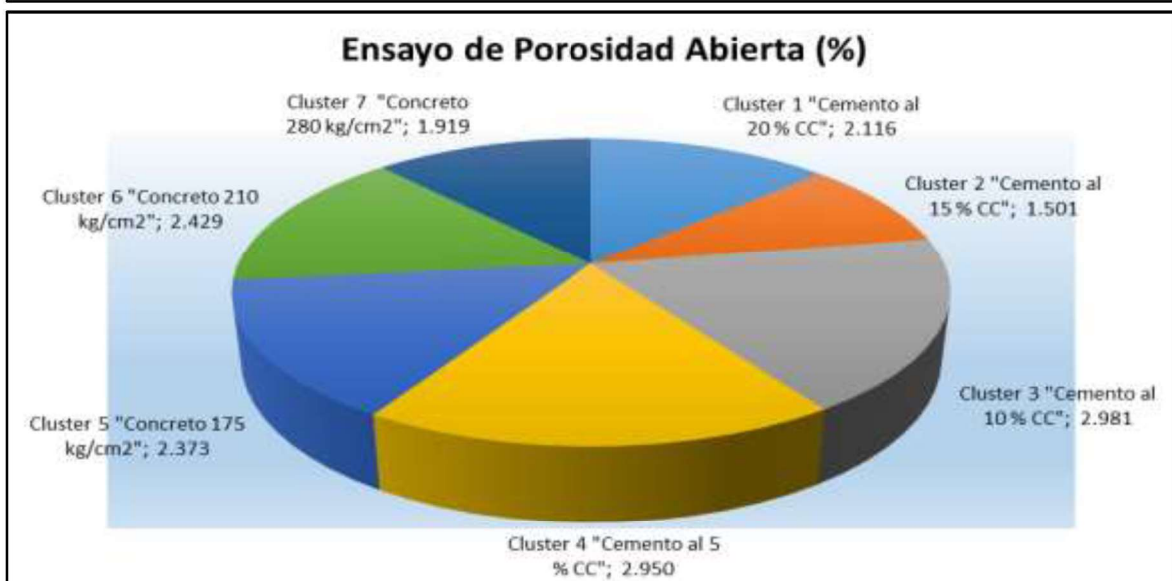
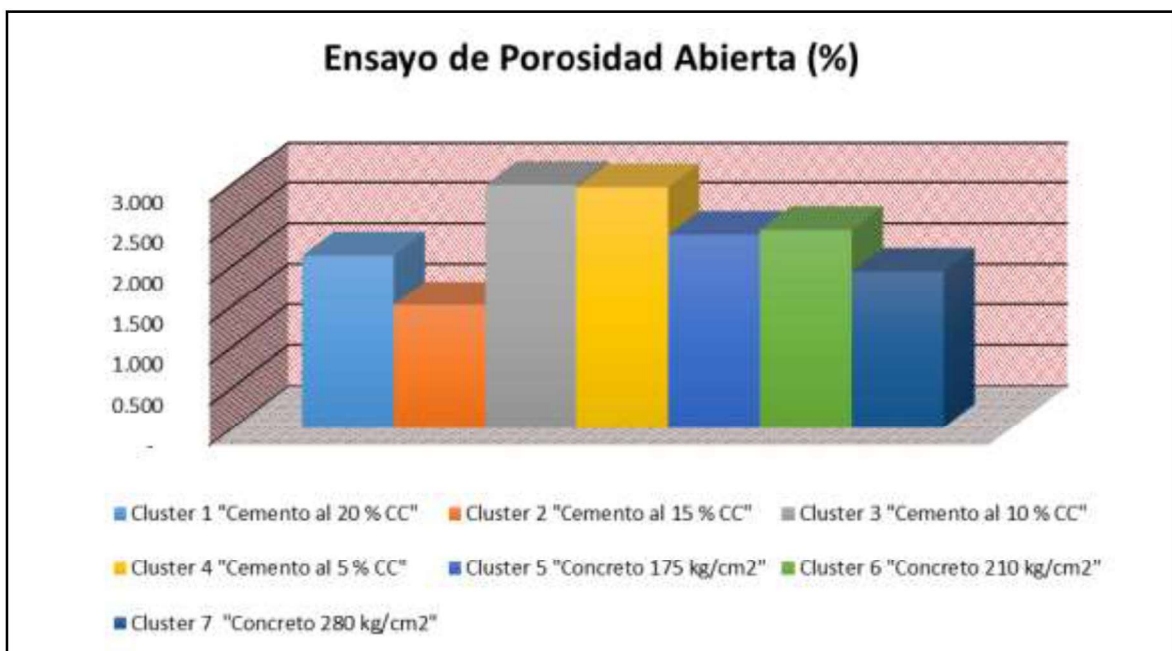


Figura 43. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 7 días.

Tabla 62.

Análisis de los especímenes del costo unitario por m³ de concreto (S/) de la probeta a los 7 días.

Costo Unitario por m ³ de Concreto (S/)							
Espécimen 1	S/. 344.06	Espécimen 3	S/. 232.60	Espécimen 5	S/. 294.19	Espécimen 7	S/. 351.66
Cemento al	S/. 344.06	Cemento al	S/. 232.60	Concreto 175	S/. 294.19	Concreto 280	S/. 351.66
20 % CC	S/. 344.06	10 % CC	S/. 232.60	kg/cm ²	S/. 294.19	kg/cm ²	S/. 351.66
	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
Espécimen 2	S/. 287.80	Espécimen 4	S/. 177.01	Espécimen 6	S/. 314.79		
Cemento al	S/. 287.80	Cemento al	S/. 177.01	Concreto 210	S/. 314.79		
15 % CC	S/. 287.80	5 % CC	S/. 177.01	kg/cm ²	S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		

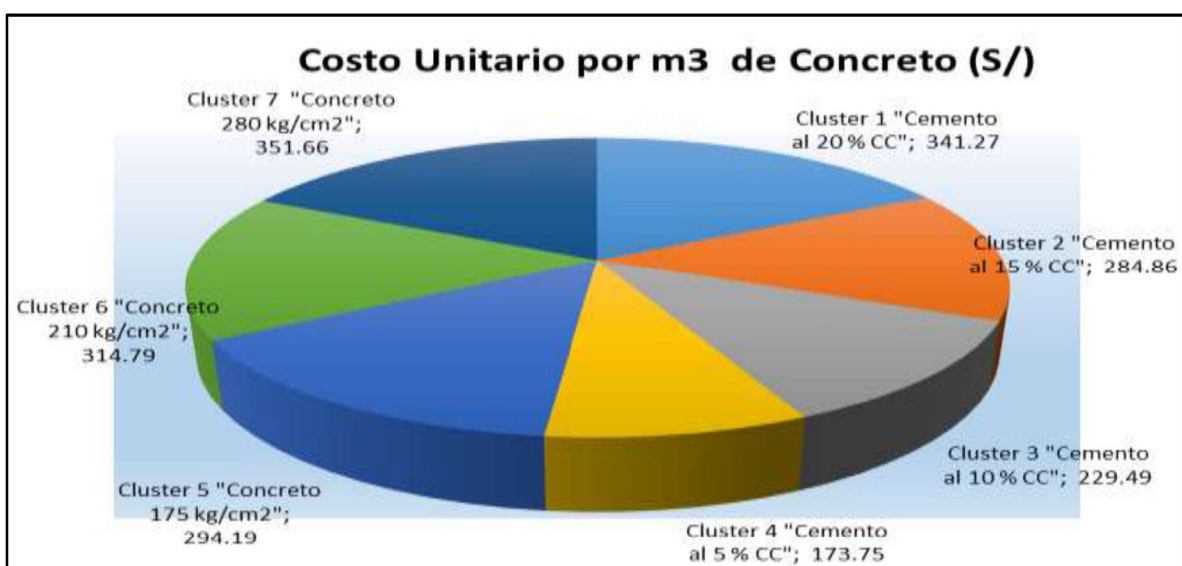
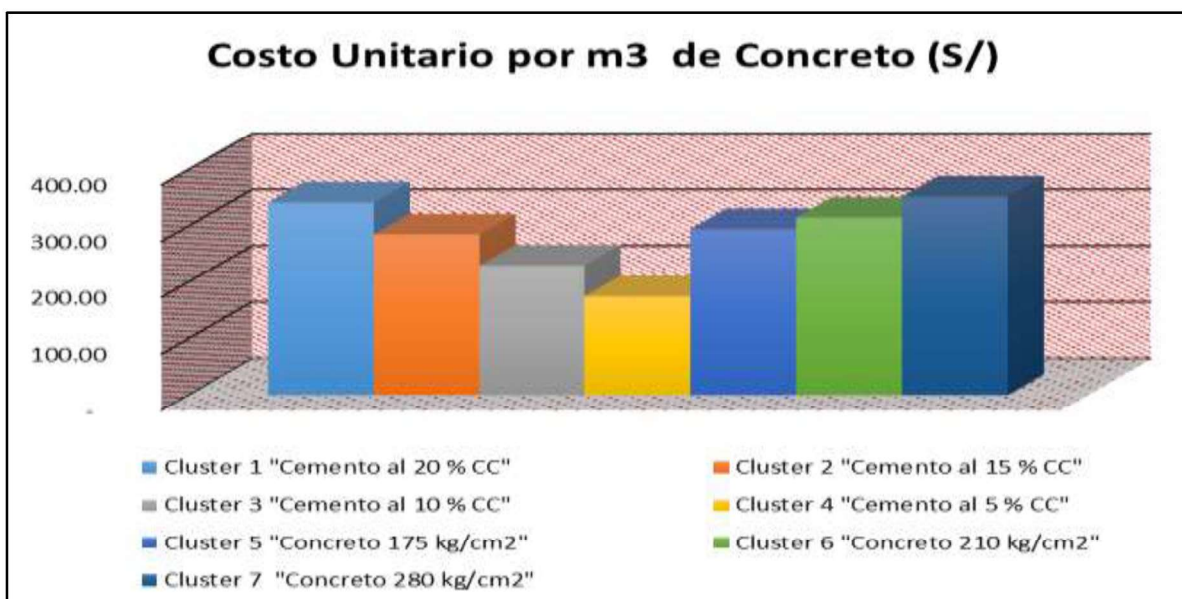


Figura 44. Análisis de los especímenes del costo unitario por m³ de concreto (S/) de la probeta a los 7 días.

Tabla 63.

Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 14 días.

Densidad de la Probeta (kg/m3)							
Espécimen 1	2,348.37	Espécimen 3	2,306.26	Espécimen 5	2,250.23	Espécimen 7	2,411.90
Cemento al	2,370.79	Cemento al	2,271.80	Concreto	2,254.25	Concreto 280	2,286.90
20 % CC	2,338.33	10 % CC	2,335.03	175 kg/cm2	2,220.75	kg/cm2	2,254.00
	2,380.56		2,337.89		2,214.88		2,202.99
	2,335.03		2,265.74		2,248.80		2,202.75
Espécimen 2	2,284.13	Espécimen 4	2,280.97	Espécimen 6	2,181.10		
Cemento al	2,302.85	Cemento al	2,280.31	Concreto	2,173.44		
15 % CC	2,285.76	5 % CC	2,272.91	210 kg/cm2	2,326.82		
	2,291.21		2,269.58		2,222.47		
	2,307.68		2,267.88		2,344.50		

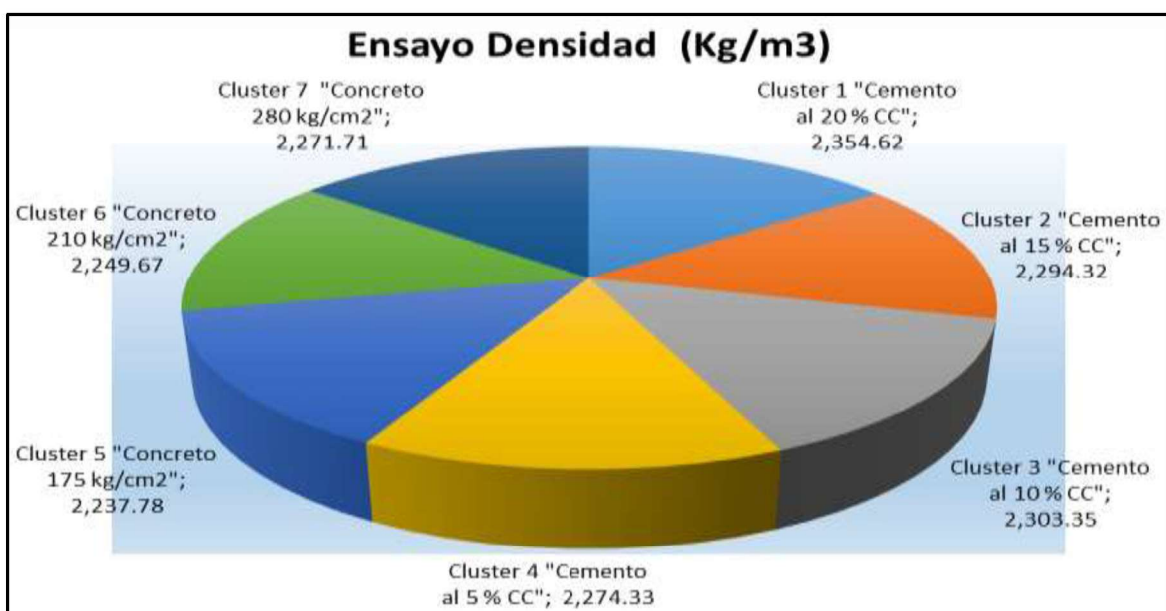
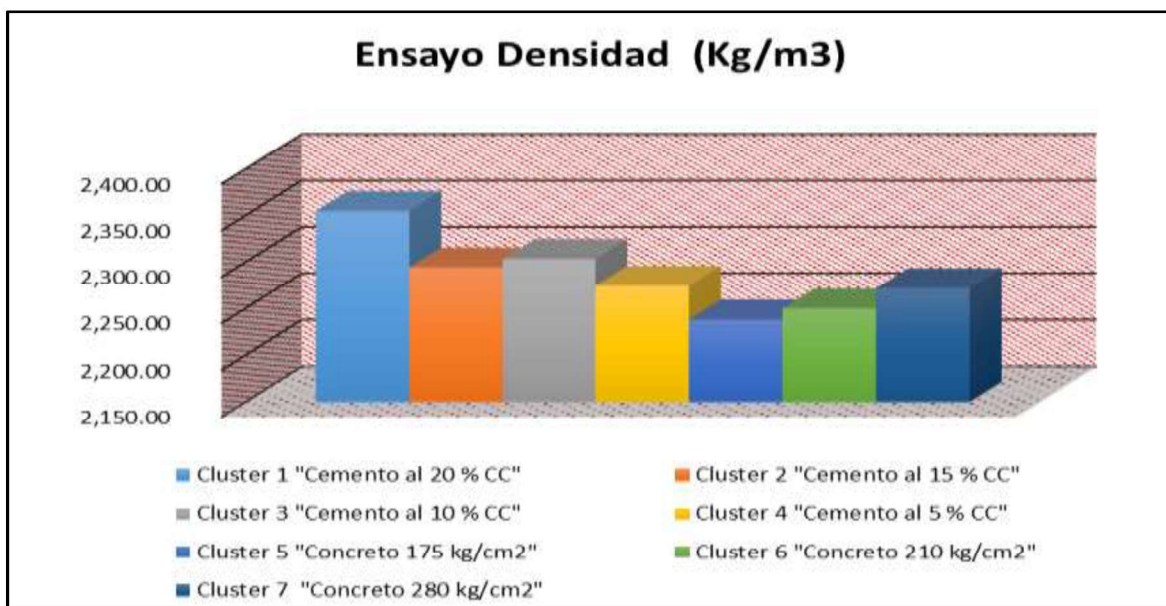


Figura 45- Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 14 días.

Tabla 64.

Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 14 días

Ensayo de Resistencia a la Compresion (kg/cm2)							
Espécimen 1	264.94	Espécimen 3	79.97	Espécimen 5	126.19	Espécimen 7	223.88
Cemento al 20 % CC	319.03	Cemento al 10 % CC	80.33	Concreto 175 kg/cm2	129.17	Concreto 280 kg/cm2	231.68
	258.90		79.99		117.95		211.55
	276.89		80.19		116.64		230.55
	325.06		80.31		127.85		210.41
Espécimen 2	138.05	Espécimen 4	26.43	Espécimen 6	139.67		
Cemento al 15 % CC	164.42	Cemento al 5 % CC	28.15	Concreto 210 kg/cm2	144.06		
	139.92		25.19		115.27		
	155.91		28.27		138.44		
	162.55		25.31		110.88		

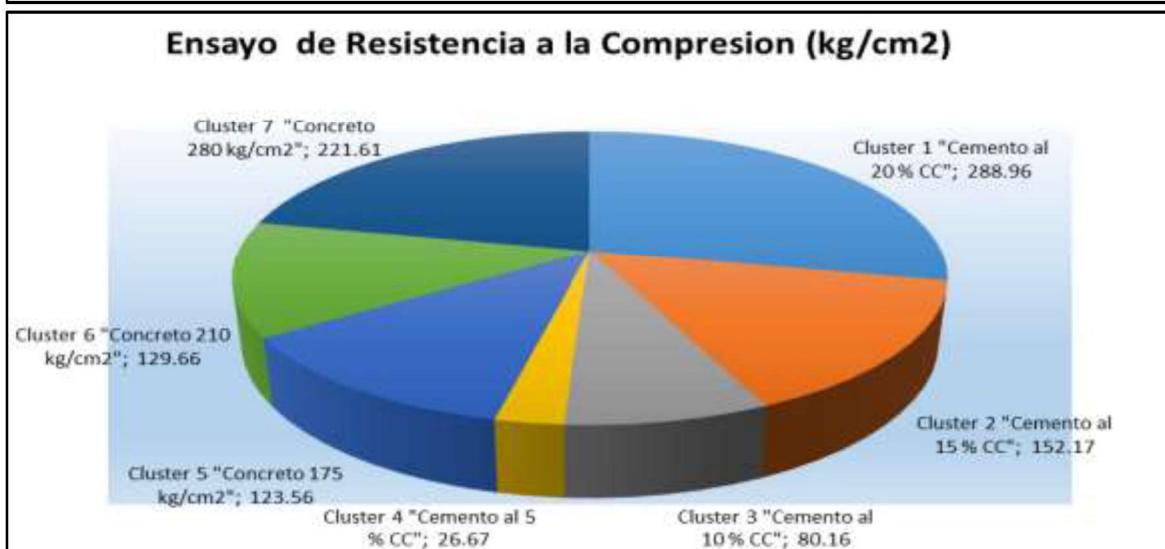
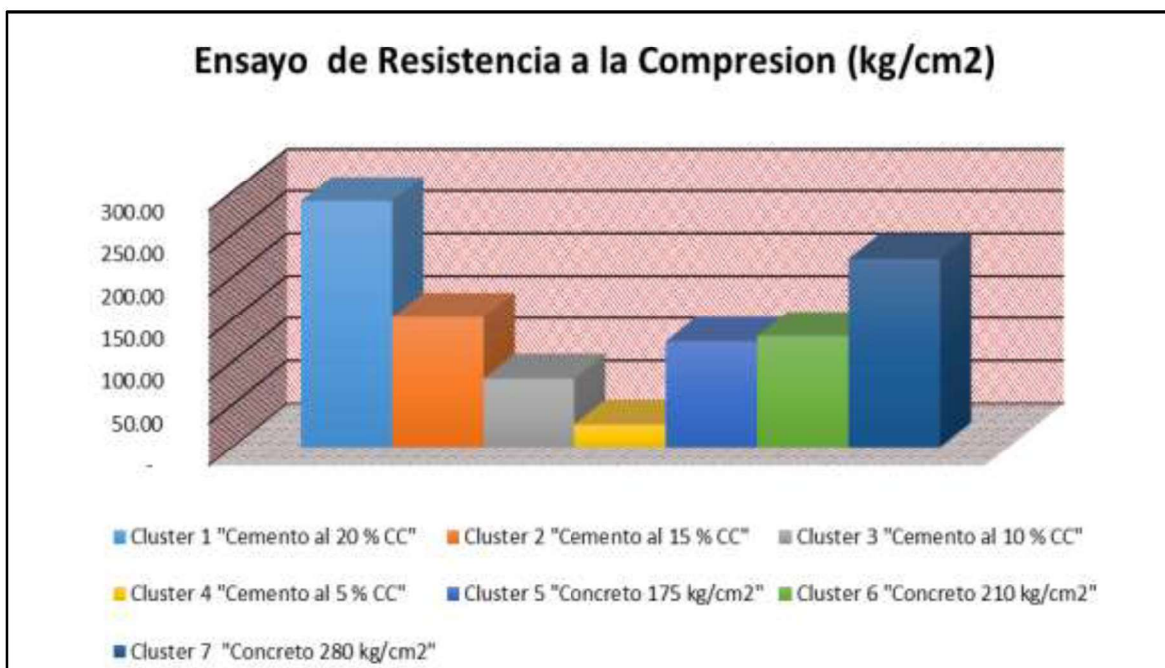


Figura 46. Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 14 días.

Tabla 65.

Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 14 días.

Ensayo de Absorción (%)							
Espécimen 1	1.75	Espécimen 3	2.37	Espécimen 5	3.13	Espécimen 7	0.88
Cemento al 20 % CC	1.84	Cemento al 10 % CC	2.32	Concreto 175 kg/cm2	3.39	Concreto 280 kg/cm2	1.27
	1.74		2.33		3.48		3.26
	1.85		2.32		3.31		3.21
	1.76		2.88		1.81		
Espécimen 2	2.32	Espécimen 4	2.87	Espécimen 6	1.80		
Cemento al 15 % CC	2.58	Cemento al 5 % CC	2.83	Concreto 210 kg/cm2	1.61		
	2.59		2.84		1.63		
	2.73		2.83		1.67		
	2.70						

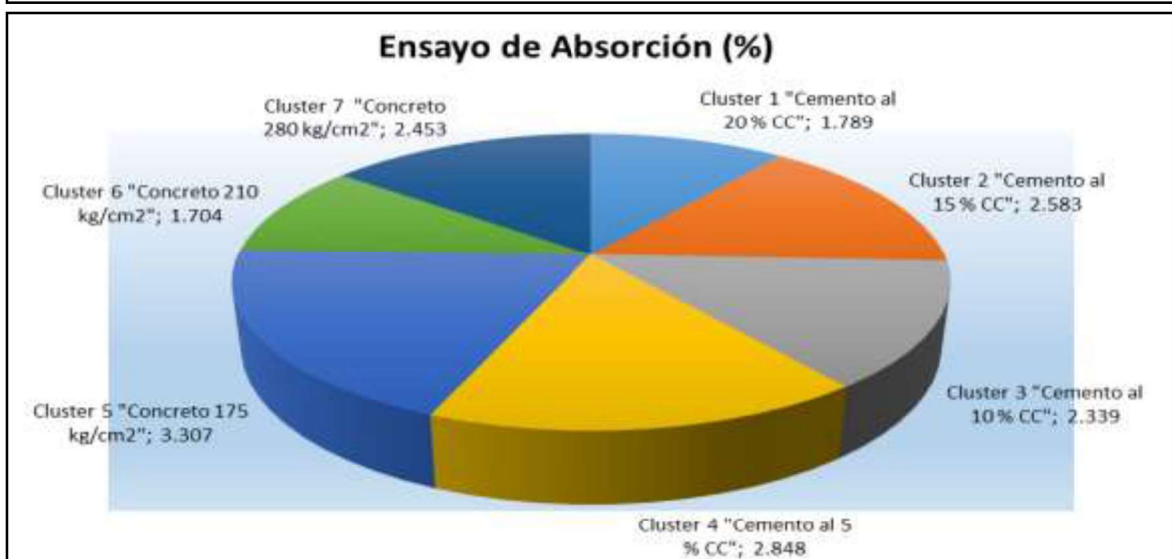
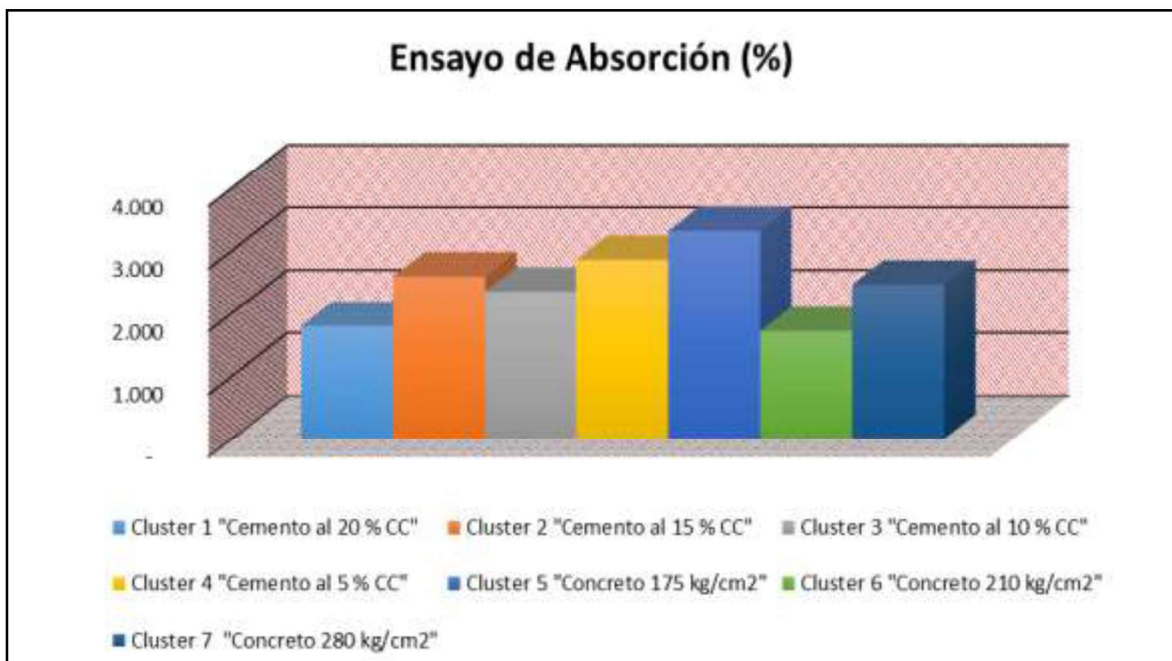


Figura 47. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 14 días.

Tabla 66.

Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 14 días.

Ensayo de Porosidad Abierta (%)									
Espécimen	1	2.84	Espécimen	3.43	Espécimen	8.24	Espécimen	7	1.80
Cemento al 20 %		3.09	3	3.42	5 Concreto	9.21	Concreto 280		2.56
CC		2.80	Cemento al	3.36	175 kg/cm2	8.39	kg/cm2		6.82
		3.13	10 % CC	3.37		8.67			6.20
		2.88		3.36		9.49			6.09
Espécimen	2	3.26	Espécimen	4.69	Espécimen	3.31			
Cemento al 15 %		3.87	4	4.67	6 Concreto	3.28			
CC		3.55	Cemento al	4.59	210 kg/cm2	2.92			
		3.77	5 % CC	4.60		2.95			
		4.09		4.61		3.04			

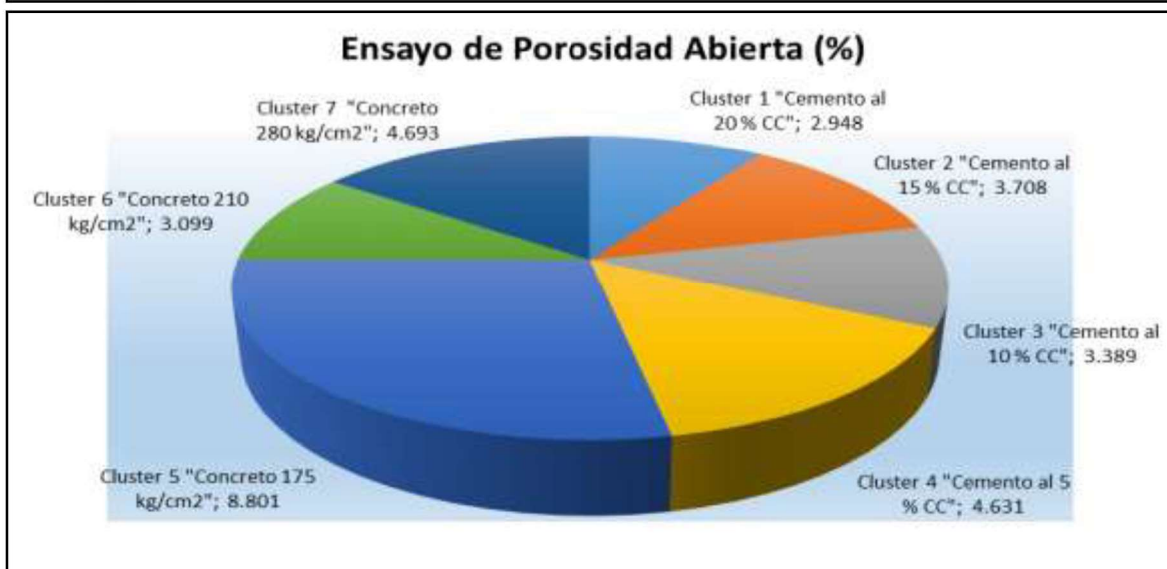
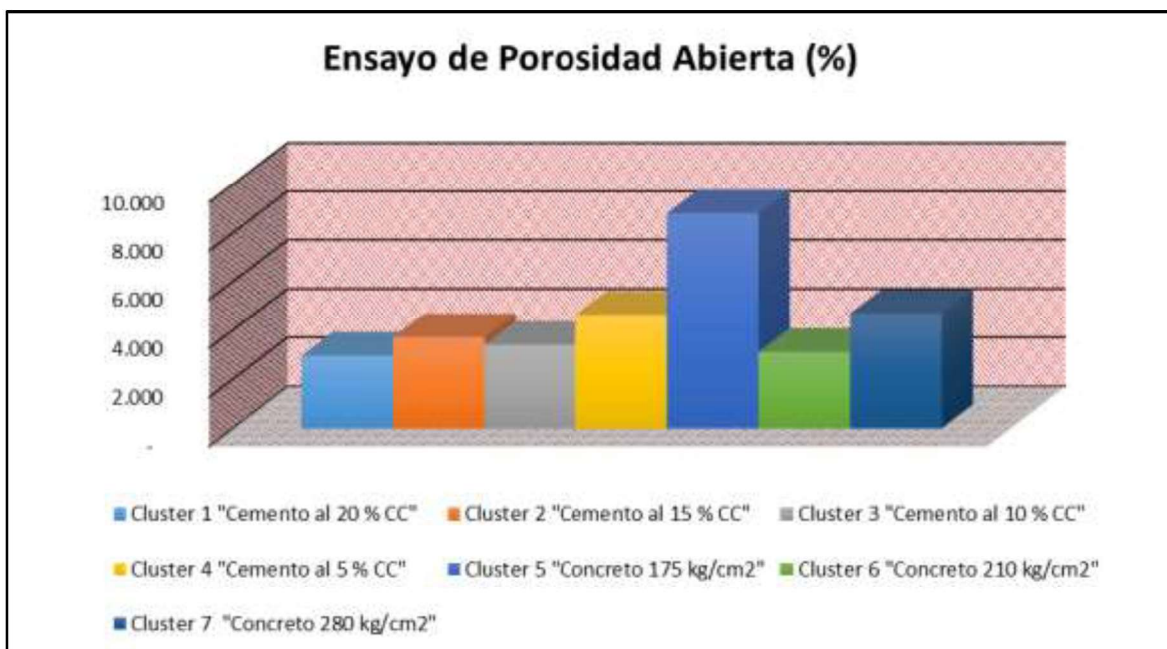


Figura 48. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 14 días.

Tabla 67.

Análisis de los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 14 días.

Costo Unitario por m3 de Concreto (S/)							
Espécimen 1	S/. 344.06	Espécimen 3	S/. 232.60	Espécimen 5	S/. 294.19	Espécimen 7	S/. 351.66
Cemento al 20 % CC	S/. 344.06	Cemento al 10 % CC	S/. 232.60	Concreto 175 kg/cm2	S/. 294.19	Concreto 280 kg/cm2	S/. 351.66
Espécimen 2	S/. 287.80	Espécimen 4	S/. 177.01	Espécimen 6	S/. 314.79		
Cemento al 15 % CC	S/. 287.80	Cemento al 5 % CC	S/. 177.01	Concreto 210 kg/cm2	S/. 314.79		
CC	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		

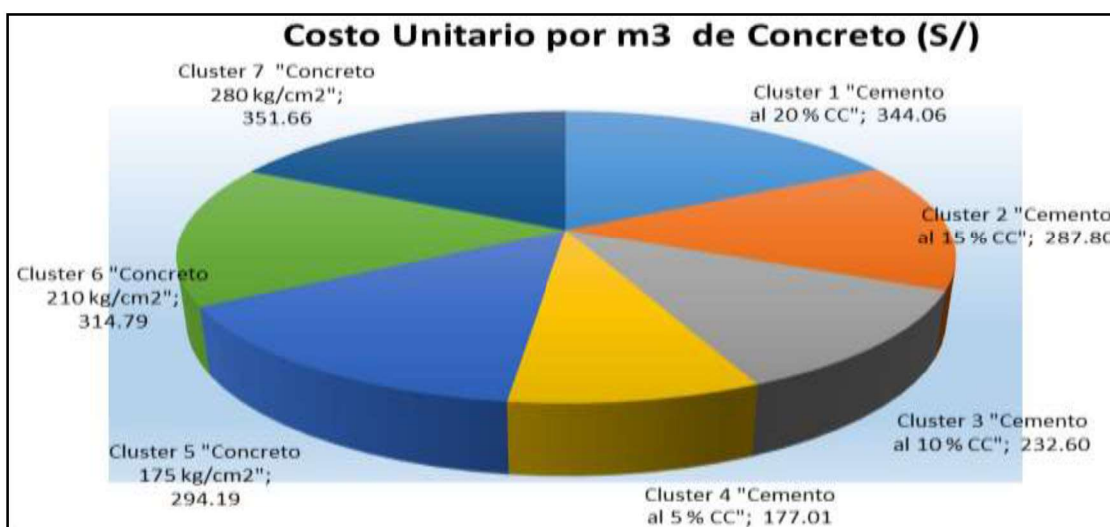
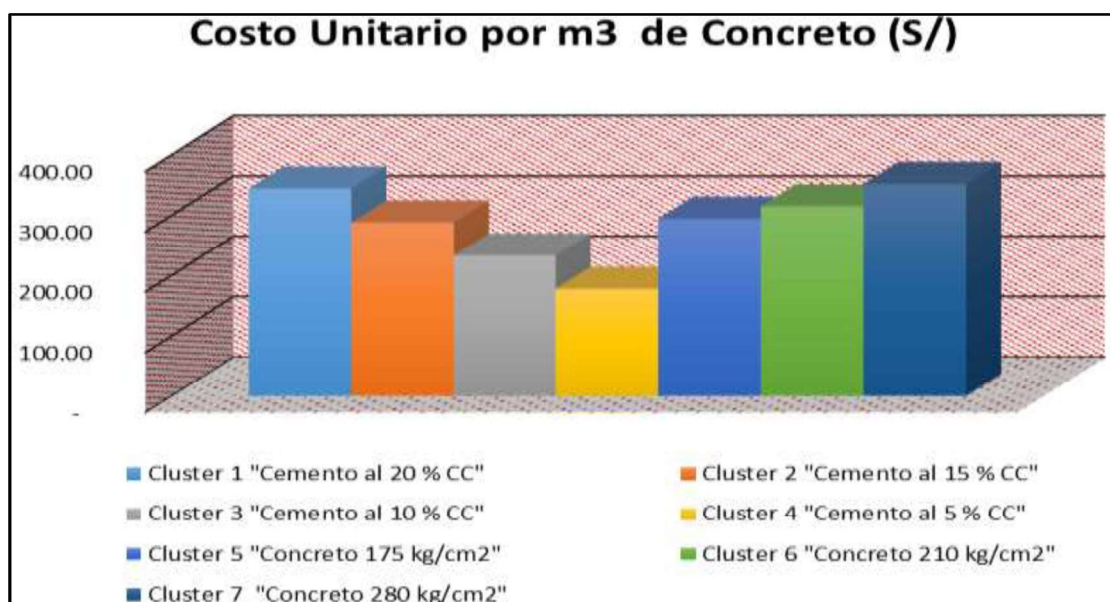


Figura 49. Análisis de los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 14 días.

Tabla 68.

Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 28 días

Densidad de la Probeta (kg/m3)							
Espécimen 1	2,321.01	Espécimen 3	2,327.08	Espécimen	2,185.87	Espécimen 7	2,311.14
Cemento al 20	2,344.35	Cemento al 10	2,263.64	5 Concreto	2,091.31	Concreto	2,273.90
% CC	2,402.78	% CC	2,314.85	175 kg/cm2	2,180.30	280 kg/cm2	2,352.60
	2,387.90		2,279.20		2,146.35		2,377.06
	2,412.10		2,261.42		2,214.74		2,251.76
Espécimen 2	2,315.69	Espécimen 4	2,264.46	Espécimen	2,126.70		
Cemento al 15	2,331.45	Cemento al 5	2,306.87	6 Concreto	2,245.52		
% CC	2,333.27	% CC	2,237.69	210 kg/cm2	2,136.75		
	2,368.63		2,280.48		2,159.19		
	2,313.18		2,232.53		2,290.39		

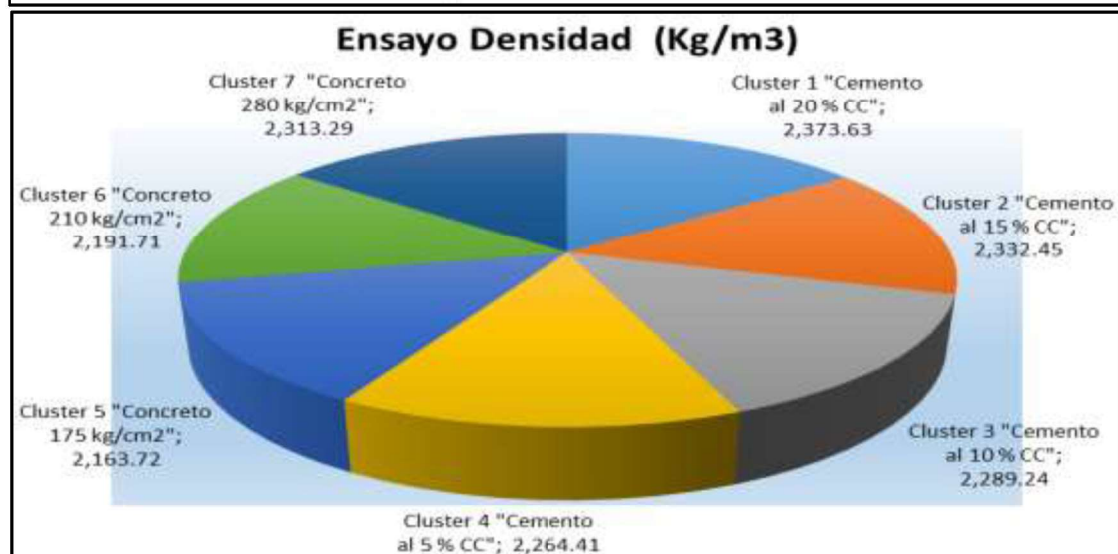
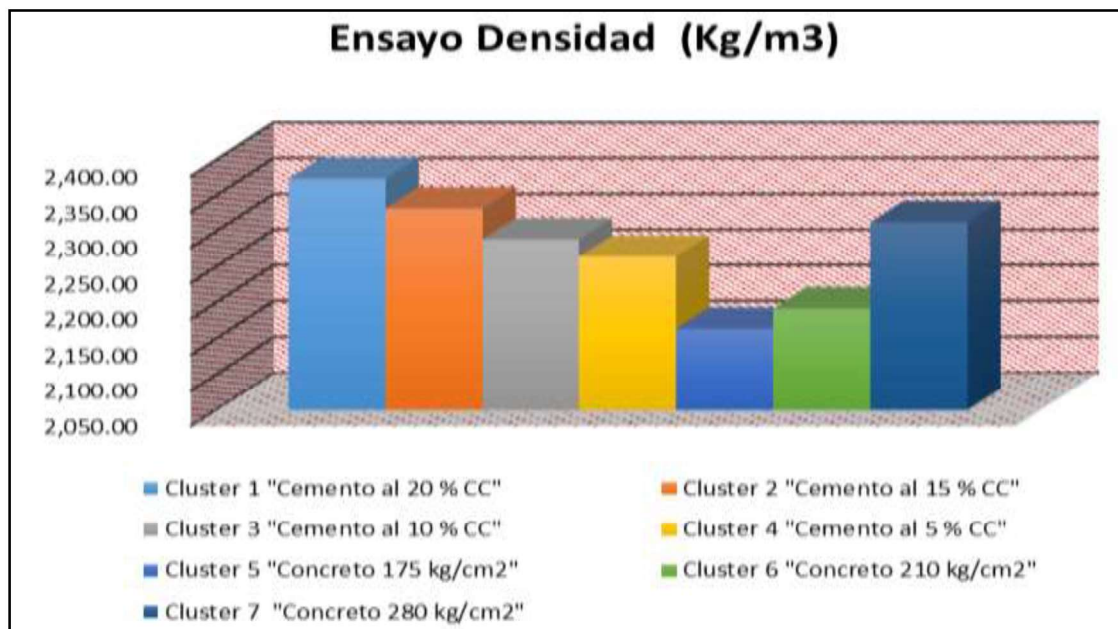


Figura 50. Análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 28 días.

Tabla 69.

Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 28 días.

Ensayo de Resistencia a la Compresion (kg/cm2)							
Espécimen 1	296.73	Espécimen 3	97.21	Espécimen 5	124.84	Espécimen 7	267.70
Cemento al 20	309.61	Cemento al 10	99.40	Concreto 175	125.07	Concreto 280	266.95
% CC	279.83	% CC	73.22	kg/cm2	127.79	kg/cm2	233.75
	308.60		90.69		124.34		248.86
	278.82		71.03		128.28		234.50
Espécimen 2	191.63	Espécimen 4	31.23	Espécimen 6	138.75		
Cemento al 15	189.77	Cemento al 5	31.57	Concreto 210	153.79		
% CC	162.94	% CC	30.60	kg/cm2	135.30		
	164.80		31.50		156.69		
	172.64		30.53		138.21		

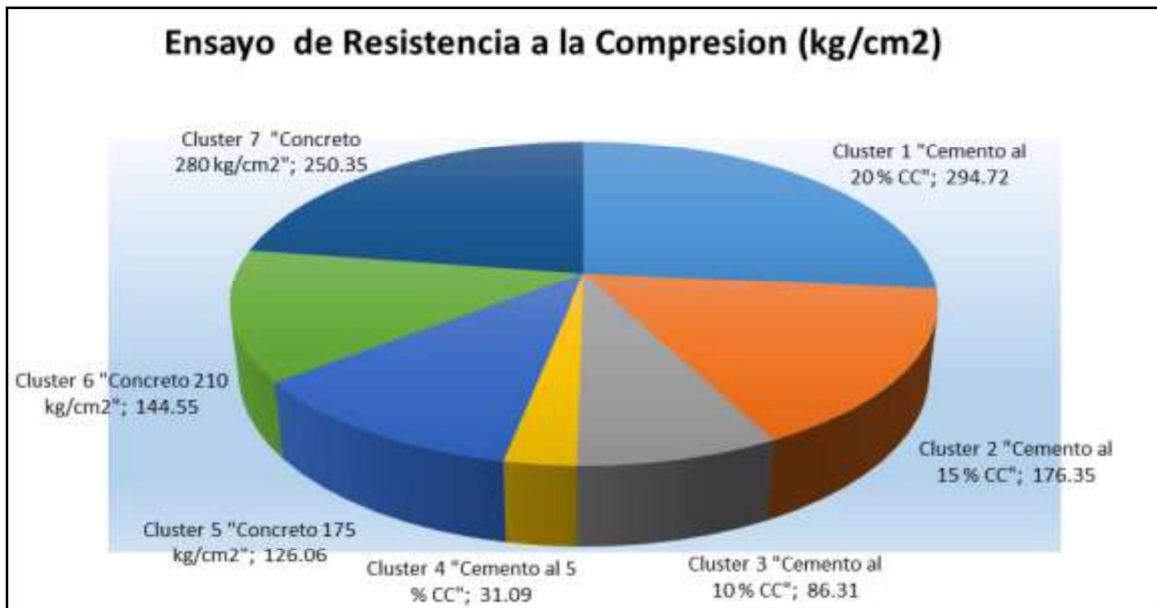
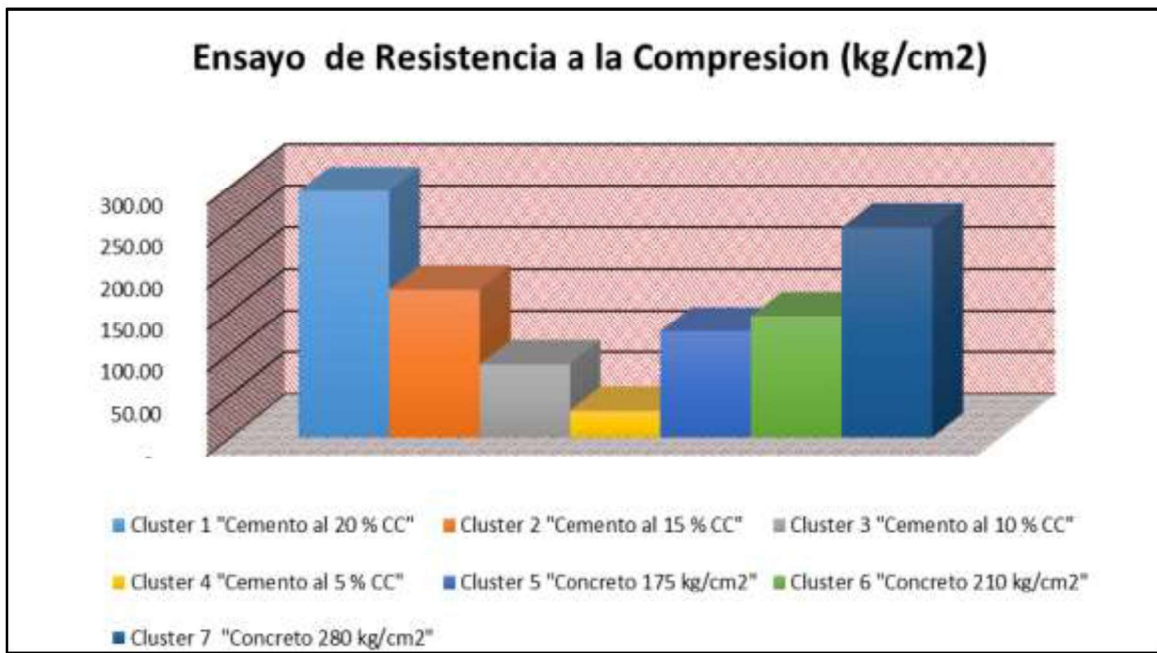


Figura 51. Análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 28 días.

Tabla 70.

Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 28 días.

Ensayo de Absorción (%)								
Espécimen	1	2.00	Espécimen	2.31	Espécimen	4.08	Espécimen 7	0.78
Cemento al 20 % CC		2.09	3	2.36	5	3.21	Concreto	0.89
		2.07	Cemento	2.25	Concreto	3.36	280 kg/cm2	2.31
		2.11	al 10 % CC	2.41	175	3.88		1.70
		2.13		2.20	kg/cm2	3.53		2.31
Espécimen	2	2.86	Espécimen	2.82	Espécimen	3.97		
Cemento al 15 % CC		3.06	4	2.86	6	3.71		
		2.93	Cemento	2.76	Concreto	3.97		
		3.00	al 5 % CC	2.92	210	3.85		
		3.12		2.70	kg/cm2	3.71		

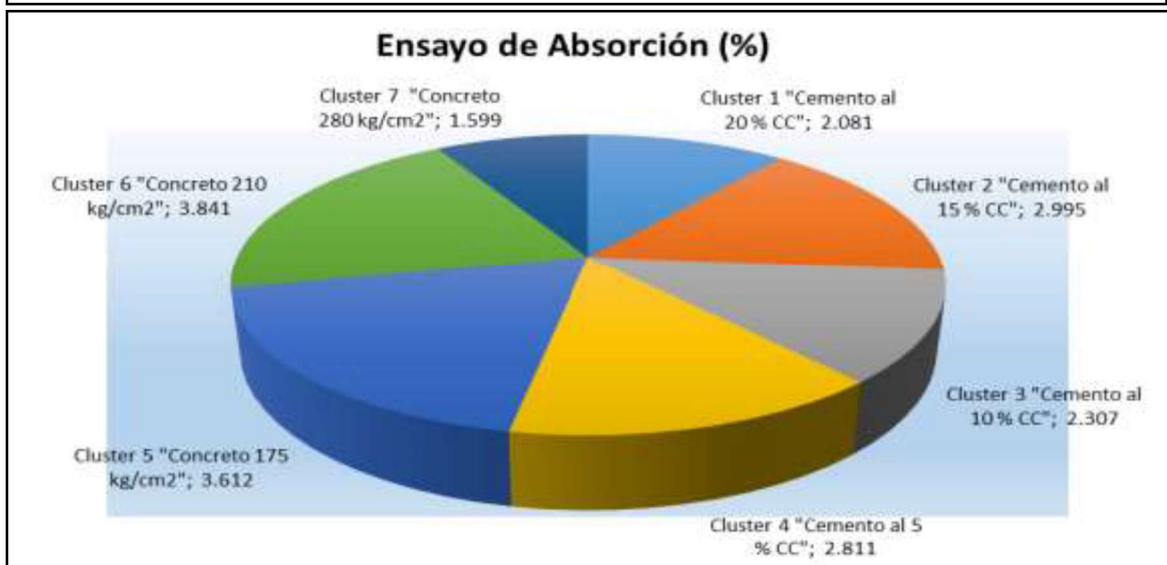
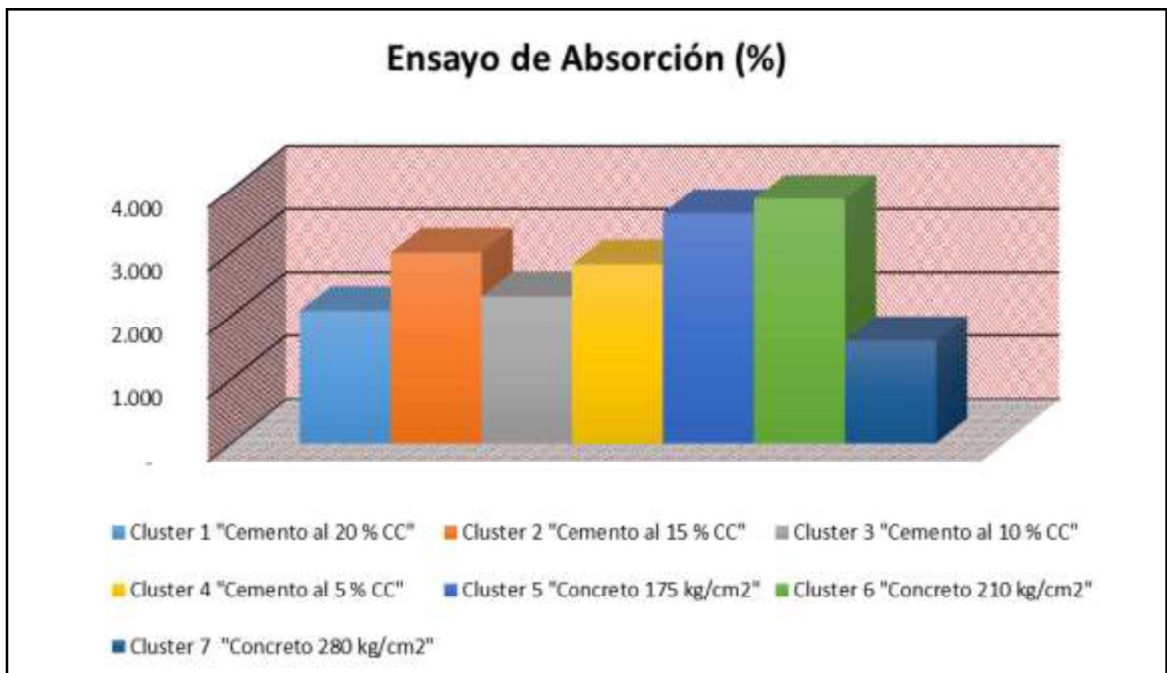


Figura 52. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 28 días.

Tabla 71.

Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 28 días.

Ensayo de Porosidad Abierta (%)							
Espécimen 1	3.49	Espécimen 3	3.33	Espécimen 5	9.90	Espécimen 7	1.52
Cemento al 20 % CC	3.67	Cemento al 10 % CC	3.26	Concreto 175 kg/cm2	8.21	Concreto 280 kg/cm2	1.73
	3.58		3.54		9.41		4.38
	3.65		3.22		9.32		3.26
	3.73		4.57		9.98		4.39
Espécimen 2	4.20	Espécimen 4	4.73	Espécimen 6	6.52		
Cemento al 15 % CC	4.58	Cemento al 5 % CC	4.49	Concreto 210 kg/cm2	6.62		
	4.29		4.81		6.53		
	4.48		4.44		6.60		
	4.63				6.60		

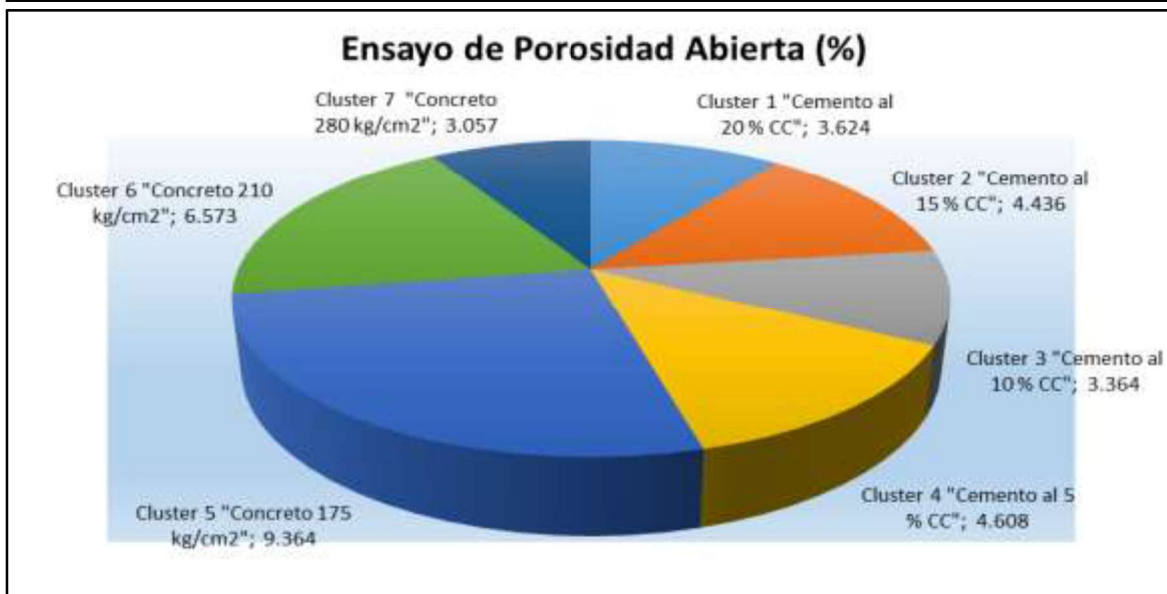
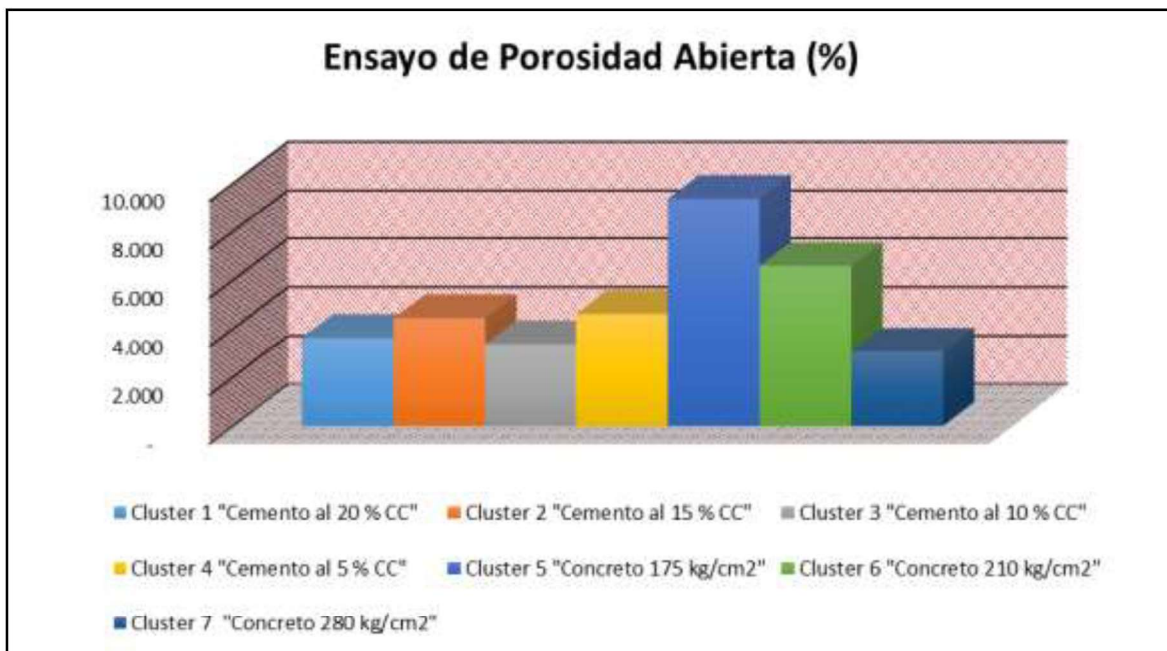


Figura 53. Análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 28 días.

Tabla 72.

Análisis e los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 28 días.

Costo Unitario por m3 de Concreto (S/)							
Espécimen	S/. 344.06	Espécimen	S/. 232.60	Espécimen	S/. 294.19	Espécimen	S/. 351.66
1 Cemento	S/. 344.06	3 Cemento	S/. 232.60	5 Concreto	S/. 294.19	7 Concreto	S/. 351.66
al 20 % CC	S/. 344.06	al 10 % CC	S/. 232.60	175 kg/cm2	S/. 294.19	280 kg/cm2	S/. 351.66
	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
Espécimen	S/. 287.80	Espécimen	S/. 177.01	Espécimen	S/. 314.79		
2 Cemento	S/. 287.80	4 Cemento	S/. 177.01	6 Concreto	S/. 314.79		
al 15 % CC	S/. 287.80	al 5 % CC	S/. 177.01	210 kg/cm2	S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		

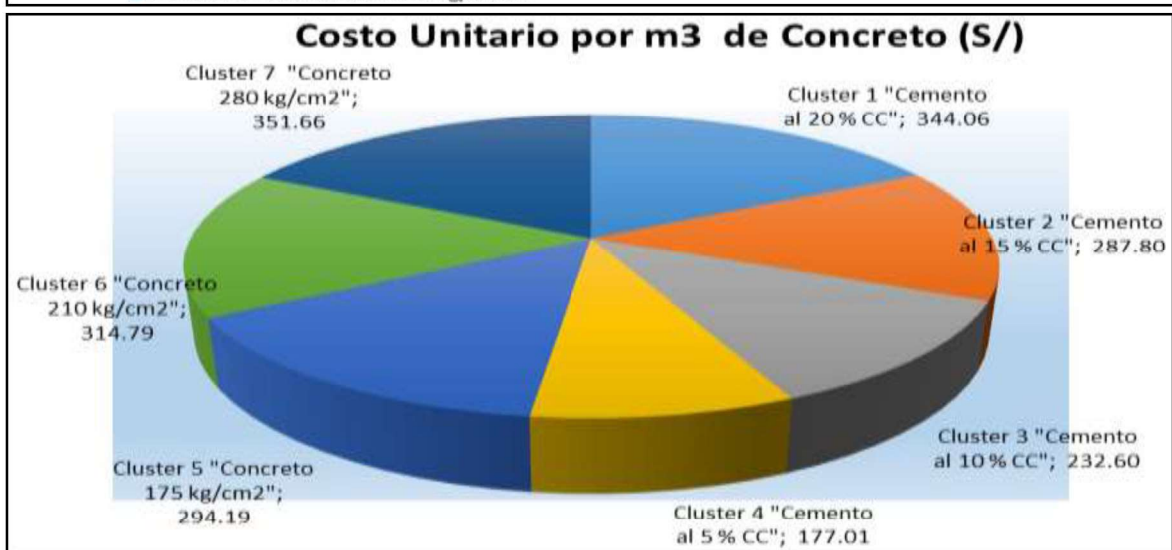
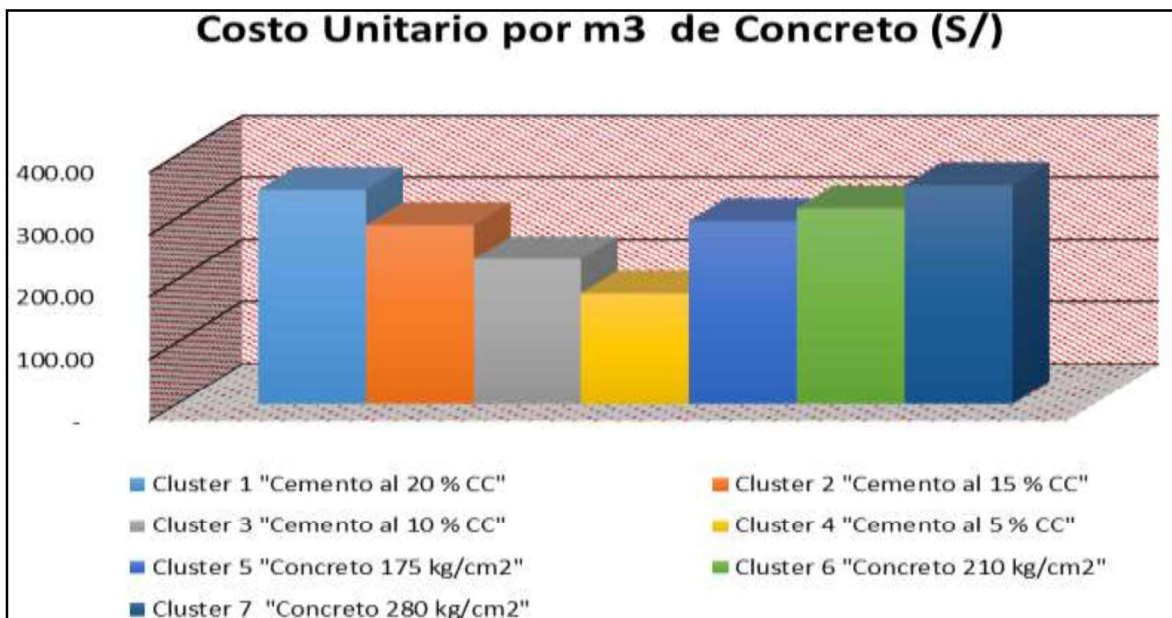


Figura 54. Análisis e los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 28 días.

Tabla 73.

Análisis de análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 56 días

Densidad de la Probeta (kg/m3)							
Espécimen 1	2,343.03	Espécimen 3	2,234.60	Espécimen 5	2,212.39	Espécimen 7	2,299.19
Cemento al	2,383.88	Cemento al	2,266.74	Concreto 175	2,240.04	Concreto	2,277.82
20 % CC	2,353.41	10 % CC	2,367.33	kg/cm2	2,224.48	280 kg/cm2	2,277.50
	2,434.67		2,410.20		2,229.59		2,264.39
	2,329.11		2,303.82		2,255.92		2,269.58
Espécimen 2	2,310.06	Espécimen 4	2,183.79	Espécimen 6	2,229.18		
Cemento al	2,325.10	Cemento al 5	2,351.63	Concreto 210	2,222.78		
15 % CC	2,300.93	% CC	2,170.15	kg/cm2	2,191.89		
	2,344.16		2,183.84		2,198.30		
	2,285.52		2,354.09		2,194.70		

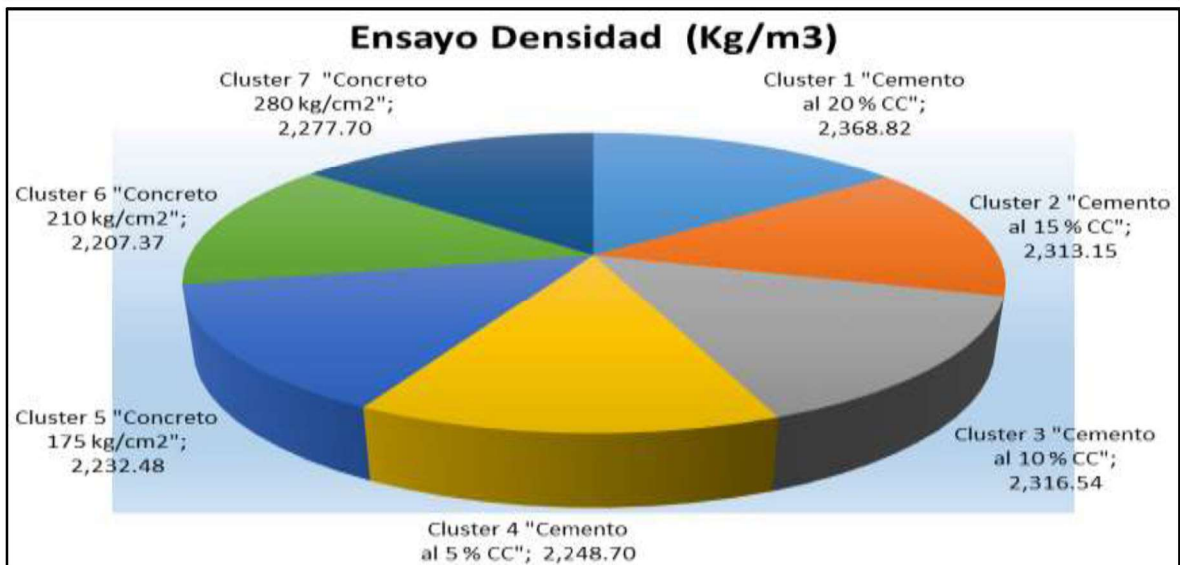
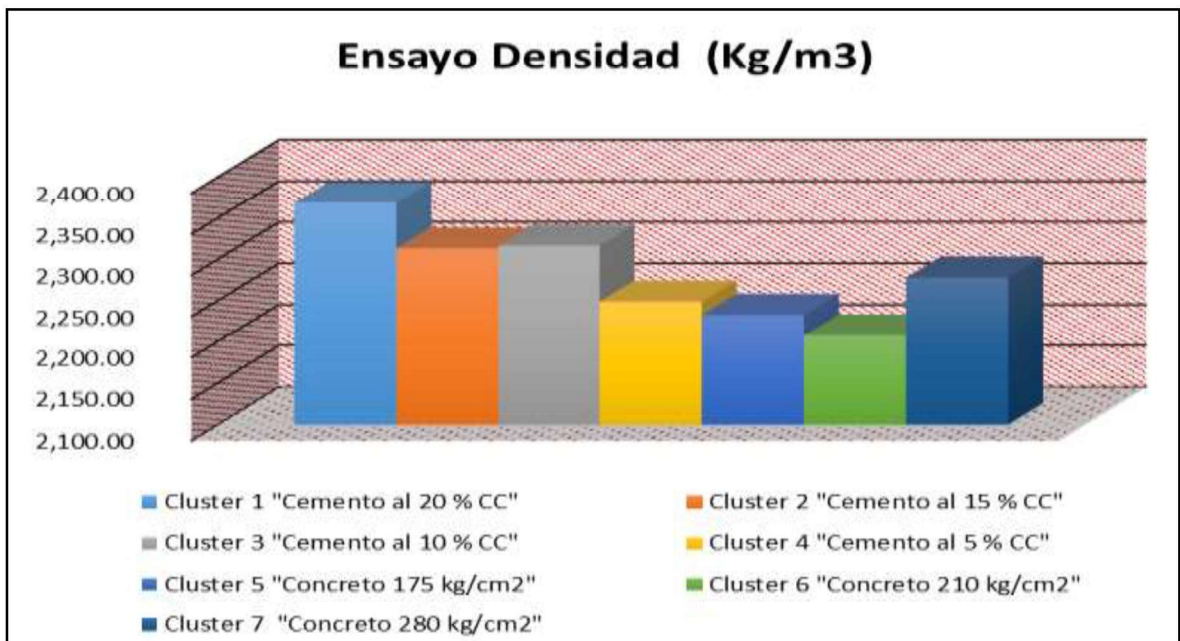


Figura 55. Análisis de análisis de los especímenes de la densidad de la probeta a los 56 días.

Tabla 74.

Análisis de análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 56 días.

Ensayo de Resistencia a la Compresion (kg/cm2)							
Espécimen 1	316.51	Espécimen 3	87.42	Espécimen 5	116.61	Espécimen 7	257.94
Cemento al 20	315.54	Cemento al 10	96.41	Concreto 175	139.10	Concreto 280	258.36
% CC	286.55	% CC	85.31	kg/cm2	117.72	kg/cm2	259.32
	299.11		87.02		137.98		261.28
	287.52		98.13		130.64		257.33
Espécimen 2	187.59	Espécimen 4	35.32	Espécimen 6	146.45		
Cemento al 15	189.10	Cemento al 5	36.38	Concreto 210	156.69		
% CC	173.48	% CC	33.66	kg/cm2	145.73		
	171.97		33.51		149.77		
	184.31		36.24		157.41		

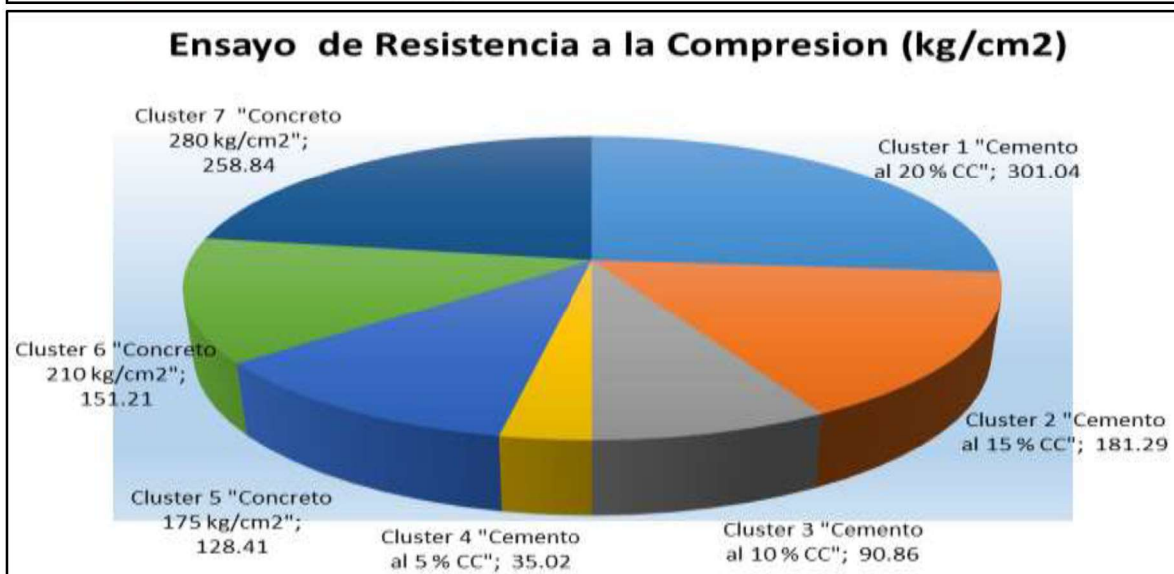
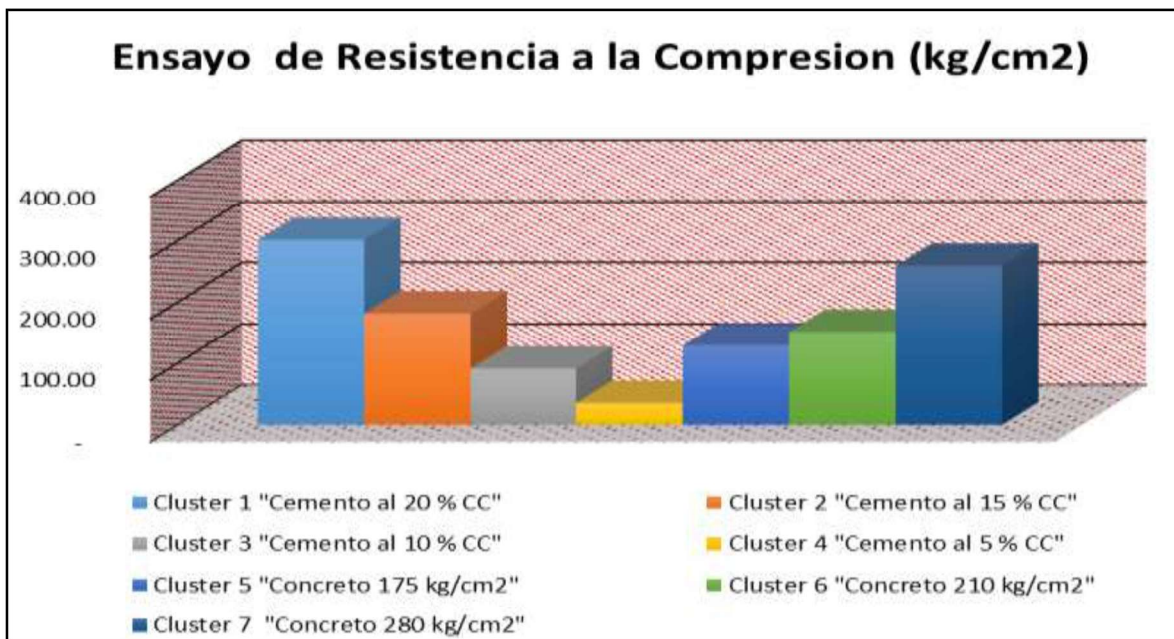


Figura 56. Análisis de análisis de los especímenes de la resistencia de la probeta a los 56 días.

Tabla 75.

Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 56 días.

Ensayo de Absorción (%)							
Espécimen 1	0.62	Espécimen 3	1.84	Espécimen 5	2.71	Espécimen 7	3.25
Cemento al 20 %	1.22	Cemento al	2.16	Concreto	1.79	Concreto 280	3.43
CC	1.31	10 % CC	1.77	175 kg/cm2	2.65	kg/cm2	3.23
	1.64		2.23		1.77		4.04
	1.56		1.64		2.18		2.70
Espécimen 2	1.90	Espécimen 4	2.25	Espécimen 6	3.20		
Cemento al 15 %	1.43	Cemento al	2.10	Concreto	3.00		
CC	1.83	5 % CC	2.25	210 kg/cm2	1.46		
	1.46		1.74		1.83		
	1.53		2.54		1.68		

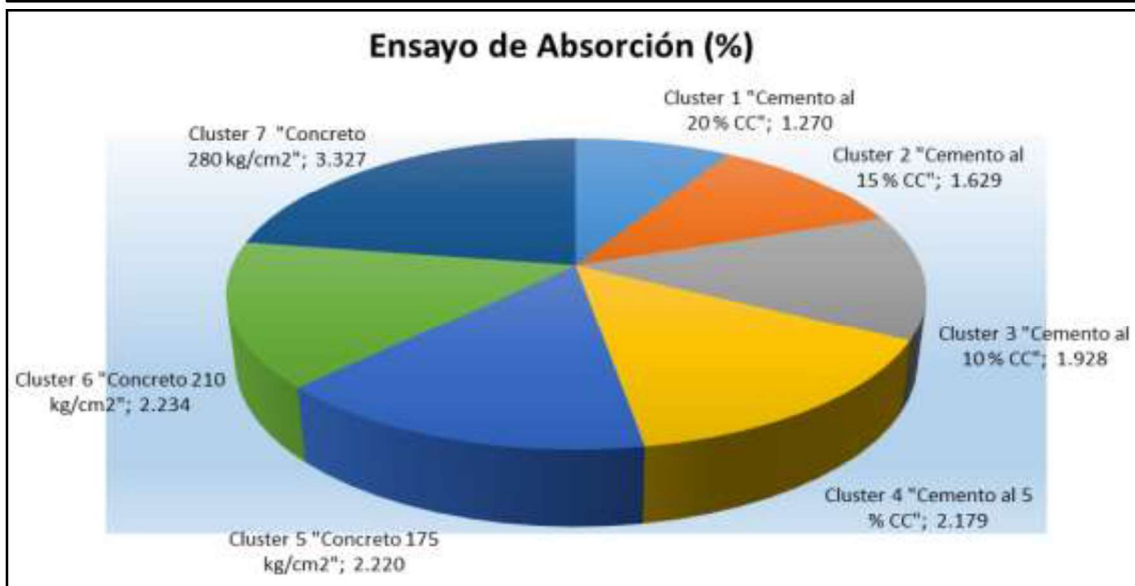
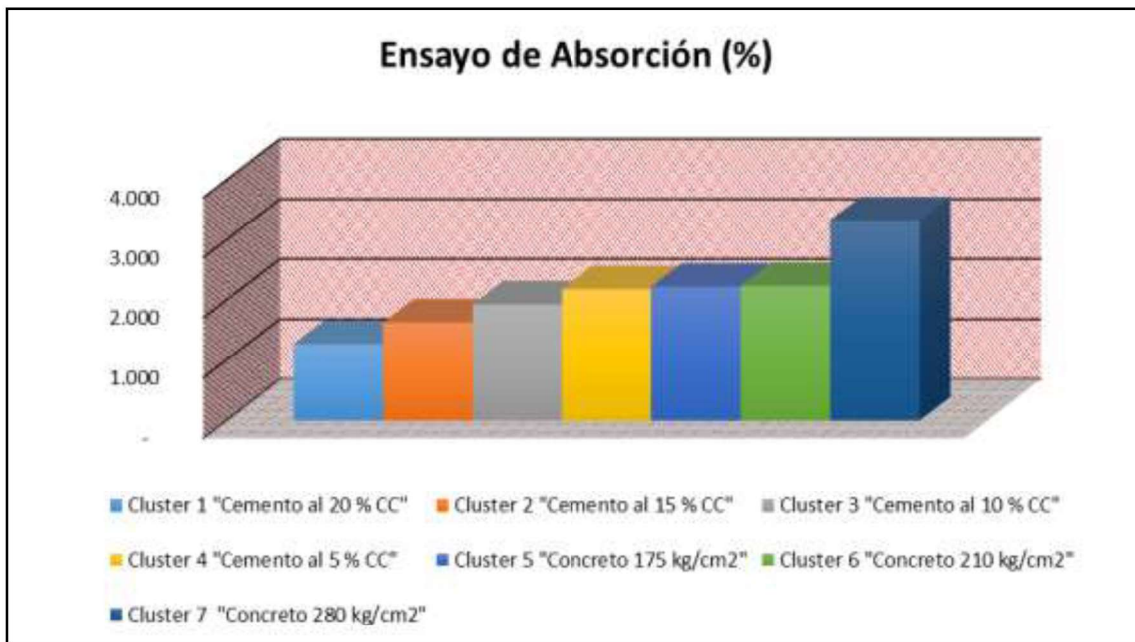


Figura 57. Análisis de los especímenes de la absorción (%) de la probeta a los 56 días.

Tabla 76.

Análisis de análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 56 días.

Ensayo de Porosidad Abierta (%)							
Espécimen 1	1.11	Espécimen 3	2.68	Espécimen 5	7.22	Espécimen 7	6.16
Cemento al 20 % CC	2.20	Cemento al 10 % CC	2.56	Concreto 175 kg/cm2	4.97	Concreto 280 kg/cm2	6.48
	2.92		3.25		7.06		6.09
	2.55		2.38		4.93		7.55
					5.90		5.13
Espécimen 2	2.78	Espécimen 4	3.69	Espécimen 6	5.76		
Cemento al 15 % CC	2.15	Cemento al 5 % CC	3.45	Concreto 210 kg/cm2	5.39		
	2.68		3.67		2.55		
	2.21		2.87		3.24		
	2.25		4.12		2.93		

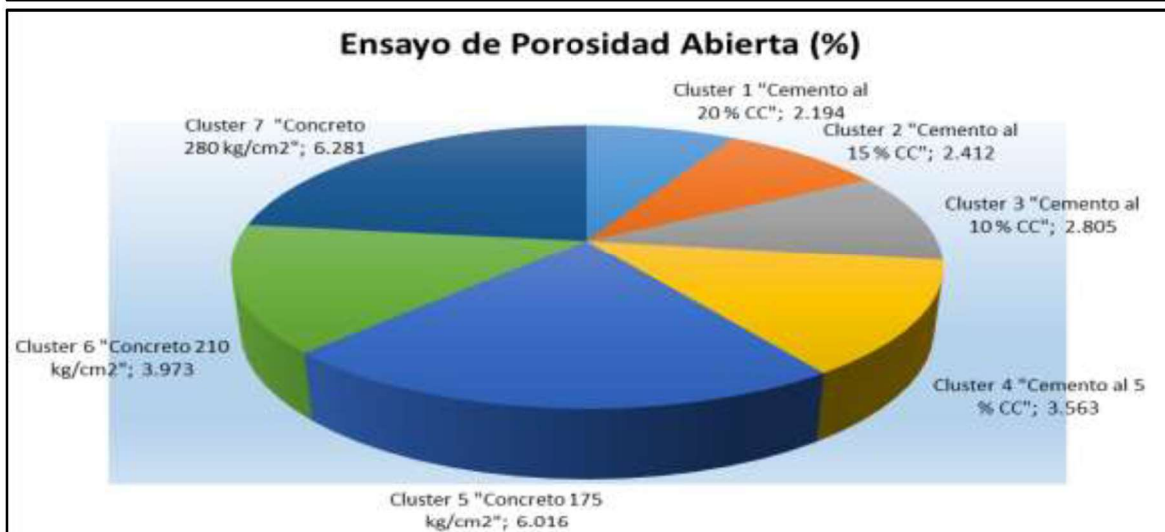
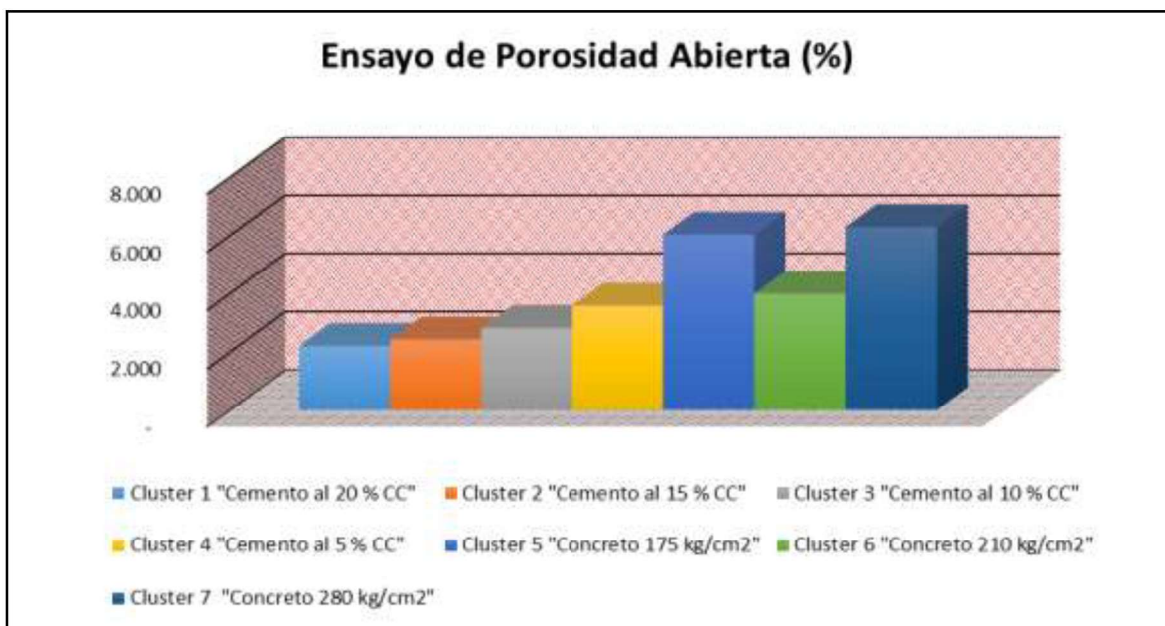


Figura 58. Análisis de análisis de los especímenes de la porosidad abierta (%) de la probeta a los 56 días.

Tabla 77.

Análisis de los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 28 días.

Costo Unitario por m3 de Concreto (S/)							
Espécimen 1	S/. 344.06	Espécimen 3	S/. 232.60	Espécimen 5	S/. 294.19	Espécimen 7	S/. 351.66
Cemento al	S/. 344.06	Cemento al	S/. 232.60	Concreto 175	S/. 294.19	Concreto 280	S/. 351.66
20 % CC	S/. 344.06	10 % CC	S/. 232.60	kg/cm2	S/. 294.19	kg/cm2	S/. 351.66
	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
	S/. 344.06		S/. 232.60		S/. 294.19		S/. 351.66
Espécimen 2	S/. 287.80	Espécimen 4	S/. 177.01	Espécimen 6	S/. 314.79		
Cemento al	S/. 287.80	Cemento al 5	S/. 177.01	Concreto 210	S/. 314.79		
15 % CC	S/. 287.80	% CC	S/. 177.01	kg/cm2	S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		
	S/. 287.80		S/. 177.01		S/. 314.79		

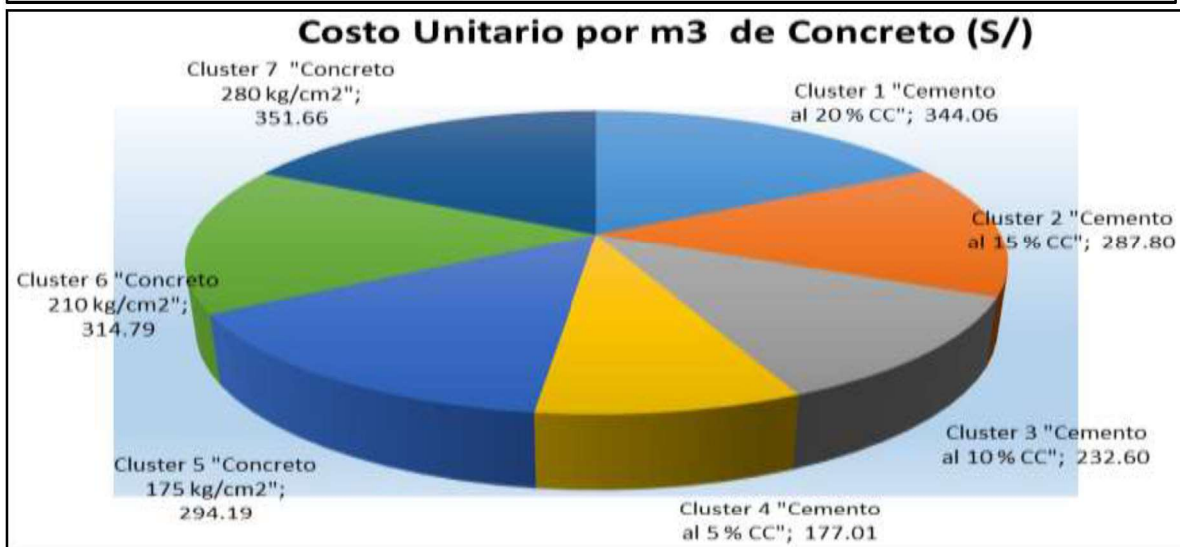
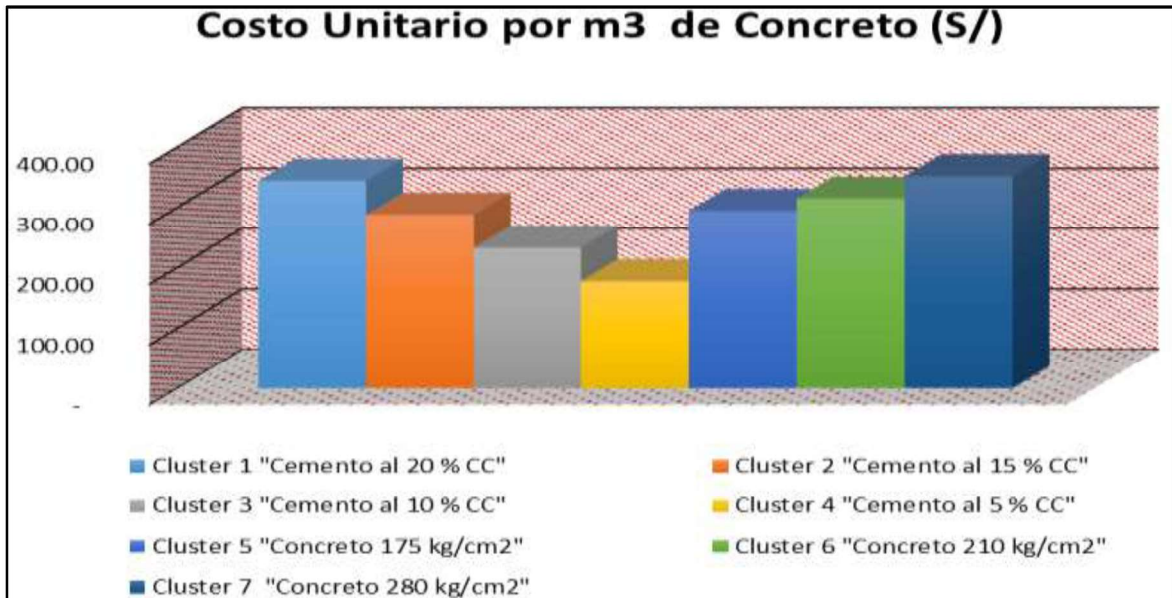


Figura 59. Análisis de los especímenes del costo unitario por m3 de concreto (S/) de la probeta a los 56 días.

4.10. Análisis exploratorio y descriptivo

A continuación, se realiza un análisis exploratorio y descriptivo de las variables densidad, resistencia, absorción, porosidad abierta y costo por m³ del estudio por espécimen y ensayo.

4.10.1. Densidad de las Probetas

Tabla de análisis de la densidad (kg/m³) de las muestras de probetas experimentales por ensayo a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días y especímenes de cemento al 20% CC, cemento al 15% CC, cemento al 10% CC, cemento al 5% CC, concreto 175 kg/cm², concreto 210 kg/cm² y concreto 280 kg/cm².

Tabla 78.

Análisis de la densidad

Densidad (kg/m ³)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	2,306.82	2,324.38	2,270.01	2,319.64	2,177.94	2,289.51	2,396.00
	2,314.53	2,188.75	2,294.11	2,344.30	2,248.91	2,300.50	2,142.07
	2,329.33	2,327.36	2,296.27	2,227.27	2,196.00	2,263.85	2,274.59
	2,324.14	2,174.53	2,326.51	2,258.20	2,259.34	2,385.71	2,234.83
	2,334.87	2,273.00	2,289.39	2,239.41	2,231.14	2,176.44	2,233.44
Ensayo 2: 14 días	2,348.37	2,284.13	2,306.26	2,280.97	2,250.23	2,181.10	2,411.90
	2,370.79	2,302.85	2,271.80	2,280.31	2,254.25	2,173.44	2,286.90
	2,338.33	2,285.76	2,335.03	2,272.91	2,220.75	2,326.82	2,254.00
	2,380.56	2,291.21	2,337.89	2,269.58	2,214.88	2,222.47	2,202.99
	2,335.03	2,307.68	2,265.74	2,267.88	2,248.80	2,344.50	2,202.75
Ensayo 3: 28 días	2,321.01	2,315.69	2,327.08	2,264.46	2,185.87	2,126.70	2,311.14
	2,344.35	2,331.45	2,263.64	2,306.87	2,091.31	2,245.52	2,273.90
	2,402.78	2,333.27	2,314.85	2,237.69	2,180.30	2,136.75	2,352.60
	2,387.90	2,368.63	2,279.20	2,280.48	2,146.35	2,159.19	2,377.06
	2,412.10	2,313.18	2,261.42	2,232.53	2,214.74	2,290.39	2,251.76
Ensayo 4: 56 días	2,343.03	2,310.06	2,234.60	2,183.79	2,212.39	2,229.18	2,299.19
	2,383.88	2,325.10	2,266.74	2,351.63	2,240.04	2,222.78	2,277.82
	2,353.41	2,300.93	2,367.33	2,170.15	2,224.48	2,191.89	2,277.50
	2,434.67	2,344.16	2,410.20	2,183.84	2,229.59	2,198.30	2,264.39
	2,329.11	2,285.52	2,303.82	2,354.09	2,255.92	2,194.70	2,269.58

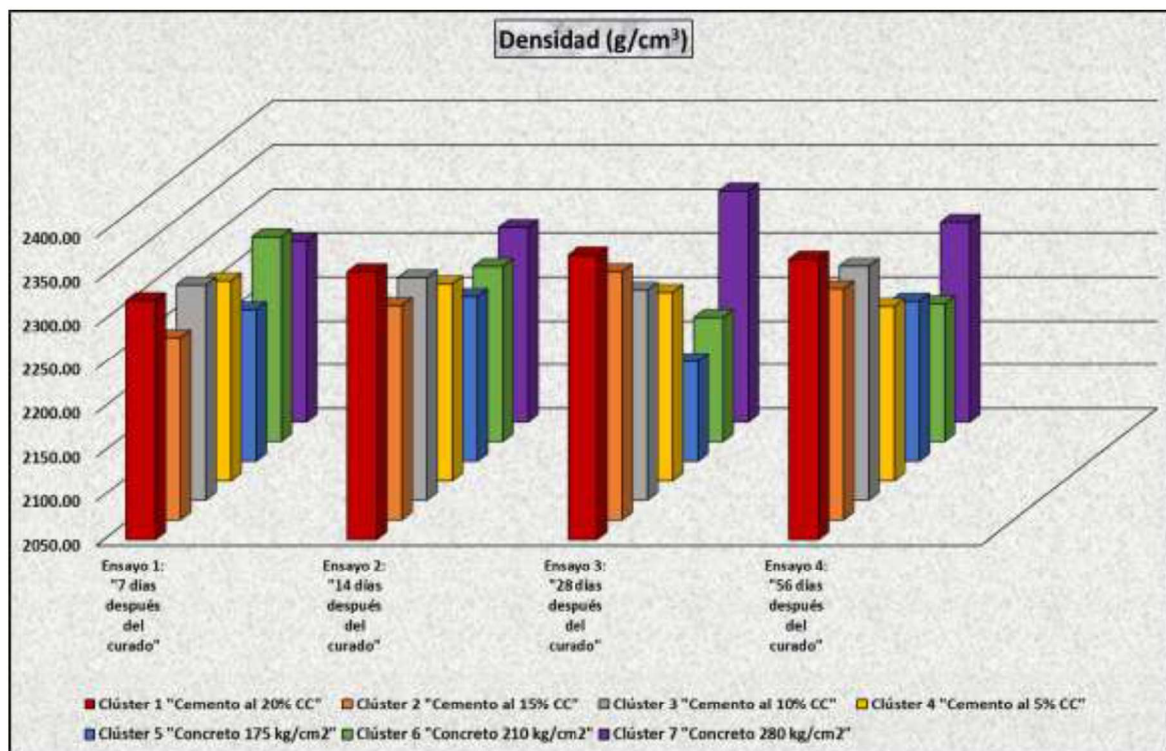


Figura 60. Análisis dispersión de resultados de la densidad.

4.10.2 Resistencia de las probetas

Tabla de análisis de la resistencia (kg/cm^2) de las muestras de probetas experimentales por ensayo a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días y especímenes de cemento al 20% CC, cemento al 15% CC, cemento al 10% CC, cemento al 5% CC, concreto 175 kg/cm^2 , concreto 210 kg/cm^2 y concreto 280 kg/cm^2 .

Tabla 79.

Análisis de la resistencia a la compresión de las probetas

Resistencia (kg/cm^2)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm^2	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm^2	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm^2
Ensayo 1: 7 días	230.17	97.63	58.38	12.75	69.89	54.01	79.39
	229.17	105.95	67.41	13.90	79.54	94.40	85.21
	205.02	78.53	53.83	12.61	62.54	51.84	85.96
	215.08	75.84	54.95	14.04	80.12	96.57	69.83
	206.02	103.26	68.53	12.96	63.11	68.79	69.09
Ensayo 2: 14 días	264.94	138.05	79.97	26.43	126.19	139.67	223.88
	319.03	164.42	80.33	28.15	129.17	144.06	231.68
	258.90	139.92	79.99	25.19	117.95	115.27	211.55
	276.89	155.91	80.19	28.27	116.64	138.44	230.55
	325.06	162.55	80.31	25.31	127.85	110.88	210.41
Ensayo 3: 28 días	296.73	191.63	97.21	31.23	124.84	138.75	267.70
	309.61	189.77	99.40	31.57	125.07	153.79	266.95
	279.83	162.94	73.22	30.60	127.79	135.30	233.75
	308.60	164.80	90.69	31.50	124.34	156.69	248.86

	278.82	172.64	71.03	30.53	128.28	138.21	234.50
Ensayo 4:	316.51	187.59	87.42	35.32	116.61	146.45	257.94
56 días	315.54	189.10	96.41	36.38	139.10	156.69	258.36
	286.55	173.48	85.31	33.66	117.72	145.73	259.32
	299.11	171.97	87.02	33.51	137.98	149.77	261.28
	287.52	184.31	98.13	36.24	130.64	157.41	257.33

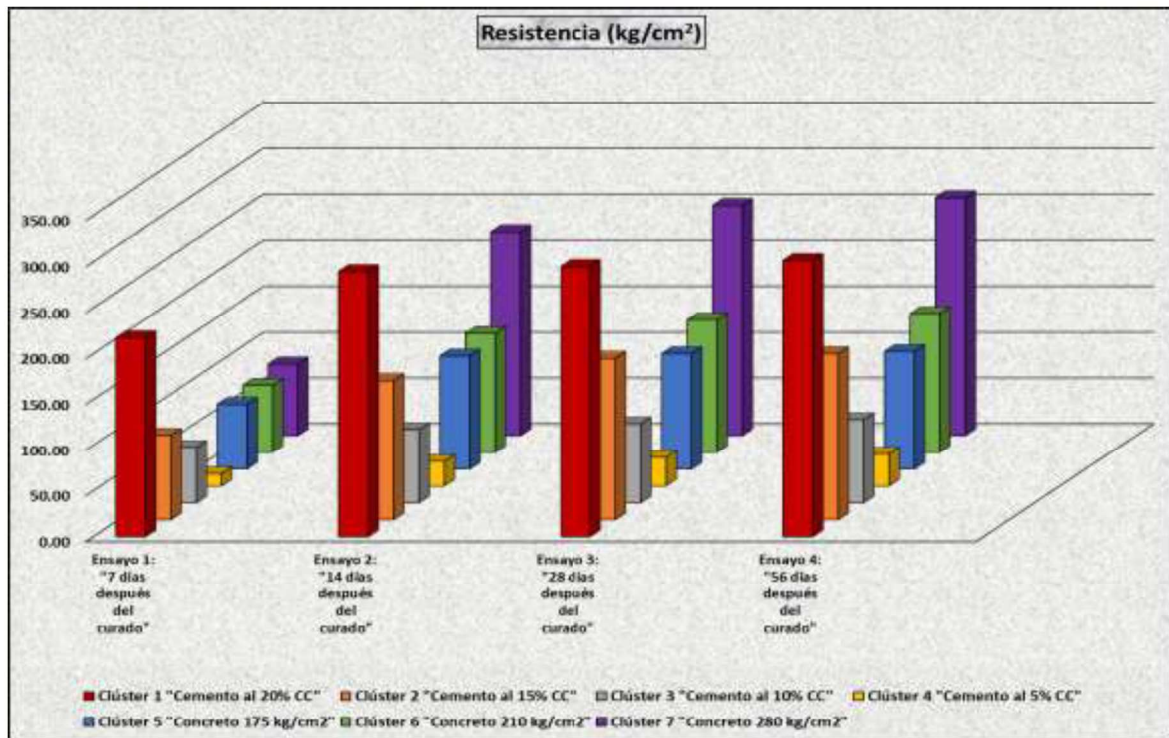


Figura 61. Análisis de la resistencia a la compresión de las probetas.

4.10.3 Ensayos de absorción de las probetas

Tabla de análisis de la absorción (%) de las muestras de probetas experimentales por ensayo a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días y especímenes de cemento al 20% CC, cemento al 15% CC, cemento al 10% CC, cemento al 5% CC, concreto 175 kg/cm², concreto 210 kg/cm² y concreto 280 kg/cm².

Tabla 80.

Análisis de ensayos de absorción de las probetas

Ensayos de Absorción (%)	Especímen 1 Cemento al 20% CC	Especímen 2 Cemento al 15% CC	Especímen 3 Cemento al 10% CC	Especímen 4 Cemento al 5% CC	Especímen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Especímen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Especímen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	0.76	1.06	2.07	1.79	0.81	1.25	0.96
	1.38	1.00	2.50	1.80	0.91	1.31	1.01
	1.03	1.04	1.61	1.80	0.81	1.28	0.98
	2.08	0.97	2.52	1.80	0.86	1.34	1.02
	0.78	1.02	1.56	1.82	0.91	1.31	1.03
Ensayo 2: 14 días	1.75	2.32	2.37	2.88	3.13	1.81	0.88
	1.84	2.58	2.36	2.87	3.23	1.80	1.27
	1.74	2.59	2.32	2.83	3.39	1.61	3.64
	1.85	2.73	2.33	2.84	3.48	1.63	3.26

	1.76	2.70	2.32	2.83	3.31	1.67	3.21
Ensayo 3:	2.00	2.86	2.31	2.82	4.08	3.97	0.78
28 días	2.09	3.06	2.36	2.86	3.21	3.71	0.89
	2.07	2.93	2.25	2.76	3.36	3.97	2.31
	2.11	3.00	2.41	2.92	3.88	3.85	1.70
	2.13	3.12	2.20	2.70	3.53	3.71	2.31
Ensayo 4:	0.62	1.90	1.84	2.25	2.71	3.20	3.25
56 días	1.22	1.43	2.16	2.10	1.79	3.00	3.43
	1.31	1.83	1.77	2.25	2.65	1.46	3.23
	1.64	1.46	2.23	1.74	1.77	1.83	4.04
	1.56	1.53	1.64	2.54	2.18	1.68	2.70

4.10.4 Porosidad abierta de las probetas

Tabla de análisis de la porosidad abierta (%) de las muestras de probetas experimentales por ensayo a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días y especímenes de cemento al 20% CC, cemento al 15% CC, cemento al 10% CC, cemento al 5% CC, concreto 175 kg/cm², concreto 210 kg/cm² y concreto 280 kg/cm².

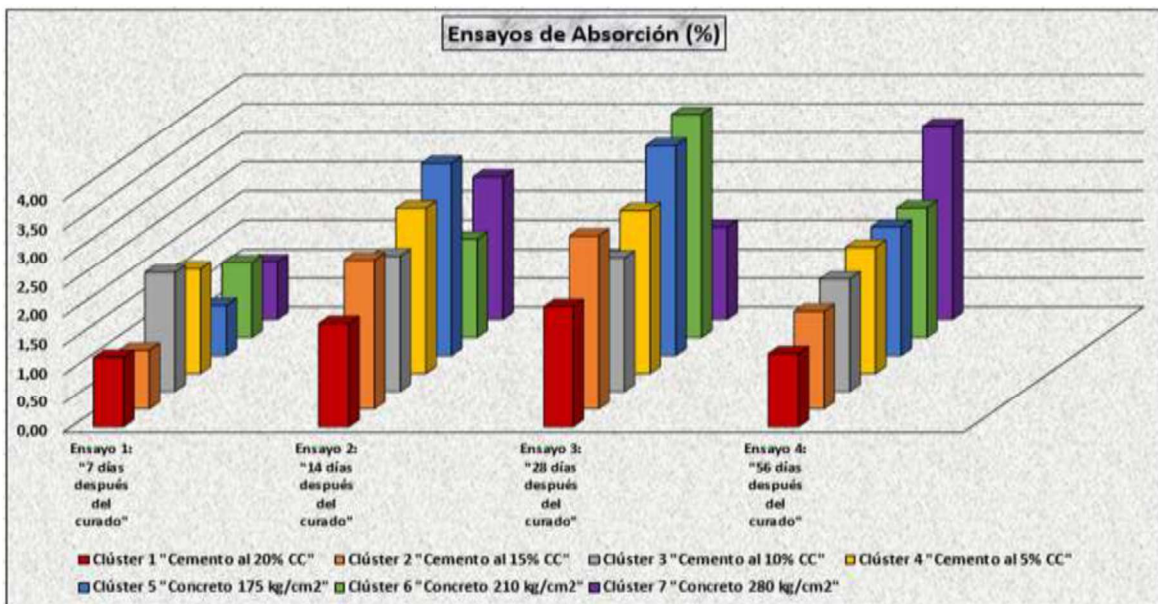


Figura 62. Análisis de ensayos de absorción de las probetas.

Tabla 81.

Análisis de la porosidad abierta de las probetas.

Porosidad Abierta (%)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	1.34	1.54	3.00	2.91	2.13	2.29	1.89
	2.42	1.49	3.63	2.98	2.61	2.52	1.86
	1.82	1.51	2.33	2.92	2.14	2.34	1.94
	3.62	1.44	3.68	2.97	2.39	2.59	1.90
	1.39	1.52	2.27	2.97	2.60	2.41	2.00
	2.84	3.26	3.43	4.69	8.24	3.31	1.80

Ensayo 2:	3.09	3.87	3.42	4.67	9.21	3.28	2.56
14 días	2.80	3.55	3.36	4.59	8.39	2.92	6.82
	3.13	3.77	3.37	4.60	8.67	2.95	6.20
	2.88	4.09	3.36	4.61	9.49	3.04	6.09
Ensayo 3:	3.49	4.20	3.33	4.57	9.90	6.52	1.52
28 días	3.67	4.58	3.47	4.73	8.21	6.62	1.73
	3.58	4.29	3.26	4.49	9.41	6.53	4.38
	3.65	4.48	3.54	4.81	9.32	6.60	3.26
	3.73	4.63	3.22	4.44	9.98	6.60	4.39
Ensayo 4:	1.11	2.78	2.68	3.69	7.22	5.76	6.16
56 días	2.20	2.15	3.16	3.45	4.97	5.39	6.48
	2.19	2.68	2.56	3.67	7.06	2.55	6.09
	2.92	2.21	3.25	2.87	4.93	3.24	7.55
	2.55	2.25	2.38	4.12	5.90	2.93	5.13

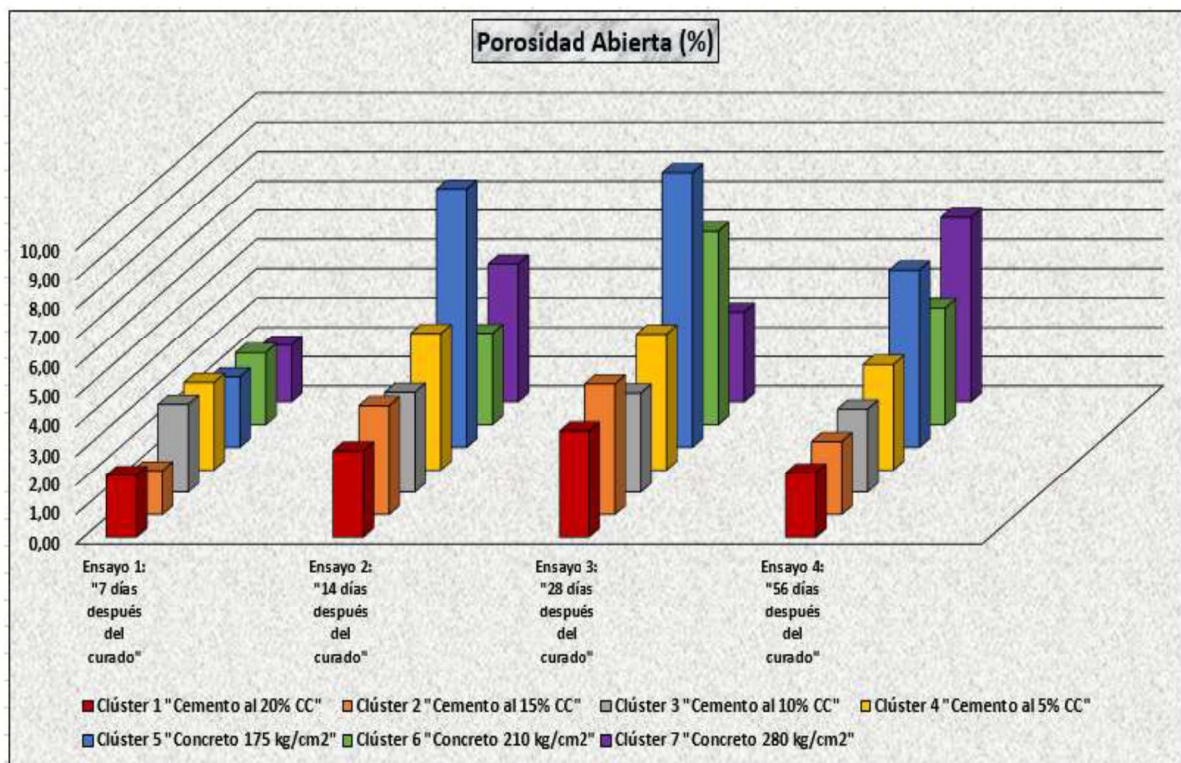


Figura 63. Análisis de la porosidad abierta de las probetas.

4.10.5 Costo Unitario por m³ de Concreto

Tabla del análisis costo unitario por m³ de Concreto (S/) de las muestras de probetas experimentales por ensayo a los 7 días, 14 días, 28 días y 56 días y especímenes de cemento al 20% CC, cemento al 15% CC, cemento al 10% CC, cemento al 5% CC, concreto 175 kg/cm², concreto 210 kg/cm² y concreto 280 kg/cm².

Tabla 82.

Análisis de la costó unitario por m³ de Concreto

Costo Unitario por m ³ de Concreto (S/)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
Ensayo 2: 14 días	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
Ensayo 3: 28 días	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
Ensayo 4: 56 días	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66

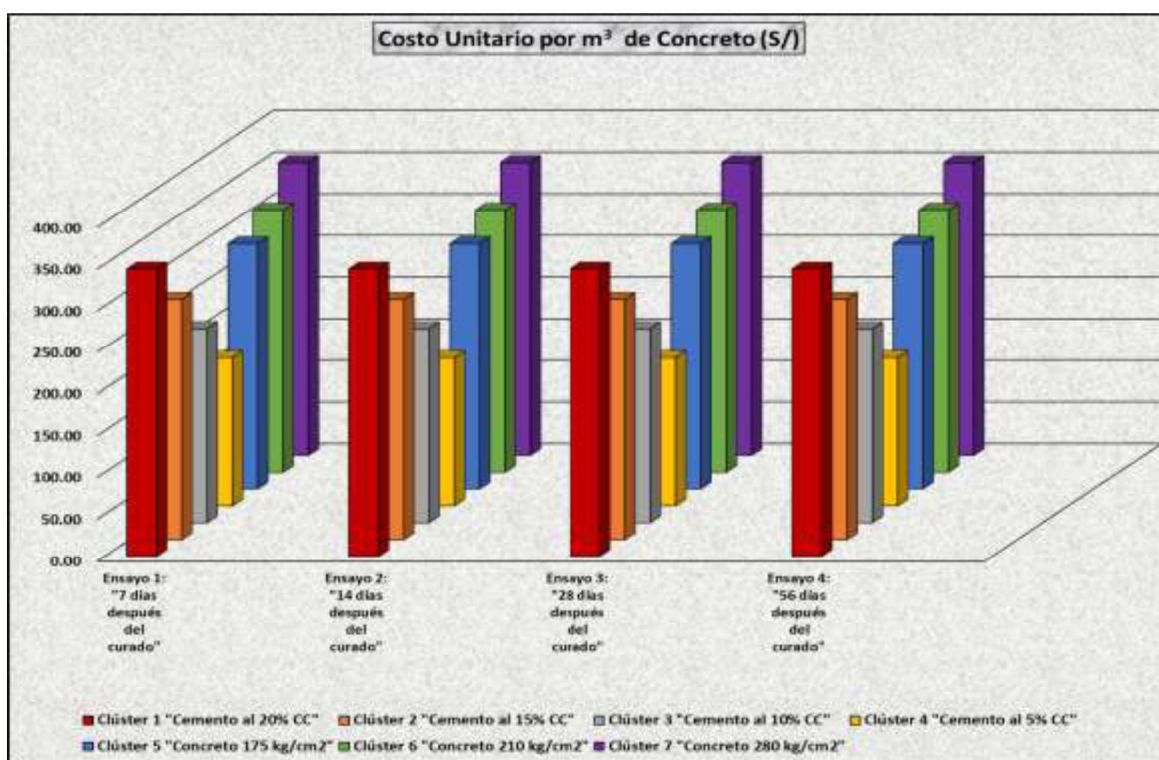


Figura 64. Análisis de la costó unitario por m³ de concreto.

4.11. Análisis de la varianza ANOVA

A continuación, se realiza el análisis de varianza ANOVA de las variables densidad, resistencia, absorción, porosidad abierta y costo por m³ del estudio por espécimen y ensayo.

4.11.1 Prueba ANOVA para la densidad

Se realiza el análisis de la varianza ANOVA de la densidad con varias muestras por grupo respecto a: 1) Tipo de ensayo realizado, 2) espécimen utilizado y, 3) la interacción entre tipo de ensayo y espécimen.

Tabla 83.

Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la densidad.

Densidad (kg/m ³)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	2306.82	2324.38	2270.01	2319.64	2177.94	2289.51	2396.00
	2314.53	2188.75	2294.11	2344.30	2248.91	2300.50	2142.07
	2329.33	2327.36	2296.27	2227.27	2196.00	2263.85	2274.59
	2324.14	2174.53	2326.51	2258.20	2259.34	2385.71	2234.83
	2334.87	2273.00	2289.39	2239.41	2231.14	2176.44	2233.44
Ensayo 2: 14 días	2348.37	2284.13	2306.26	2280.97	2250.23	2181.10	2411.90
	2370.79	2302.85	2271.80	2280.31	2254.25	2173.44	2286.90
	2338.33	2285.76	2335.03	2272.91	2220.75	2326.82	2254.00
	2380.56	2291.21	2337.89	2269.58	2214.88	2222.47	2202.99
	2335.03	2307.68	2265.74	2267.88	2248.80	2344.50	2202.75
Ensayo 3: 28 días	2321.01	2315.69	2327.08	2264.46	2185.87	2126.70	2311.14
	2344.35	2331.45	2263.64	2306.87	2091.31	2245.52	2273.90
	2402.78	2333.27	2314.85	2237.69	2180.30	2136.75	2352.60
	2387.90	2368.63	2279.20	2280.48	2146.35	2159.19	2377.06
	2412.10	2313.18	2261.42	2232.53	2214.74	2290.39	2251.76
Ensayo 4: 56 días	2343.03	2310.06	2234.60	2183.79	2212.39	2229.18	2299.19
	2383.88	2325.10	2266.74	2351.63	2240.04	2222.78	2277.82
	2353.41	2300.93	2367.33	2170.15	2224.48	2191.89	2277.50
	2434.67	2344.16	2410.20	2183.84	2229.59	2198.30	2264.39
	2329.11	2285.52	2303.82	2354.09	2255.92	2194.70	2269.58

Tabla 84.

Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la densidad

RESUMEN	Espécimen 1 Cemento al 20 % CC	Espécimen 2 Cemento al 15 % CC	Espécimen 3 Cemento al 10 % CC	Espécimen 4 Cemento al 5 % CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²	Total
Ensayo 1 a 7 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	11609.6872	11288.009	11476.2991	11388.8335	11113.3342	11416.0069	11280.9326	79573.1025
Promedio	2321.93744	2257.60181	2295.25981	2277.7667	2222.66683	2283.20139	2256.18652	2273.51721
Varianza	127.523696	5301.21876	412.724775	2646.11289	1204.27864	5654.8007	8470.20401	3694.41261
Ensayo 2 a 14 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	11773.0868	11471.6215	11516.7273	11371.6435	11188.9035	11248.3303	11358.5474	79928.8603
Promedio	2354.61737	2294.3243	2303.34547	2274.3287	2237.78069	2249.66606	2271.70949	2283.68172
Varianza	405.6544	109.538774	1153.68358	36.4951565	340.594592	6549.59435	7418.49522	3211.44427
Ensayo 3 a 28 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	11868.1441	11662.2283	11446.1874	11322.037	10818.5775	10958.5627	11566.451	79642.1881
Promedio	2373.62882	2332.44567	2289.23748	2264.40741	2163.71551	2191.71254	2313.29021	2275.49109
Varianza	1540.05779	490.790178	904.467179	947.846399	2228.5319	5234.60677	2738.42418	6675.857

Ensayo 4 a								
56 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	11844.1064	11565.7737	11582.6891	11243.4997	11162.4214	11036.8578	11388.4835	79823.8316
Promedio	2368.82129	2313.15473	2316.53782	2248.69994	2232.48428	2207.37156	2277.6967	2280.6809
Varianza	1760.40648	506.601081	5177.39608	9073.49921	270.674679	298.951633	176.183828	4801.29809
Total								
Cuenta	20	20	20	20	20	20	20	
Suma	47095.0246	45987.6325	46021.9029	45326.0137	44283.2366	44659.7577	45594.4146	
Promedio	2354.75123	2299.38163	2301.09514	2266.30069	2214.16183	2232.98789	2279.72073	
Varianza	1236.31743	2152.78369	1720.21384	2808.54	1775.26138	5092.04489	4418.86619	
ANÁLISIS DE VARIANZA								
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F		
Ensayo	2288.62798	3	762.875992	0.30009442	0.82526618	2.68564345		
Espécimen	262434.514	6	43739.0856	17.2057525	5.1258E-14	2.18056362		
Interacción	77870.4654	18	4326.13696	1.70178322	0.04903653	1.6966669		
Ensayo y Espécimen	284717.428	112	2542.11989					
Total	627311.035	139						

4.11.1.1 Conclusiones

No hay diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la densidad obtenida de acuerdo al tipo de ensayo realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la densidad obtenida de acuerdo al espécimen utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).

Existe diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la densidad obtenida de acuerdo a la interacción del tipo de ensayo realizado y el espécimen utilizado.

4.11.2 Prueba ANOVA para la Resistencia

Se realiza el análisis de la varianza ANOVA de la resistencia con varias muestras por grupo respecto a: 1) Tipo de Ensayo, 2) Espécimen Utilizado y, 3) la interacción entre tipo de ensayo y espécimen.

Tabla 85.

Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la resistencia.

Resistencia (kg/cm ²)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	230.17	97.63	58.38	12.75	69.89	54.01	79.39
	229.17	105.95	67.41	13.90	79.54	94.40	85.21
	205.02	78.53	53.83	12.61	62.54	51.84	85.96
	215.08	75.84	54.95	14.04	80.12	96.57	69.83
	206.02	103.26	68.53	12.96	63.11	68.79	69.09
Ensayo 2: 14 días	264.94	138.05	79.97	26.43	126.19	139.67	223.88
	319.03	164.42	80.33	28.15	129.17	144.06	231.68
	258.90	139.92	79.99	25.19	117.95	115.27	211.55
	276.89	155.91	80.19	28.27	116.64	138.44	230.55

	325.06	162.55	80.31	25.31	127.85	110.88	210.41
Ensayo 3: 28 días	296.73	191.63	97.21	31.23	124.84	138.75	267.70
	309.61	189.77	99.40	31.57	125.07	153.79	266.95
	279.83	162.94	73.22	30.60	127.79	135.30	233.75
	308.60	164.80	90.69	31.50	124.34	156.69	248.86
	278.82	172.64	71.03	30.53	128.28	138.21	234.50
Ensayo 4: 56 días	316.51	187.59	87.42	35.32	116.61	146.45	257.94
	315.54	189.10	96.41	36.38	139.10	156.69	258.36
	286.55	173.48	85.31	33.66	117.72	145.73	259.32
	299.11	171.97	87.02	33.51	137.98	149.77	261.28
	287.52	184.31	98.13	36.24	130.64	157.41	257.33

Tabla 86.

Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la resistencia.

RESUMEN	Espécimen 1 "Cemento al 20 % CC"	Espécimen 2 "Cemento al 15 % CC"	Espécimen 3 "Cemento al 10 % CC"	Espécimen 4 "Cemento al 5 % CC"	Espécimen 5 "Concreto 175 kg/cm2"	Espécimen 6 "Concreto 210 kg/cm2"	Espécimen 7 "Concreto 280 kg/cm2"	Total
Ensayo 1 a "7 días de edad "								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1085.45956	461.208943	303.105217	66.2675645	355.204244	365.603463	389.481471	3026.33046
Promedio	217.091912	92.2417886	60.6210434	13.2535129	71.0408488	73.1206926	77.8962943	86.4665846
Varianza	147.33404	198.875514	47.9812524	0.44758863	72.8095854	459.866295	65.871539	3589.49113
Ensayo 2 a "14 días de edad "								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1444.81395	760.83764	400.786086	133.344486	617.79895	648.324199	1108.0749	5113.98021
Promedio	288.96279	152.167528	80.1572172	26.6688973	123.55979	129.66484	221.61498	146.11372
Varianza	958.369783	155.346056	0.02938974	2.22028996	34.0475907	236.124845	103.302214	6872.21605
Ensayo 3 a "28 días de edad "								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1473.59908	881.774376	431.540948	155.428956	630.321504	722.745496	1251.76777	5547.17813
Promedio	294.719816	176.354875	86.3081897	31.0857912	126.064301	144.549099	250.353554	158.490804
Varianza	223.20061	185.161331	178.570656	0.24393599	3.33976803	98.0796543	276.38572	7467.12282
Ensayo 4 a "56 días de edad "								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1505.2249	906.445224	454.296971	175.102388	642.045985	756.038036	1294.22307	5733.37657
Promedio	301.044979	181.289045	90.8593941	35.0204775	128.409197	151.207607	258.844614	163.810759
Varianza	211.606277	64.4511499	35.2672991	1.89341293	116.094135	30.816551	2.37623807	7626.63347
Total								
Cuenta	20	20	20	20	20	20	20	
Suma	5509.09748	3010.26618	1589.72922	530.143395	2245.37068	2492.71119	4043.54721	
Promedio	275.454874	150.513309	79.4864611	26.5071697	112.268534	124.63556	202.177361	
Varianza	1538.71031	1446.39637	195.187464	71.8341951	647.129352	1168.84417	5714.23061	
ANÁLISIS DE VARIANZA								
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F		
Ensayo	133193.109	3	44397.7029	317.928349	1.2956E-54	2.68564345		
Espécimen	797214.55	6	132869.092	951.464786	1.315E-93	2.18056362		
Interacción	56030.7574	18	3112.81986	22.2906505	6.1178E-29	1.6966669		
Ensayo y Espécimen Dentro del grupo	15640.4509	112	139.646883					
Total	1002078.87	139						

4.11.2.1 Conclusiones

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la resistencia obtenida de acuerdo al tipo de ensayo realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la resistencia obtenida de acuerdo al espécimen utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la resistencia obtenida de acuerdo a la interacción del tipo de ensayo realizado y el espécimen utilizado.

4.11.3 Prueba ANOVA para la absorción

Se realiza el análisis de la varianza de la absorción con varias muestras por grupo respecto a: 1) tipo de ensayo, 2) espécimen utilizado y, 3) la interacción entre tipo de ensayo y espécimen.

Tabla 87.

Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la absorción

Ensayos de Absorción (%)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	0.76	1.06	2.07	1.79	0.81	1.25	0.96
	1.38	1.00	2.50	1.80	0.91	1.31	1.01
	1.03	1.04	1.61	1.80	0.81	1.28	0.98
	2.08	0.97	2.52	1.80	0.86	1.34	1.02
	0.78	1.02	1.56	1.82	0.91	1.31	1.03
Ensayo 2: 14 días	1.75	2.32	2.37	2.88	3.13	1.81	0.88
	1.84	2.58	2.36	2.87	3.23	1.80	1.27
	1.74	2.59	2.32	2.83	3.39	1.61	3.64
	1.85	2.73	2.33	2.84	3.48	1.63	3.26
	1.76	2.70	2.32	2.83	3.31	1.67	3.21
Ensayo 3: 28 días	2.00	2.86	2.31	2.82	4.08	3.97	0.78
	2.09	3.06	2.36	2.86	3.21	3.71	0.89
	2.07	2.93	2.25	2.76	3.36	3.97	2.31
	2.11	3.00	2.41	2.92	3.88	3.85	1.70
	2.13	3.12	2.20	2.70	3.53	3.71	2.31
Ensayo 4: 56 días	0.62	1.90	1.84	2.25	2.71	3.20	3.25
	1.22	1.43	2.16	2.10	1.79	3.00	3.43
	1.31	1.83	1.77	2.25	2.65	1.46	3.23
	1.64	1.46	2.23	1.74	1.77	1.83	4.04
	1.56	1.53	1.64	2.54	2.18	1.68	2.70

Tabla 88.

Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la absorción.

Ensayos de Absorción (%)	Espécimen 1 Cemento al 20 % CC	Espécimen 2 Cemento al 15 % CC	Espécimen 3 Cemento al 10 % CC	Espécimen 4 Cemento al 5 % CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm2	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm2	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm2	Total
Ensayo 1 a 7 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	6.03279964	5.09256584	10.2601774	9.01127888	4.29798520	6.48743712	4.99979939	46.18204354
Promedio	1.20655992	1.01851317	2.05203548	1.80225577	0.85959704	1.29748742	0.99995987	1.319486958
Varianza	0.30114128	0.00113092	0.21472789	8.23342E-05	0.00268086	0.00119899	0.00084368	0.235964098
Ensayo 2 a 14 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	8.945828085	12.91551909	11.69672295	14.23826839	16.53264108	8.520975198	12.26598519	85.11593999
Promedio	1.789165617	2.583103818	2.33934459	2.847653679	3.306528217	1.70419504	2.453197038	2.431884
Varianza	0.00283634	0.02619462	0.000523523	0.000491824	0.01851315	0.00933122	1.633577556	0.480227189
Ensayo 3 a 28 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	10.40321881	14.97550431	11.53253665	14.05565099	18.06062592	19.20647367	7.996712543	96.23072288
Promedio	2.080643761	2.995100862	2.30650733	2.811130199	3.612125183	3.841294733	1.599342509	2.749449225
Varianza	0.002502447	0.010671114	0.007195255	0.006978403	0.128950281	0.017126395	0.552773867	0.668777593
Ensayo 4 a 56 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	6.350870283	8.143149681	9.639736308	10.89515409	11.10140678	11.17141672	16.63725876	73.93899263
Promedio	1.270174057	1.628629936	1.927947262	2.179030818	2.220281357	2.234283344	3.327451752	2.112542647
Varianza	0.162315631	0.048182795	0.065466736	0.0838464	0.202705739	0.646200025	0.232194213	0.534913865
Total								
Cuenta	20	20	20	20	20	20	20	
Suma	31.73271682	41.12673893	43.12917333	48.20035237	49.99265899	45.38630271	41.89975589	
Promedio	1.586635841	2.056336946	2.156458667	2.410017618	2.499632949	2.269315136	2.094987795	
Varianza	0.23808012	0.654662123	0.091951119	0.223227671	1.299672121	1.12506374	1.323037661	
ANÁLISIS DE VARIANZA								
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F		
Ensayo	39.54679006	3	13.18226335	84.2627987	1.36E-28	2.685643451		
Espécimen	10.66460682	6	1.77743447	11.36159997	6.87E-10	2.180563624		
Interacción entre Ensayo y Espécimen	37.08987243	18	2.060548468	13.17130269	4.82E-20	1.696666896		
Dentro del grupo	17.52153404	112	0.156442268					
Total	104.8228034	139						

4.11.3.1 Conclusiones

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la absorción obtenida de acuerdo al tipo de ensayo realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la absorción obtenida de acuerdo al espécimen utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la absorción obtenida de acuerdo a la interacción del tipo de ensayo realizado y el espécimen utilizado.

4.11.4 Prueba ANOVA para la porosidad abierta

Se realiza el análisis de análisis de la varianza ANOVA de la porosidad abierta con varias muestras por grupo respecto a: 1) tipo de ensayo, 2) espécimen utilizado y, 3) la interacción entre tipo de ensayo y espécimen.

Tabla 89.

Datos para el análisis de la varianza ANOVA de la porosidad abierta.

Porosidad Abierta (%)	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1: 7 días	1.34	1.54	3.00	2.91	2.13	2.29	1.89
	2.42	1.49	3.63	2.98	2.61	2.52	1.86
	1.82	1.51	2.33	2.92	2.14	2.34	1.94
	3.62	1.44	3.68	2.97	2.39	2.59	1.90
	1.39	1.52	2.27	2.97	2.60	2.41	2.00
Ensayo 2: 14 días	2.84	3.26	3.43	4.69	8.24	3.31	1.80
	3.09	3.87	3.42	4.67	9.21	3.28	2.56
	2.80	3.55	3.36	4.59	8.39	2.92	6.82
	3.13	3.77	3.37	4.60	8.67	2.95	6.20
	2.88	4.09	3.36	4.61	9.49	3.04	6.09
Ensayo 3: 28 días	3.49	4.20	3.33	4.57	9.90	6.52	1.52
	3.67	4.58	3.47	4.73	8.21	6.62	1.73
	3.58	4.29	3.26	4.49	9.41	6.53	4.38
	3.65	4.48	3.54	4.81	9.32	6.60	3.26
	3.73	4.63	3.22	4.44	9.98	6.60	4.39
Ensayo 4: 56 días	1.11	2.78	2.68	3.69	7.22	5.76	6.16
	2.20	2.15	3.16	3.45	4.97	5.39	6.48
	2.19	2.68	2.56	3.67	7.06	2.55	6.09
	2.92	2.21	3.25	2.87	4.93	3.24	7.55
	2.55	2.25	2.38	4.12	5.90	2.93	5.13

Tabla 90.

Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de la porosidad abierta.

Porosidad Abierta (%)	Espécimen 1 Cemento al 20 % CC	Espécimen 2 Cemento al 15 % CC	Espécimen 3 Cemento al 10 % CC	Espécimen 4 Cemento al 5 % CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²	Total
Ensayo 1 a 7 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	10.57936354	7.506330004	14.9029646	14.75199117	11.86256384	12.14555628	9.59510463	81.34387408
Promedio	2.115872709	1.501266001	2.98059292	2.950398234	2.372512769	2.429111257	1.919020926	2.324110688
Varianza	0.899904465	0.001390689	0.458865132	0.000901347	0.055002496	0.015344774	0.003082571	0.42186768
Ensayo 2 a 14 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	14.74237219	18.54123892	16.94701976	23.15263322	44.00452302	15.49644231	23.46337766	156.3476071

Promedio	2.948474437	3.708247785	3.389403951	4.630526643	8.800904604	3.099288462	4.692675531	4.467074488
Varianza	0.022650363	0.099617059	0.001293059	0.002171007	0.286593811	0.032948496	5.401050089	4.331019337
Ensayo 3 a 28 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	18.12134935	22.18236217	16.82161171	23.03942379	46.81881136	32.86589671	15.28436619	175.1338213
Promedio	3.624269869	4.436472434	3.364322342	4.607884759	9.363762273	6.573179342	3.056873238	5.003823465
Varianza	0.008708714	0.033919973	0.018951162	0.024051546	0.501189399	0.002127035	1.919099624	4.755703549
Ensayo 4 a 56 días								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	10.9695762	12.06232438	14.02728105	17.81410545	30.08231242	19.86651651	31.40663839	136.2287544
Promedio	2.193915239	2.412464877	2.80545621	3.562821089	6.016462484	3.973303301	6.281327678	3.892250125
Varianza	0.457257732	0.084522426	0.143016597	0.208999313	1.201822587	2.209787064	0.75438121	3.035017519
Total								
Cuenta	20	20	20	20	20	20	20	
Suma	54.41266127	60.29225548	62.69887712	78.75815363	132.7682106	80.37441181	79.74948687	
Promedio	2.720633064	3.014612774	3.134943856	3.937907681	6.638410532	4.018720591	3.987474343	
Varianza	0.690119721	1.402940812	0.196697766	0.587724669	8.506398014	3.080974056	4.569915944	
ANÁLISIS DE VARIANZA								
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F		
Ensayo	140.7554183	3	46.91847275	88.47385183	2.03E-29	2.685643451		
Espécimen	205.5774445	6	34.26290741	64.60933649	4.29E-34	2.180563624		
Interacción entre Ensayo y Espécimen	161.5106315	18	8.972812859	16.91997349	4.32E-24	1.696666896		
Dentro del grupo	59.39459896	112	0.530308919					
Total	567.2380932	139						

4.11.4.1 Conclusiones

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la porosidad abierta obtenida de acuerdo al tipo de ensayo realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la porosidad abierta obtenida de acuerdo al espécimen utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) de la porosidad abierta obtenida de acuerdo a la interacción del tipo de ensayo realizado y el espécimen utilizado.

4.11.5 Prueba ANOVA para el costo unitario por m³ de concreto

Se realiza el análisis de análisis de la varianza ANOVA de costo unitario por m³ de concreto con varias muestras por grupo respecto a: 1) tipo de ensayo, 2) espécimen utilizado y, 3) la interacción entre tipo de ensayo y espécimen.

Tabla 91.

Datos para el análisis de la varianza ANOVA de costo unitario por m3 de concreto.

Costo Unitario por m3 de Concreto (S/)	Espécimen 1 "Cemento al 20 % CC"	Espécimen 2 "Cemento al 15 % CC"	Espécimen 3 "Cemento al 10 % CC"	Espécimen 4 "Cemento al 5 % CC"	Espécimen 5 "Concreto 175 kg/cm2"	Espécimen 6 "Concreto 210 kg/cm2"	Espécimen 7 "Concreto 280 kg/cm2"
Ensayo 1 a 7 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
Ensayo 2 a 14 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
Ensayo 3 a 28 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
Ensayo 4 a 56 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66

Tabla 92.

Análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo de costo unitario por m3 de concreto.

RESUMEN	Espécimen 1 "Cemento al 20 % CC"	Espécimen 2 "Cemento al 15 % CC"	Espécimen 3 "Cemento al 10 % CC"	Espécimen 4 "Cemento al 5 % CC"	Espécimen 5 "Concreto 175 kg/cm2"	Espécimen 6 "Concreto 210 kg/cm2"	Espécimen 7 "Concreto 280 kg/cm2"	Total
Ensayo 1 a "7 días "								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1720.3	1439	1163	885.05	1470.95	1573.95	1758.28	10010.53
Promedio	344.06	287.8	232.6	177.01	294.19	314.79	351.656	286.015143
Varianza	0	0	0	0	0	0	0	3428.12245
Ensayo 2 a "14 días "								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1720.3	1439	1163	885.05	1470.95	1573.95	1758.28	10010.53
Promedio	344.06	287.8	232.6	177.01	294.19	314.79	351.656	286.015143
Varianza	0	0	0	0	0	0	0	3428.12245
Ensayo 3 a "28 días "								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1720.3	1439	1163	885.05	1470.95	1573.95	1758.28	10010.53
Promedio	344.06	287.8	232.6	177.01	294.19	314.79	351.656	286.015143
Varianza	0	0	0	0	0	0	0	3428.12245
Ensayo 4 a "56 días"								
Cuenta	5	5	5	5	5	5	5	35
Suma	1720.3	1439	1163	885.05	1470.95	1573.95	1758.28	10010.53
Promedio	344.06	287.8	232.6	177.01	294.19	314.79	351.656	286.015143
Varianza	0	0	0	0	0	0	0	3428.12245

Total							
Cuenta	20	20	20	20	20	20	20
Suma	6881.2	5756	4652	3540.2	5883.8	6295.8	7033.12
Promedio	344.06	287.8	232.6	177.01	294.19	314.79	351.656
Varianza	3.0611E-26	3.4012E-27	0	7.6528E-27	1.3605E-26	0	0

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	5.8208E-11	3	1.9403E-11	65535	-	2.68564345
Columnas	466224.653	6	77704.1088	65535	0	2.18056362
Interacción	-5.8208E-11	18	-3.2338E-12	65535	-	1.6966669
Dentro del grupo	0	112	0			
Total	466224.653	139				

4.11.5.1 Conclusiones:

No aplica la diferencia estadística significativa del costo unitario por m3 de concreto (S/) de acuerdo al tipo de ensayo realizado.

Existe una diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) del costo unitario por m3 de concreto (S/) de acuerdo al espécimen utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).

No aplica la diferencia estadística significativa del costo unitario por m3 de concreto (S/) de acuerdo a la interacción del tipo de ensayo realizado y el espécimen utilizado.

4.12 Medidas descriptivas

A continuación, se realiza el cálculo de medidas descriptivas de las variables densidad, resistencia, absorción, porosidad abierta y costo por m3 del estudio por espécimen y ensayo.

4.12.1 Densidad de las probetas

Se realizaron calcularon las medidas descriptivas de la densidad de las probetas (kg/m3) de a acuerdo a los espécimen o especímenes y de acuerdo a los ensayos realizados.

Tabla 93.

Medidas descriptivas de la densidad de las probetas.

Densidad (kg/m3)	Espécimen 1 Cemento al 20 % CC	Espécimen 2 Cemento al 15 % CC	Espécimen 3 Cemento al 10 % CC	Espécimen 4 Cemento al 5 % CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm2	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm2	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm2
Ensayo 1 a 7 días	2306.82	2324.38	2270.01	2319.64	2177.94	2289.51	2396.00
	2314.53	2188.75	2294.11	2344.30	2248.91	2300.50	2142.07
	2329.33	2327.36	2296.27	2227.27	2196.00	2263.85	2274.59
	2324.14	2174.53	2326.51	2258.20	2259.34	2385.71	2234.83
	2334.87	2273.00	2289.39	2239.41	2231.14	2176.44	2233.44
Ensayo 2 a 14 días	2348.37	2284.13	2306.26	2280.97	2250.23	2181.10	2411.90
	2370.79	2302.85	2271.80	2280.31	2254.25	2173.44	2286.90
	2338.33	2285.76	2335.03	2272.91	2220.75	2326.82	2254.00

	2380.56	2291.21	2337.89	2269.58	2214.88	2222.47	2202.99
	2335.03	2307.68	2265.74	2267.88	2248.80	2344.50	2202.75
Ensayo 3 a 28 días	2321.01	2315.69	2327.08	2264.46	2185.87	2126.70	2311.14
	2344.35	2331.45	2263.64	2306.87	2091.31	2245.52	2273.90
	2402.78	2333.27	2314.85	2237.69	2180.30	2136.75	2352.60
	2387.90	2368.63	2279.20	2280.48	2146.35	2159.19	2377.06
	2412.10	2313.18	2261.42	2232.53	2214.74	2290.39	2251.76
Ensayo 4 a 56 días	2343.03	2310.06	2234.60	2183.79	2212.39	2229.18	2299.19
	2383.88	2325.10	2266.74	2351.63	2240.04	2222.78	2277.82
	2353.41	2300.93	2367.33	2170.15	2224.48	2191.89	2277.50
	2434.67	2344.16	2410.20	2183.84	2229.59	2198.30	2264.39
	2329.11	2285.52	2303.82	2354.09	2255.92	2194.70	2269.58
PROMEDIO	2354.75	2299.38	2301.10	2266.30	2214.16	2232.99	2279.72

Tabla 94.

Medidas descriptivas de la densidad de las probetas (kg/m³) de acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.

Medidas Descriptivas de la Densidad de las Probetas (kg/m ³) de acuerdo a los "Espécimen es" en los cuatro "Ensayos" realizados.	Espécimen 1 "Cemento al 20% CC"	Espécimen 2 "Cemento al 15% CC"	Espécimen 3 "Cemento al 10% CC"	Espécimen 4 "Cemento al 5% CC"	Espécimen 5 "Concreto 175 kg/cm ² "	Espécimen 6 "Concreto 210 kg/cm ² "	Espécimen 7 "Concreto 280 kg/cm ² "
<u>Media</u> : Promedio de las densidades de las probetas.	2,354.75	2,299.38	2,301.10	2,266.30	2,214.16	2,232.99	2,279.72
<u>Mediana</u> : Valor central que deja un 50% de las densidades por encima de este valor y un 50% de las densidades por debajo de este valor.	2,343.69	2,308.87	2,295.19	2,268.73	2,222.62	2,222.63	2,274.24
<u>Moda</u> : No existen densidades que se repitan en esta categoría.	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
<u>Desviación Estándar</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir de la raíz cuadrada de la varianza de la muestra.	35.16	46.40	41.48	53.00	42.13	71.36	66.47
<u>Varianza</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir del cuadrado de la resta de las desviaciones de las densidades de los datos de la muestra con respecto a la densidad promedio de la muestra.	1,174.50	2,045.14	1,634.20	2,668.11	1,686.50	4,837.44	4,197.92
<u>Curtósis</u> : Si este valor es positivo la mayoría de las densidades de la muestra están muy cerca de la densidad promedio, si este valor es muy próximo a 0 la forma como se distribuyen las densidades es aproximadamente normal y si este valor en negativo la mayoría de las densidades de la muestra están muy lejos de la densidad promedio.	- 0.20	3.08	1.19	- 0.40	2.60	- 0.48	0.33
<u>Coefficiente de Asimetría</u> : Si este valor es positivo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la izquierda, Si este valor es muy próximo a 0 la forma gráfica de las densidades de la muestra es	0.80	- 1.62	0.95	- 0.06	- 1.48	0.53	0.29

aproximadamente normal y si este valor en negativo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la derecha.							
<u>Rango</u> : Es el valor que corresponde a la diferencia entre la mayor densidad y la menor densidad.	127.85	194.11	175.61	183.95	168.03	259.01	269.82
<u>Mínimo</u> : Menor densidad de la muestra.	2,306.82	2,174.53	2,234.60	2,170.15	2,091.31	2,126.70	2,142.07
<u>Máximo</u> : Mayor densidad de la muestra.	2,434.67	2,368.63	2,410.20	2,354.09	2,259.34	2,385.71	2,411.90
<u>Suma</u> : Valor de la sumatoria de las densidades de la muestra.	47,095.02	45,987.63	46,021.90	45,326.01	44,283.24	44,659.76	45,594.41
<u>n</u> : corresponde al número de ensayos realizados.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00

4.12.2 Resistencia de las probetas

Se realizaron las medidas descriptivas de la resistencia de las probetas (kg/cm^2) de acuerdo a los espécimen o especímenes y de acuerdo a los ensayos realizados.

Tabla 95.

Medidas descriptivas de la resistencia de las probetas.

Resistencia (kg/cm^2)	Especimen 1 Cemento al 20 % CC	Especimen 2 Cemento al 15 % CC	Especimen 3 Cemento al 10 % CC	Especimen 4 Cemento al 5 % CC	Especimen 5 Concreto 175 kg/cm^2	Especimen 6 Concreto 210 kg/cm^2	Especimen 7 Concreto 280 kg/cm^2
Ensayo 1 a 7 días	230.17	97.63	58.38	12.75	69.89	54.01	79.39
	229.17	105.95	67.41	13.90	79.54	94.40	85.21
	205.02	78.53	53.83	12.61	62.54	51.84	85.96
	215.08	75.84	54.95	14.04	80.12	96.57	69.83
	206.02	103.26	68.53	12.96	63.11	68.79	69.09
Ensayo 2 a 14 días	264.94	138.05	79.97	26.43	126.19	139.67	223.88
	319.03	164.42	80.33	28.15	129.17	144.06	231.68
	258.90	139.92	79.99	25.19	117.95	115.27	211.55
	276.89	155.91	80.19	28.27	116.64	138.44	230.55
	325.06	162.55	80.31	25.31	127.85	110.88	210.41
Ensayo 3 a 28 días	296.73	191.63	97.21	31.23	124.84	138.75	267.70
	309.61	189.77	99.40	31.57	125.07	153.79	266.95
	279.83	162.94	73.22	30.60	127.79	135.30	233.75
	308.60	164.80	90.69	31.50	124.34	156.69	248.86
	278.82	172.64	71.03	30.53	128.28	138.21	234.50
Ensayo 4 a 56 días	316.51	187.59	87.42	35.32	116.61	146.45	257.94
	315.54	189.10	96.41	36.38	139.10	156.69	258.36
	286.55	173.48	85.31	33.66	117.72	145.73	259.32
	299.11	171.97	87.02	33.51	137.98	149.77	261.28
	287.52	184.31	98.13	36.24	130.64	157.41	257.33
PROMEDIO	275.45	150.51	79.49	26.51	112.27	124.64	202.18

Tabla 96.

Medidas descriptivas de la resistencia de las probetas (kg/cm²) de acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.

Medidas Descriptivas de la Resistencia de las Probetas (kg/cm ²) de acuerdo a los Espécimen o Especímenes en los cuatro Ensayos realizados.	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
<u>Media</u> : Promedio de las densidades de las probetas.	275.45	150.51	79.49	26.51	112.27	124.64	202.18
<u>Mediana</u> : Valor central que deja un 50% de las densidades por encima de este valor y un 50% de las densidades por debajo de este valor.	283.19	163.68	80.25	29.40	124.59	138.60	232.72
<u>Moda</u> : No existen densidades que se repitan en esta categoría.	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
<u>Desviación Estándar</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir de la raíz cuadrada de la varianza de la muestra.	39.23	38.03	13.97	8.48	25.44	34.19	75.59
<u>Varianza</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir del cuadrado de la resta de las desviaciones de las densidades de los datos de la muestra con respecto a la densidad promedio de la muestra.	1,461.77	1,374.08	185.43	68.24	614.77	1,110.40	5,428.52
<u>Curtosis</u> : Si este valor es positivo la mayoría de las densidades de la muestra están muy cerca de la densidad promedio, si este valor es muy próximo a 0 la forma como se distribuyen las densidades es aproximadamente normal y si este valor en negativo la mayoría de las densidades de la muestra están muy lejos de la densidad promedio.	-0.85	-0.56	-0.66	-0.91	-0.29	0.13	-0.63
<u>Coefficiente de Asimetría</u> : Si este valor es positivo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la izquierda, Si este valor es muy próximo a 0 la forma gráfica de las densidades de la muestra es aproximadamente normal y si este valor en negativo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la derecha.	-0.64	-0.87	-0.38	-0.76	-1.13	-1.15	-1.08
<u>Rango</u> : Es el valor que corresponde a la	120.04	115.79	45.57	23.78	76.56	105.57	198.61

diferencia entre la mayor densidad y la menor densidad.								
<u>Mínimo</u> : Menor densidad de la muestra.	205.02	75.84	53.83	12.61	62.54	51.84	69.09	
<u>Máximo</u> : Mayor densidad de la muestra.	325.06	191.63	99.40	36.38	139.10	157.41	267.70	
<u>Suma</u> : Valor de la sumatoria de las densidades de la muestra.	5,509.10	3,010.27	1,589.73	530.14	2,245.37	2,492.71	4,043.55	
<u>n</u> : corresponde al número de ensayos realizados.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00

4.12.3 Absorción de las probetas

Se realizaron las medidas descriptivas de la absorción de las probetas (%) de acuerdo a los espécimen o especímenes y de acuerdo a los ensayos realizados.

Tabla 97.

Medidas descriptivas de la absorción de las probetas.

Ensayos de Absorción (%)	Espécimen 1 Cemento al 20 % CC	Espécimen 2 Cemento al 15 % CC	Espécimen 3 Cemento al 10 % CC	Espécimen 4 Cemento al 5 % CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm2	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm2	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm2
Ensayo 1 a 7 días	0.76	1.06	2.07	1.79	0.81	1.25	0.96
	1.38	1.00	2.50	1.80	0.91	1.31	1.01
	1.03	1.04	1.61	1.80	0.81	1.28	0.98
	2.08	0.97	2.52	1.80	0.86	1.34	1.02
Ensayo 2 a 14 días	0.78	1.02	1.56	1.82	0.91	1.31	1.03
	1.75	2.32	2.37	2.88	3.13	1.81	0.88
	1.84	2.58	2.36	2.87	3.23	1.80	1.27
	1.74	2.59	2.32	2.83	3.39	1.61	3.64
Ensayo 3 a 28 días	1.85	2.73	2.33	2.84	3.48	1.63	3.26
	1.76	2.70	2.32	2.83	3.31	1.67	3.21
	2.00	2.86	2.31	2.82	4.08	3.97	0.78
	2.09	3.06	2.36	2.86	3.21	3.71	0.89
Ensayo 4 a 56 días	2.07	2.93	2.25	2.76	3.36	3.97	2.31
	2.11	3.00	2.41	2.92	3.88	3.85	1.70
	2.13	3.12	2.20	2.70	3.53	3.71	2.31
	0.62	1.90	1.84	2.25	2.71	3.20	3.25
PROM.	1.22	1.43	2.16	2.10	1.79	3.00	3.43
	1.31	1.83	1.77	2.25	2.65	1.46	3.23
	1.64	1.46	2.23	1.74	1.77	1.83	4.04
	1.56	1.53	1.64	2.54	2.18	1.68	2.70
	1.59	2.06	2.16	2.41	2.50	2.27	2.09

Tabla 98.

Medidas descriptivas de la ensayos de absorción (%) de acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.

Medidas Descriptivas de la Ensayos de Absorción (%) de acuerdo a los Espécimen o Especímenes en los cuatro Ensayos realizados.	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
<u>Media</u> : Promedio de las densidades de las probetas.	1.59	2.06	2.16	2.41	2.50	2.27	2.09

<u>Mediana</u> : Valor central que deja un 50% de las densidades por encima de este valor y un 50% de las densidades por debajo de este valor.	1.75	2.11	2.28	2.62	2.92	1.74	2.01
<u>Moda</u> : No existen densidades que se repitan en esta categoría.	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
<u>Desviación Estándar</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir de la raíz cuadrada de la varianza de la muestra.	0.49	0.81	0.30	0.47	1.14	1.06	1.15
<u>Varianza</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir del cuadrado de la resta de las desviaciones de las densidades de los datos de la muestra con respecto a la densidad promedio de la muestra.	0.23	0.62	0.09	0.21	1.23	1.07	1.26
<u>Curtosis</u> : Si este valor es positivo la mayoría de las densidades de la muestra están muy cerca de la densidad promedio, si este valor es muy próximo a 0 la forma como se distribuyen las densidades es aproximadamente normal y si este valor es negativo la mayoría de las densidades de la muestra están muy lejos de la densidad promedio.	-0.65	-1.71	-0.42	-1.75	-1.36	-1.36	-1.67
<u>Coefficiente de Asimetría</u> : Si este valor es positivo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la izquierda, Si este valor es muy próximo a 0 la forma gráfica de las densidades de la muestra es aproximadamente normal y si este valor es negativo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la derecha.	-0.73	-0.12	-0.96	-0.37	-0.45	0.71	0.25
<u>Rango</u> : Es el valor que corresponde a la diferencia entre la mayor densidad y la menor densidad.	1.51	2.14	0.96	1.17	3.27	2.73	3.26
<u>Mínimo</u> : Menor densidad de la muestra.	0.62	0.97	1.56	1.74	0.81	1.25	0.78
<u>Máximo</u> : Mayor densidad de la muestra.	2.13	3.12	2.52	2.92	4.08	3.97	4.04
<u>Suma</u> : Valor de la sumatoria de las densidades de la muestra.	31.73	41.13	43.13	48.20	49.99	45.39	41.90
<u>n</u> : corresponde al número de ensayos realizados.	20	20	20	20	20	20	20

4.12.4 Porosidad abierta de las probetas

Se realizaron análisis medidas descriptivas de la porosidad abierta de las probetas (%) de acuerdo a los espécimen o especímenes y de acuerdo a los ensayos realizados.

Tabla 99.

Medidas descriptivas de la porosidad abierta de las probetas.

Porosidad Abierta (%)	Especimen 1 Cemento al 20 % CC	Especimen 2 Cemento al 15 % CC	Especimen 3 Cemento al 10 % CC	Especimen 4 Cemento al 5 % CC	Especimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Especimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Especimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1 a 7 días	1.34	1.54	3.00	2.91	2.13	2.29	1.89
	2.42	1.49	3.63	2.98	2.61	2.52	1.86
	1.82	1.51	2.33	2.92	2.14	2.34	1.94
	3.62	1.44	3.68	2.97	2.39	2.59	1.90
	1.39	1.52	2.27	2.97	2.60	2.41	2.00
Ensayo 2 a 14 días	2.84	3.26	3.43	4.69	8.24	3.31	1.80
	3.09	3.87	3.42	4.67	9.21	3.28	2.56
	2.80	3.55	3.36	4.59	8.39	2.92	6.82
	3.13	3.77	3.37	4.60	8.67	2.95	6.20
	2.88	4.09	3.36	4.61	9.49	3.04	6.09
Ensayo 3 a 28 días	3.49	4.20	3.33	4.57	9.90	6.52	1.52
	3.67	4.58	3.47	4.73	8.21	6.62	1.73
	3.58	4.29	3.26	4.49	9.41	6.53	4.38
	3.65	4.48	3.54	4.81	9.32	6.60	3.26
	3.73	4.63	3.22	4.44	9.98	6.60	4.39
Ensayo 4 a 56 días	1.11	2.78	2.68	3.69	7.22	5.76	6.16
	2.20	2.15	3.16	3.45	4.97	5.39	6.48
	2.19	2.68	2.56	3.67	7.06	2.55	6.09
	2.92	2.21	3.25	2.87	4.93	3.24	7.55
	2.55	2.25	2.38	4.12	5.90	2.93	5.13
PROMEDIO	2.72	3.01	3.13	3.94	6.64	4.02	3.99

Tabla 100.

Medidas descriptivas de la porosidad abierta (%) de acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.

Medidas Descriptivas de la Porosidad Abierta (%) de acuerdo a los Especimen o Especímenes en los cuatro Ensayos realizados.	Especimen 1 Cemento al 20% CC	Especimen 2 Cemento al 15% CC	Especimen 3 Cemento al 10% CC	Especimen 4 Cemento al 5% CC	Especimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Especimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Especimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
<u>Media</u> : Promedio de las densidades de las probetas.	2.72	3.01	3.13	3.94	6.64	4.02	3.99
<u>Mediana</u> : Valor central que deja un 50% de las densidades por encima de este valor y un 50% de las densidades por debajo de este valor.	2.86	3.02	3.29	4.28	7.71	3.14	3.82
<u>Moda</u> : No existen densidades que se repitan en esta categoría.	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
<u>Desviación Estándar</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir de la raíz cuadrada de la varianza de la muestra.	0.83	1.18	0.44	0.77	2.92	1.76	2.14

<u>Varianza</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir del cuadrado de la resta de las desviaciones de las densidades de los datos de la muestra con respecto a la densidad promedio de la muestra.	0.66	1.33	0.19	0.56	8.08	2.93	4.34
<u>Curtosis</u> : Si este valor es positivo la mayoría de las densidades de la muestra están muy cerca de la densidad promedio, si este valor es muy próximo a 0 la forma como se distribuyen las densidades es aproximadamente normal y si este valor en negativo la mayoría de las densidades de la muestra están muy lejos de la densidad promedio.	-0.71	-1.63	-0.44	-1.74	-1.35	-1.49	-1.70
<u>Coefficiente de Asimetría</u> : Si este valor es positivo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la izquierda, Si este valor es muy próximo a 0 la forma gráfica de las densidades de la muestra es aproximadamente normal y si este valor en negativo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la derecha.	-0.57	-0.06	-0.94	-0.36	-0.53	0.67	0.24
<u>Rango</u> : Es el valor que corresponde a la diferencia entre la mayor densidad y la menor densidad.	2.62	3.18	1.41	1.94	7.85	4.32	6.02
<u>Mínimo</u> : Menor densidad de la muestra.	1.11	1.44	2.27	2.87	2.13	2.29	1.52
<u>Máximo</u> : Mayor densidad de la muestra.	3.73	4.63	3.68	4.81	9.98	6.62	7.55
<u>Suma</u> : Valor de la sumatoria de las densidades de la muestra.	54.41	60.29	62.70	78.76	132.77	80.37	79.75
<u>n</u> : corresponde al número de ensayos realizados.	20	20	20	20	20	20	20

4.12.5 Costo unitario por m³ de concreto

Se realizó el cálculo para las medidas descriptivas del costo unitario por m³ de concreto (S/) de acuerdo a los espécimen o especímenes y de acuerdo a los ensayos realizados.

Tabla 101.

Medidas descriptivas del costo unitario por m³ de concreto

Costo Unitario por m ³ de Concreto (S/)	Espécimen 1 Cemento al 20 % CC	Espécimen 2 Cemento al 15 % CC	Espécimen 3 Cemento al 10 % CC	Espécimen 4 Cemento al 5 % CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
Ensayo 1 a 7 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
Ensayo 2 a 14 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66

Ensayo 3 a	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
28 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
Ensayo 4 a	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
56 días	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
	S/. 344.06	S/. 287.80	S/. 232.60	S/. 177.01	S/. 294.19	S/. 314.79	S/. 351.66
PROM.	344.06	287.8	232.6	177.01	294.19	314.79	351.66

Tabla 102.

Medidas descriptivas de la costó unitario por m3 de concreto (S/) de a acuerdo a los espécimen o especímenes en los cuatro ensayos realizados.

Medidas Descriptivas de la Costo Unitario por m3 de Concreto (S/) de a acuerdo a los Espécimen o Especímenes en los cuatro Ensayos realizados.	Espécimen 1 Cemento al 20% CC	Espécimen 2 Cemento al 15% CC	Espécimen 3 Cemento al 10% CC	Espécimen 4 Cemento al 5% CC	Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²
<u>Media</u> : Promedio de las densidades de las probetas.	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
<u>Mediana</u> : Valor central que deja un 50% de las densidades por encima de este valor y un 50% de las densidades por debajo de este valor.	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
<u>Moda</u> : No existen densidades que se repitan en esta categoría.	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
<u>Desviación Estándar</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir de la raíz cuadrada de la varianza de la muestra.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<u>Varianza</u> : Valor que corresponde a la dispersión de las densidades calculado a partir del cuadrado de la resta de las desviaciones de las densidades de los datos de la muestra con respecto a la densidad promedio de la muestra.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<u>Curtósis</u> : Si este valor es positivo la mayoría de las densidades de la muestra están muy cerca de la densidad promedio, si este valor es muy próximo a 0 la forma como se distribuyen las densidades es aproximadamente normal y si este valor en negativo la mayoría de las densidades de la muestra están muy lejos de la densidad promedio.	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

<u>Coefficiente de Asimetría:</u> Si este valor es positivo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la izquierda, Si este valor es muy próximo a 0 la forma gráfica de las densidades de la muestra es aproximadamente normal y si este valor en negativo la forma gráfica de las densidades de la muestra tiende a agruparse más hacia la derecha.	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
<u>Rango:</u> Es el valor que corresponde a la diferencia entre la mayor densidad y la menor densidad.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<u>Mínimo:</u> Menor densidad de la muestra.	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
<u>Máximo:</u> Mayor densidad de la muestra.	344.06	287.80	232.60	177.01	294.19	314.79	351.66
<u>Suma:</u> Valor de la sumatoria de las densidades de la muestra.	6,881.20	5,756.00	4,652.00	3,540.20	5,883.80	6,295.80	7,033.12
<u>n:</u> corresponde al número de ensayos realizados.	20	20	20	20	20	20	20

4.13 Prueba TUKEY

4.13.1 Densidad de las probetas

Determinación si hay diferencias estadísticas significativas en la densidad de las probetas (kg/m³) de acuerdo al espécimen utilizado y cuales tienen mayor magnitud con respecto a otros.

Las hipótesis estadísticas de trabajo planteadas fueron:

H₀: No hay diferencia en la densidad de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

H₁: En al menos uno de los casos hay diferencia en la densidad de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Tabla 103.

Prueba TUKEY de la densidad de las probetas.

Densidad (kg/m ³)	ANÁLISIS DE VARIANZA UN FACTOR			
	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grupos				
Espécimen 1 Cemento al 20% CC	20	47,095.02	2,354.75	1,236.32
Espécimen 2 Cemento al 15% CC	20	45,987.63	2,299.38	2,152.78
Espécimen 3 Cemento al 10% CC	20	46,021.90	2,301.10	1,720.21
Espécimen 4 Cemento al 5% CC	20	45,326.01	2,266.30	2,808.54
Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	20	44,283.24	2,214.16	1,775.26
Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	20	44,659.76	2,232.99	5,092.04
Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²	20	45,594.41	2,279.72	4,418.87

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	262434.5138	6	43739.08563	15.94319	9.44083E-14	2.1674232
Dentro de los grupos	364876.5211	133	2743.432489			
Total	627311.0348	139				

Dado que $F = 15,94 > \text{Valor crítico para } F = 2,167$; se acepta a H_1

Se concluye que en al menos uno de los casos hay diferencia significativa ($\alpha = 0,05$) en la densidad de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Se calculan los parámetros de la prueba TUKEY para analizar cuales densidades son mayores con respecto a las demás.

Vc Tabla Tukey =	4.25
Mse =	2743.43
n =	20
HSD =	49.78

Promedios Espécimen	Promedio C ₁	Promedio C ₂	Promedio C ₃	Promedio C ₄	Promedio C ₅	Promedio C ₆	Promedio C ₇
Promedio C ₁		55.37	53.66	88.45	140.59	121.76	75.03
Promedio C ₂	-55.37		-1.71	33.08	85.22	66.39	19.66
Promedio C ₃	-53.66	1.71		34.79	86.93	68.11	21.37
Promedio C ₄	-88.45	-33.08	-34.79		52.14	33.31	-13.42
Promedio C ₅	-140.59	-85.22	-86.93	-52.14		-18.83	-65.56
Promedio C ₆	-121.76	-66.39	-68.11	-33.31	18.83		-46.73
Promedio C ₇	-75.03	-19.66	-21.37	13.42	65.56	46.73	

HSD =	49.78
-------	-------

4.13.1.1 Conclusiones.

- La densidad del cemento al 20% CC supera significativamente a la densidad del cemento al 15% CC
- La densidad del cemento al 20% CC supera significativamente a la densidad del cemento al 10% CC
- La densidad del cemento al 20% CC supera significativamente a la densidad del cemento al 5% CC
- La densidad del cemento al 20% CC supera significativamente a la densidad del concreto 175 kg/cm²
- La densidad del cemento al 20% CC supera significativamente a la densidad del concreto 210 kg/cm²
- La densidad del Cemento al 20% CC supera significativamente a la densidad del Concreto 280 kg/cm²

- La densidad del cemento al 15% CC supera significativamente a la densidad del concreto 175 kg/cm²
- La densidad del cemento al 15% CC supera significativamente a la densidad del concreto 210 kg/cm²
- La densidad del cemento al 10% CC supera significativamente a la densidad del concreto 175 kg/cm²
- La densidad del cemento al 10% CC supera significativamente a la densidad del concreto 210 kg/cm²
- La densidad del cemento al 5% CC supera significativamente a la densidad del concreto 175 kg/cm²
- La densidad del concreto 280 kg/cm² supera significativamente a la densidad del concreto 175 kg/cm²

En las casillas en blanco de la tabla promedios espécimen no hay diferencias significativas de la densidad (kg/m³) entre un espécimen de las filas con un espécimen de las columnas.

4.13.2 Resistencia de las Probetas

Determinación si hay diferencias estadísticas significativas en la resistencia de las probetas (kg/cm²) de acuerdo al espécimen utilizado y cuales tienen mayor magnitud con respecto a otros.

Las hipótesis estadísticas de trabajo planteadas fueron:

H₀: No hay diferencia en la resistencia de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

H₁: En al menos uno de los casos hay diferencia en la resistencia de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Tabla 104.
Prueba TUKEY de la resistencia de las probetas.

Resistencia (kg/cm ²)	ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR			
	Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
Espécimen 1 Cemento al 20% CC	20	5509.10	275.45	1538.71
Espécimen 2 Cemento al 15% CC	20	3010.27	150.51	1446.40
Espécimen 3 Cemento al 10% CC	20	1589.73	79.49	195.19
Espécimen 4 Cemento al 5% CC	20	530.14	26.51	71.83
Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	20	2245.37	112.27	647.13
Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	20	2492.71	124.64	1168.84
Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²	20	4043.55	202.18	5714.23

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	797214.55	6	132869.09	86.26	2.09484E-43	2.17
Dentro de los grupos	204864.32	133	1540.33			
Total	1002078.87	139				

Dado que $F = 86.26 > \text{Valor crítico para } F = 2,17$; se acepta a H_1

Se concluye que en al menos uno de los casos hay diferencia significativa ($\alpha = 0,05$) en la resistencia de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Se calculan los parámetros de la prueba TUKEY para analizar cuales resistencias son mayores con respecto a las demás.

Vc Tabla Tukey =	4.25
Mse =	1540.33
n =	20
HSD =	37.30

Promedios Espécimen	Promedio C ₁	Promedio C ₂	Promedio C ₃	Promedio C ₄	Promedio C ₅	Promedio C ₆	Promedio C ₇
Promedio C ₁		124.94	195.97	248.95	163.19	150.82	73.28
Promedio C ₂	-124.94		71.03	124.01	38.24	25.88	-51.66
Promedio C ₃	-195.97	-71.03		52.98	-32.78	-45.15	-122.69
Promedio C ₄	-248.95	-124.01	-52.98		-85.76	-98.13	-175.67
Promedio C ₅	-163.19	-38.24	32.78	85.76		-12.37	-89.91
Promedio C ₆	-150.82	-25.88	45.15	98.13	12.37		-77.54
Promedio C ₇	-73.28	51.66	122.69	175.67	89.91	77.54	

HSD =	37.30
-------	-------

4.13.2.1 Conclusiones

- La resistencia del cemento al 20% CC supera significativamente a la resistencia del cemento al 15% CC.
- La resistencia del cemento al 20% CC supera significativamente a la resistencia del cemento al 10% CC.
- La resistencia del cemento al 20% CC supera significativamente a la resistencia del cemento al 5% CC.
- La resistencia del cemento al 20% CC supera significativamente a la resistencia del concreto 175 kg/cm².
- La resistencia del cemento al 20% CC supera significativamente a la resistencia del concreto 210 kg/cm².

- La resistencia del cemento al 20% CC supera significativamente a la resistencia del concreto 280 kg/cm².
- La resistencia del cemento al 15% CC supera significativamente a la resistencia del cemento al 10% CC.
- La resistencia del cemento al 15% CC supera significativamente a la resistencia del cemento al 5% CC.
- La resistencia del cemento al 15% CC supera significativamente a la resistencia del concreto 175 kg/cm².
- La resistencia del cemento al 10% CC supera significativamente a la resistencia del cemento al 5% CC.
- La resistencia del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del cemento al 5% CC.
- La resistencia del concreto 210 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del cemento al 10% CC.
- La resistencia del concreto 210 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del cemento al 5% CC.
- La resistencia del concreto 280 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del cemento al 15% CC.
- La resistencia del concreto 280 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del cemento al 10% CC.
- La resistencia del concreto 280 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del cemento al 5% CC.
- La resistencia del concreto 280 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del concreto 175 kg/cm².
- La resistencia del concreto 280 kg/cm² supera significativamente a la resistencia del concreto 210 kg/cm².

En las casillas en blanco de la tabla promedios espécimen no hay diferencias significativas de la resistencia (kg/cm²) entre un espécimen de las filas con un espécimen de las columnas.

4.13.3. Absorción de las probetas

Determinación si hay diferencias estadísticas significativas en la absorción de las probetas (%) de acuerdo al espécimen utilizado y cuales tienen mayor magnitud con respecto a otros.

Las hipótesis estadísticas de trabajo planteadas fueron:

H_0 : No hay diferencia en la absorción de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

H_1 : En al menos uno de los casos hay diferencia en la absorción de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Tabla 105.
Prueba TUKEY de la absorción de las probetas.

Absorción (%)		ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Espécimen 1 Cemento al 20% CC	20	31.73	1.59	0.24		
Espécimen 2 Cemento al 15% CC	20	41.13	2.06	0.65		
Espécimen 3 Cemento al 10% CC	20	43.13	2.16	0.09		
Espécimen 4 Cemento al 5% CC	20	48.20	2.41	0.22		
Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	20	49.99	2.50	1.30		
Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	20	45.39	2.27	1.13		
Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²	20	41.90	2.09	1.32		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10.66	6	1.78	2.51	0.02	2.17
Dentro de los grupos	94.16	133	0.71			
Total	104.82	139				

Dado que $F = 2.51 >$ Valor crítico para $F = 2,17$; se acepta a H_1

Se concluye que en al menos uno de los casos hay diferencia significativa ($\alpha = 0,05$) en la absorción de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Se calculan los parámetros de la prueba TUKEY para analizar cuales ensayos de absorción de las probetas son mayores con respecto a las demás

Vc Tabla Tukey =	4.25
Mse =	0.71
n =	20
HSD =	0.80

Promedios Especimen	Promedio C ₁	Promedio C ₂	Promedio C ₃	Promedio C ₄	Promedio C ₅	Promedio C ₆	Promedio C ₇
Promedio C ₁		-0.47	-0.57	-0.82	-0.91	-0.68	-0.51
Promedio C ₂	0.47		-0.10	-0.35	-0.44	-0.21	-0.04
Promedio C ₃	0.57	0.10		-0.25	-0.34	-0.11	0.06
Promedio C ₄	0.82	0.35	0.25		-0.09	0.14	0.32
Promedio C ₅	0.91	0.44	0.34	0.09		0.23	0.40
Promedio C ₆	0.68	0.21	0.11	-0.14	-0.23		0.17
Promedio C ₇	0.51	0.04	-0.06	-0.32	-0.40	-0.17	

HSD =	0.80
-------	------

4.13.3.1. Conclusiones

- La absorción del cemento al 5 % CC supera significativamente a la absorción del cemento al 20% CC.
- La absorción del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la absorción del cemento al 20% CC.

En las casillas en blanco de la tabla promedios espécimen no hay diferencias significativas de la absorción (%) entre un espécimen de las filas con un espécimen de las columnas.

4.13.4. Porosidad abierta de las probetas

Determinación si hay diferencias estadísticas significativas en la porosidad abierta (%) de acuerdo al espécimen utilizado y cuales tienen mayor magnitud con respecto a otros.

Las hipótesis estadísticas de trabajo planteadas fueron:

H₀: No hay diferencia en la porosidad abierta de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

H₁: En al menos uno de los casos hay diferencia en la porosidad abierta de las probetas de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Tabla 106.

Prueba TUKEY de la porosidad abierta de las probetas

Porosidad Abierta (%)	ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR			
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Espécimen 1 Cemento al 20% CC	20	54.41	2.72	0.69
Espécimen 2 Cemento al 15% CC	20	60.29	3.01	1.40
Espécimen 3 Cemento al 10% CC	20	62.70	3.13	0.20
Espécimen 4 Cemento al 5% CC	20	78.76	3.94	0.59
Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	20	132.77	6.64	8.51
Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	20	80.37	4.02	3.08
Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²	20	79.75	3.99	4.57

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	205.58	6	34.26	12.60	0.00	2.17
Dentro de los grupos	361.66	133	2.72			
Total	567.24	139				

Dado que $F = 12.,60 > \text{Valor crítico para } F = 2,17$; se acepta a H_1

Se concluye que en al menos uno de los casos hay diferencia significativa ($\alpha = 0,05$) en la porosidad abierta de la probeta de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Se calculan los parámetros de la prueba TUKEY para analizar cuales porosidades abierta son mayores con respectos a las demás.

Vc Tabla Tukey =	4.25
Mse =	2.72
n =	20
HSD =	1.57

Promedios Especimen	Promedio C ₁	Promedio C ₂	Promedio C ₃	Promedio C ₄	Promedio C ₅	Promedio C ₆	Promedio C ₇
Promedio C ₁		-0.29	-0.41	-1.22	-3.92	-1.30	-1.27
Promedio C ₂	0.29		-0.12	-0.92	-3.62	-1.00	-0.97
Promedio C ₃	0.41	0.12		-0.80	-3.50	-0.88	-0.85
Promedio C ₄	1.22	0.92	0.80		-2.70	-0.08	-0.05
Promedio C ₅	3.92	3.62	3.50	2.70		2.62	2.65
Promedio C ₆	1.30	1.00	0.88	0.08	-2.62		0.03
Promedio C ₇	1.27	0.97	0.85	0.05	-2.65	-0.03	

HSD =	1.57
-------	------

4.13.4.1 Conclusiones

- La porosidad abierta del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la porosidad abierta del cemento al 20% CC.
- La porosidad abierta del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la porosidad abierta del cemento al 15% CC.
- La porosidad abierta del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la porosidad abierta del cemento al 10% CC.
- La porosidad abierta del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la porosidad abierta del cemento al 5% CC.
- La porosidad abierta del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la porosidad abierta del concreto 210 kg/cm².
- La porosidad abierta del concreto 175 kg/cm² supera significativamente a la porosidad abierta del concreto 280 kg/cm².

En las casillas en blanco de la tabla promedios espécimen no hay diferencias significativas de la porosidad abierta (%) entre un espécimen de las filas con un espécimen de las columnas.

4.13.5 Costo unitario por m³ de concreto

Determinación si hay diferencias estadísticas significativas en el costo unitario por m³ de concreto (s/) de acuerdo al espécimen utilizado y cuales tienen mayor magnitud con respecto a otros.

Las hipótesis estadísticas de trabajo planteadas fueron:

H₀: No hay diferencia en el costo unitario por m³ de concreto (s/) de acuerdo al espécimen en los ensayos.

H₁: En al menos uno de los casos hay diferencia en el costo unitario por m³ de concreto (s/) de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Tabla 107.

Prueba TUKEY del costo unitario por m³ de concreto

Costo Unitario por m ³ de Concreto (S/)	ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR				
	Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Espécimen 1 Cemento al 20% CC	20	6,881.20	344.06	3.06111E-26	
Espécimen 2 Cemento al 15% CC	20	5,756.00	287.80	3.40124E-27	
Espécimen 3 Cemento al 10% CC	20	4,652.00	232.60	0	
Espécimen 4 Cemento al 5% CC	20	3,540.20	177.01	7.65278E-27	
Espécimen 5 Concreto 175 kg/cm ²	20	5,883.80	294.19	1.36049E-26	
Espécimen 6 Concreto 210 kg/cm ²	20	6,295.80	314.79	0	
Espécimen 7 Concreto 280 kg/cm ²	20	7,033.20	351.66	1.36049E-26	

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	466235.1554	6	77705.85924	7.89751E+30	0	2.167423231	
Dentro de los grupos	1.30863E-24	133	9.83929E-27				
Total	466235.1554	139					

Dado que $F = 7.89751E+30$ Valor crítico para $F = 2,167$; se acepta a H₁

Se concluye que en al menos en uno de los casos hay diferencia significativa ($\alpha = 0,05$) en el costo unitario por m³ de concreto (s/) de acuerdo al espécimen en los ensayos.

Se calculan los parámetros de la prueba TUKEY para analizar cuales costos unitarios por m³ de concreto (s/) son mayores con respecto a las demás.

Vc Tabla Tukey =	4.25
Mse =	9.84E-27
n =	20
HSD =	9.43E-14

Promedios Espécimen	Promedio C ₁	Promedio C ₂	Promedio C ₃	Promedio C ₄	Promedio C ₅	Promedio C ₆	Promedio C ₇
Promedio C ₁		56.26	111.46	167.05	49.87	29.27	-7.60
Promedio C ₂	-56.26		55.20	110.79	-6.39	-26.99	-63.86
Promedio C ₃	-111.46	-55.20		55.59	-61.59	-82.19	-119.06
Promedio C ₄	-167.05	-110.79	-55.59		-117.18	-137.78	-174.65
Promedio C ₅	-49.87	6.39	61.59	117.18		-20.60	-57.47
Promedio C ₆	-29.27	26.99	82.19	137.78	20.60		-36.87
Promedio C ₇	7.60	63.86	119.06	174.65	57.47	36.87	

HSD =	9.43E-14
-------	----------

4.13.5.1 Conclusiones

- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 20% cc supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 15% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 20% CC supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 10% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 20% CC supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 5% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 20% CC supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del concreto 175 kg/cm².
- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 20% CC supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del concreto 210 kg/cm².
- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 15% CC supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 10% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 15% CC supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 5% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del cemento al 10% CC supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 5% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 175 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 15% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 175 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 10% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 175 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 5% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 210 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 15% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 210 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 10% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 210 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 5% CC.

- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 210 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del concreto 210 kg/cm².
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 270 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 20% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 270 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 15% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 270 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 10% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 270 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del cemento al 5% CC.
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 270 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del concreto 175 kg/cm².
- El costo unitario por m³ (s/) del concreto 270 kg/cm² supera significativamente al costo unitario por m³ (s/) del concreto 210 kg/cm².

En las casillas en blanco de la tabla promedios espécimen no hay diferencias significativas del costo unitario por m³ (s/) entre un espécimen de las filas con un espécimen de las columnas.

4.14 Resumen del análisis Estadístico.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO		DENSIDAD		RESISTENCIA		ABSORCIÓN		POROSIDAD ABIERTA		COSTOS	
		Prob. /HS	Interpretación	Prob. /HS	Interpretación	Prob. /HS	Interpretación	Prob. /HS	Interpretación	Prob. /HS	Interpretación
Prueba ANOVA	Ensayo	0.82526618	No hay diferencia estadística significativa de la Densidad Obtenida de acuerdo al Tipo de Ensayo Realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).	1.2956E-54	Existe una diferencia estadística significativa de la Resistencia Obtenida de acuerdo al Tipo de Ensayo Realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).	1.36E-28	Existe una diferencia estadística significativa de la Absorción Obtenida de acuerdo al Tipo de Ensayo Realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).	2.03E-29	Existe una diferencia estadística significativa de la Porosidad Abierta Obtenida de acuerdo al Tipo de Ensayo Realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta).	-	Diferencia estadística significativa del Costo Unitario por m3 de Concreto (S/) de acuerdo al Tipo de Ensayo Realizado (No Aplica).
	Espécimen	5.1258E-14	Existe una diferencia estadística significativa de la Densidad Obtenida de acuerdo al Espécimen Utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).	1.315E-93	Existe una diferencia estadística significativa de la Resistencia Obtenida de acuerdo al Espécimen Utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).	6.87E-10	Existe una diferencia estadística significativa de la Absorción Obtenida de acuerdo al Espécimen Utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).	4.29E-34	Existe una diferencia estadística significativa de la Porosidad Abierta Obtenida de acuerdo al Espécimen Utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).	0	Existe una diferencia estadística significativa del Costo Unitario por m3 de Concreto (S/) de acuerdo al Espécimen Utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).
	Interacción entre Ensayo y Espécimen	0.04903653	Existe diferencia estadística significativa de la Densidad Obtenida de acuerdo a la interacción del Tipo de Ensayo Realizado y el Espécimen Utilizado .	6.1178E-29	Existe una diferencia estadística significativa de la Resistencia Obtenida de acuerdo a la interacción del Tipo de Ensayo Realizado y el Espécimen Utilizado .	4.82E-20	Existe una diferencia estadística significativa de la Absorción Obtenida de acuerdo a la interacción del Tipo de Ensayo Realizado y el Espécimen Utilizado .	4.32E-24	Existe una diferencia estadística significativa de la Porosidad Abierta Obtenida de acuerdo a la interacción del Tipo de Ensayo Realizado y el Espécimen Utilizado .	-	Diferencia Estadística significativa del Costo Unitario por m3 de Concreto (S/) de acuerdo a la interacción del Tipo de Ensayo Realizado y el Espécimen Utilizado (No Aplica).
Prueba TUKEY	HSD =	49.78	La Densidad del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Densidad del Cemento al 15% CC .	37.30	La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Cemento al 15% CC .	0.8		1.57	La Porosidad Abierta del Concreto 175 kg/cm2 supera significativamente a la Porosidad Abierta del Cemento al 20% CC .	9.43E-14	· El Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 20% CC supera significativamente al Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 15% CC
			La Densidad del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Densidad del Cemento al 10% CC		La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Cemento al 10% CC .		· La Absorción del Cemento al 5 % CC supera significativamente a la Absorción del Cemento al 20% CC .		La Porosidad Abierta del Concreto 175 kg/cm2 supera significativamente a la Porosidad Abierta del Cemento al 15% CC .		·El Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 20% CC supera significativamente al Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 10% CC
			La Densidad del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Densidad del Cemento al 5% CC		La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Cemento al 5% CC .		La Absorción del Concreto 175 kg/cm2 supera significativamente a la Absorción del Cemento al 20% CC .		La Porosidad Abierta del Concreto 175 kg/cm2 supera significativamente a la Porosidad Abierta del Cemento al 10% CC .		· El Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 20% CC supera significativamente al Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 5% CC .
			La Densidad del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Densidad del Concreto 175 kg/cm2		La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Concreto 175 kg/cm2 .				La Porosidad Abierta del Concreto 175 kg/cm2 supera significativamente a la Porosidad Abierta del Cemento al 5% CC .		· El Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 20% CC supera significativamente al Costo Unitario por m3 (S/) del Concreto 175 kg/cm2 .
			La Densidad del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Densidad del Concreto 210 kg/cm2		La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Concreto 210 kg/cm2 .				La Porosidad Abierta del Concreto 175 kg/cm2 supera significativamente a la Porosidad Abierta del Concreto 210 kg/cm2 .		El Costo Unitario por m3 (S/) del Cemento al 20% CC supera significativamente al Costo Unitario por m3 (S/) del Concreto 280 kg/cm2 .

La Resistencia del Concreto 280 kg/cm² supera significativamente a la Resistencia del Concreto 210 kg/cm² .

La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Cemento al 15% CC .

La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Cemento al 10% CC.

La Resistencia del Cemento al 20% CC supera significativamente a la Resistencia del Cemento al 5% CC .

· El Costo Unitario por m³ (S/) del Concreto 270 kg/cm² supera significativamente al Costo Unitario por m³ (S/) del Cemento al 10% CC .

· El Costo Unitario por m³ (S/) del Concreto 270 kg/cm² supera significativamente al Costo Unitario por m³ (S/) del Cemento al 5% CC .

· El Costo Unitario por m³ (S/) del Concreto 270 kg/cm² supera significativamente al Costo Unitario por m³ (S/) del Concreto 175 kg/cm² .

· El Costo Unitario por m³ (S/) del Concreto 270 kg/cm² supera significativamente al Costo Unitario por m³ (S/) del Concreto 210 kg/cm² .

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Para la estaciones de invierno de la ciudad de Juliaca durante los meses de junio- julio y agosto del 2017, se presentaron temperaturas mínimas de **-12.2 °c** y máximas de **28 °c**, una temperatura media de **6.2 °C**, estas temperaturas influyeron directamente en la resistencia final en concretos convencionales (concreto 280 kg/cm², concreto 210 kg/cm² y concreto 175 kg/cm²), ya que ninguno de los especímenes alcanzaron las resistencias de diseño; contrario a ello las muestras de concreto compactado alcanzaron resistencias superiores y factibles para uso en pavimentación, como las muestras de C.C. al 20% de cemento , que alcanzó resistencias superiores a 280 kg/cm² y las muestras de C.C. al 15% de cemento que logró resistencias superiores a 175 kg/cm² en promedio.

Para los agregados del concreto compactado, se consideró proporciones de **40%** agregado grueso y **60%** de agregado fino, donde la gradación combinada con estos porcentajes satisface la gradación que propone el ACI 325.10R-95

El concreto compactado al ser una mezcla más seca que el concreto tradicional, su instalación es más rápida además de obtener una mezcla de alta densidad que alcanza hasta los **2305.38 kg/m³** en promedio y se reduce la absorción en **0.23%** con respecto al concreto convencional

Por su bajo contenido de agua se reduce la porosidad del concreto compactado frente a un concreto convencional en **1.68%**, al mismo tiempo mejora la durabilidad del concreto, de ello se asume que el alto contenido de agua dentro de la mezcla de concreto causa un mayor porcentaje de deterioro en la estructura interna del concreto.

Con la aplicación del concreto compactado se mejora el proceso de construcción e incrementa la vida útil del pavimento. Los resultados de resistencia a la compresión se incrementan hasta en **17.72%** en concreto compactado al 20% de cemento frente a un concreto convencional de 280 kg/cm² y se incrementa en **22.00%** en concreto compactado al 15% de cemento frente a un concreto convencional de 210 kg/cm².

Desde una perspectiva económica el empleo del concreto compactado en la construcción representa una alternativa competitiva respecto a otras que han sido comúnmente utilizadas. Ya que se reducen los costos en función a la resistencia requerida, para la ciudad de Juliaca en

estaciones de invierno donde las temperaturas son extremas. se reducen hasta en **2.21%** en concreto compactado al 20% de cemento frente a un concreto convencional de 280 kg/cm² y se reducen en **9.38%** en muestras de concreto compactado al 15% de cemento frente a un concreto convencional de 210 kg/cm² por ello el concreto compactado puede competir en economía frente a otras alternativas.

Debe considerarse que el empleo de esta tecnología es reciente y aun en los países donde ha sido frecuente su uso existen algunas interrogantes aun sobre el desempeño del mismo en lo que respecta a la presencia de fisuras y la separación entre juntas por ello es muy necesario realizar este tipo de investigación ya que es una interesante tecnología.

Del análisis estadístico se concluye que no hay diferencia estadística significativa de la densidad obtenida de acuerdo al tipo de ensayo realizado (referido al lapso de tiempo transcurrido de la probeta). Sin embargo, existe una diferencia estadística significativa de la resistencia, absorción, porosidad abierta obtenida de acuerdo al tipo de ensayo realizado (referido al lapso de tiempo de la probeta).

Que existe una diferencia estadística significativa de la densidad, resistencia, absorción, porosidad abierta, costo unitario por m³ de concreto (s/) obtenida de acuerdo al espécimen utilizado (referido al tipo de concreto utilizado para la probeta).

Existe diferencia estadística significativa de la densidad, resistencia, absorción, porosidad abierta obtenida de acuerdo a la interacción del tipo de ensayo realizado y el espécimen utilizado.

5.2 Recomendaciones

No generalizar el uso del concreto compactado. para la construcción de pavimentos ya que la experiencia aun no reúne toda la información que permita y ayude a comparar el desempeño este tipo de estructura de pavimento con la calidad de la mezcla y su proceso constructivos empleado para el mismo en función a otras alternativas tradicionalmente conocidas de pavimentos.

Al incluir fibras en la estructura interna del concreto compactado se presume que mejorarían en las propiedades mecánicas del concreto compactado.

Realizar la evaluación del concreto compactado en otras estaciones en las cuales, la temperatura es apropiada para desarrollar una resistencia adecuada.

Elaborar un tramo de prueba que retomen los valores obtenidos en esta investigación y estudiar su comportamiento en estaciones de invierno.

Hacer pruebas de dosificación con otros bancos de agregados y materiales cementantes, para la comprobación de los resultados.

Estudiar la adición de aditivos al concreto compactado, y evaluar su desempeño.

REFERENCIAS

- Aguilar Beltran, O. E., Rodriguez Mejia, E. A., & Sermenon Monge, M. J. L. (2009). *Determinación de la resistencia del concreto a edades tempranas bajo la norma ASTM C 1074, en viviendas de concreto coladas en el sitio*. Universidad de El Salvador.
- Alvarado Aguiar, J. L. (2014). *Estudio descriptivo de la tecnología del concreto compactado con rodillo y su aplicabilidad en pavimentos*. Bogotá-Colombia.
- Alvarado Glower, R. F., Díazalvarenga, G. E., & Somoza Alarreinaga, C. G. (2004). *Concreto compactado con pavimentadora como alternativa de pavimentación para la red vial de El Salvador*. Universidad de El Salvador.
- Benavides Brenes, J. C. (2005). *Bases estabilizadas (para pavimentos) utilizando tecnología del Concreto Compactado*.
- Banos Sanchez, M. O., Flores Flamenco, T. V., & Santos Fabian, E. I. (2012). *Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto compactado con rodillo, utilizando para elaboración de especímenes la mesa vibratoria de acuerdo a la norma ASTM C 1176 y el martillo vibrocompactador de acuerdo a la norma*. Universidad de El Salvador.
- Burgos Estrada, N. Gaston, & Gaston Burgos Estrada, N. (2008). *Comparación de varias estructuras de pavimentos flexibles y rígidos, sector Polpaico – la trampilla*. Universidad de Chile.
- Carrillo, A. T. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles*. Lima-Peru.
- Carrillo Vasquez, C. A., & Orellana, V. I. (2007). *Algunas consideraciones sobre aspectos relacionados con el concreto compactado con rodillo concreto compactado empleado en la construcción de pavimentos*. San Salvador, República de El Salvador.
- Enfedaque, A., Al-Assadi, G., Romero, H. L., Gálvez, J. C., Zhe, W., A. Enfedaque H. L., Romero, J. C., Gálvez Y W. Zhe, G. A.A., & A. Enfedaque, G. Al-Assadi, H.L. Romero, J. C. G. And W. Z. (2011). *Durabilidad del hormigón frente a los ciclos hielo-deshielo. Evaluación de dos tipos de hormigón. Anales de mecánica de la fractura, 2, 675–680*.
- Escalaya Advincula, M. (2011). *Diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos, 10*.
- Escalaya Advincula, M. R. (2006). *Diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. Universidad nacional de ingeniería*.
- Gonzales, F. (2013). *El concreto compactado con rodillo con materia prima en la construcción de presas, 34*.

- Guerrero Mendez, Y. A., & Palacios Garcia, M. Al. (2003). *Posibilidades de uso del concreto compactado con rodillo (concreto compactado) para construcción de pavimentos en Nicaragua*. Universidad Nacional de Ingeniería-Nicaragua.
- Marengo, H. (2013). *Consideraciones prácticas para el diseño de presas de concreto compactado con rodillo*, 7–212.
- Merlin; Flores, T. E. (2012). *Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto compactado con rodillo*, 441.
- Martínez, B. (2010). *Tecnología y Conceptos en Concreto Compactado IBRACON 2010*.
- Paez Moreno, D. F., Leal Moreno, V. E., & Restrepo Burgos, M. (2009). *Influencia de los ciclos hielo - deshielo en la resistencia del concreto (caso tunja)*. *Revista ingenierías Universidad de Medellín*, 8(42), 95–110.
- Palomares Carmona, E. M. (1998). *Características técnicas del concreto compactado con rodillo (concreto compactado)*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rocha Pitta, M. (2006). *Estado del arte de los pavimentos de concreto compactado con rodillo*. *Asociación de productores de cemento, asocem.*, 1–30.
- Romero, D., Yucra, M., Castro, M., & Vega, C. (2012). *Concreto en climas fríos*, 1–38.
- Santaella Valencia, L. E. (1999). *Comentarios sobre el concreto compactado con rodillo*, 9–23.
- The Chemical. (n.d.). *Vaciado de concreto en climas fríos*, 4.
- Torres Zirión, R. A. (2007). *Análisis comparativo de costos entre el pavimento flexible y el pavimento rígido*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES
¿Cuál es comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de su uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca?	Evaluar el comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de su uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca.	El concreto compactado alcanza mejores resistencias mecánicas en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca.	Especímenes con diferentes relaciones de agua/cemento y mejores propiedades mecánicas.
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICO	VARIABLES DEPENDIENTES
a) ¿Por qué el concreto compactado es una alternativa rentable frente a un concreto convencional, en estaciones de invierno?	a) Demostrar que el concreto compactado es una alternativa rentable frente a un concreto convencional, en estaciones de invierno.	a) Al pavimentar con concreto compactado se reduce la cantidad de cemento.	La mejora de las propiedades mecánicas y físicas del concreto (Densidad de masa, resistencia, absorción, porosidad y costo por m ³). tanto del concreto compactado y concretos convencional
b) ¿Cuál es el comportamiento estructural del concreto compactado y convencional en estaciones de invierno?	b) Analizar el comportamiento estructural del concreto compactado y convencional, en estaciones de invierno	b) El concreto compactado en estaciones de invierno, presenta un buen comportamiento estructural frente a un concreto convencional.	

Anexo B. Glosario de términos.

Aashto.

American Association of State Highway and Transportation

Absorción.

Capacidad de los materiales inertes que componen el concreto, para fijar cierto número de moléculas de agua en la superficie de sus partículas.

Aglutinante hidráulico o cementante.

Es el cementante que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena otro material similares tienen la propiedad de fraguar y formar una masa endurecida.

Agregados.

Son los materiales naturales manufacturados o artificiales que se mezcla con los cementantes para hacer morteros o concretos

Astm.

American Society for Testing and Materials.

Áridos.

Otro de los nombres con que se denomina a los agregados para el concreto

Cemento portland.

Aglutinante hidráulico producido por pulverización del Clinker y sulfatos el calcio en alguna de sus formas

Calor de hidratación.

Calor liberado por la reacción química del cemento con agua

Compactación.

Es el proceso mediante el cual se reacomodan las partículas sólidas del concreto fresco para reducir los vacíos, usualmente se realiza por vibración centrifugación, apisonado o combinación entre estos.

Concreto.

Es un material pétreo artificial, obtenido de la mezcla en porciones determinadas del cemento, agregados, agua y aditivos.

Consistencia.

Es el grado de plasticidad del cemento fresco para fluir, por lo general se la forma de medirlo es mediante el revenimiento del concreto

Contracción.

Disminución del volumen en el concreto causado por pérdida de agua cambio químico y temperatura a través del tiempo.

Curado.

Es el mantenimiento de un ambiente favorable (humedad y temperatura) para la continuación de las reacciones químicas entre el cemento y el agua dentro del concreto.

Durabilidad.

La característica del concreto de resistir la acción de la intemperie, ataque químico y sus condiciones de servicio a través del tiempo.

Peso específico.

Es el peso por unidad de volumen.

Fisura.

Abertura superficial del concreto que no tiene consecuencias estructurales

Fraguado.

La condición alcanzada por una pasta de cemento, mortero o concreto cuando pierde plasticidad en un grado arbitrario usualmente medida en términos de resistencia a la penetración o deformación

Granulometría.

La distribución de partículas de un material granular en tamaños definidos expresada en porcentaje.

Mezclado.

La acción de resolver los componentes del concreto o mortero con el fin de formar una masa homogénea.

Módulo de ruptura.

Es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensayo a flexión de una viga estándar.

Pavimento de concreto.

Una capa de concreta empleada como superficie de rodamiento para tránsito vehicular

Relación agua-cemento.

La relación en peso entre la cantidad de agua, excluyendo la absorbida por los agregados, y la cantidad de cemento empleado en la mezcla.

Resistencia.

Es la oposición que presenta un elemento a solicitaciones de fuerza que actúan en dicho elemento.

Resistencia a la compresión.

La oposición que presenta un espécimen dado bajo una carga axial, expresada como la fuerza por unidad de área recta, generalmente presentada en (kg/cm²).

Resistencia a la flexión.

Es la resistencia que presenta un elemento o miembro a solicitaciones de fuerzas combinadas de tensión y compresión.

Revenimiento.

Es una medida de la consistencia de un concreto en estado fresco

Segregación.

Es la separación de los constituyentes de un todo ordenado, de modo que la distribución de los tamaños de partículas deja de ser uniforme.

Trabajabilidad.

Es la facilidad o dificultad que presenta un concreto para colocarlo compactarlo y darle acabado superficial en función del elemento de que se trate.

Anexo C. Panel Fotográfico.



Grafico 1: Extraccion de agregados-cantera unocolla.



Grafico 2: Traslado del agregado a los laboratorios de la upeu



Grafico 3: Tamizado de los agregados



Grafico 4: Separacion de agregado por tamaños



Grafico 5: Material cementante utilizado.



Grafico 6: Granulometria de agregados

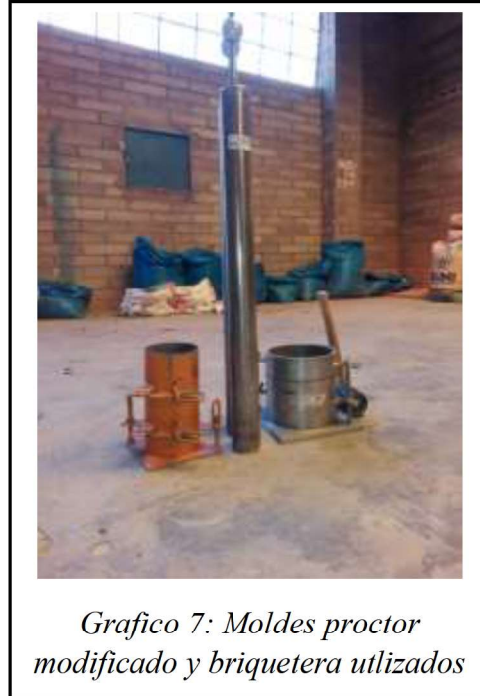


Grafico 7: Moldes proctor modificado y briquetera utilizados



Grafico 8: Diferencia de volúmenes de molde proctor y briquetera de concreto



*Grafico 9: Limpieza de
briqueteras*



*Grafico 10: Toma de dimensiones
y peso de cada molde*



Grafico 11: Mezcla de concretos convencionales



Grafico 12: Moldeo de muestras concreto convencional



Grafico 13: Determinacion de la densidad del concreto



*Grafico 14: Moldeo de Briquetas
 $f_c=280\text{kg/cm}^2$.*



Grafico 15:Elaboracion de especimenes de concretos compactados.



Grafico 16: Distribucion de cargas con placa de acero circular.



Grafico 17: Moldeo de especimenes de concreto compactado



Grafico 18: Especimenes de concreto compactado con 5% de Cemento

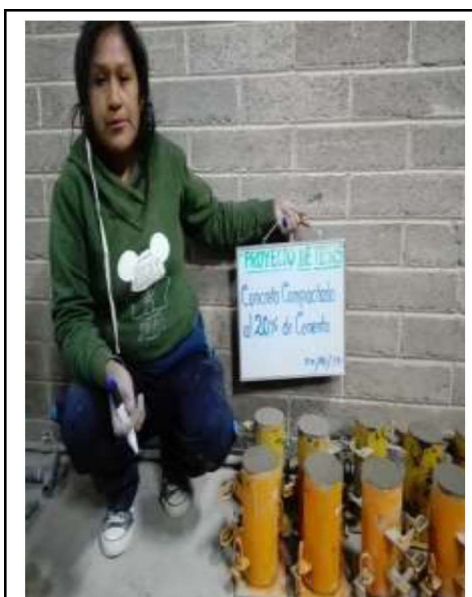


Grafico 19: Especímenes de concreto compactado con 20 % de cemento.

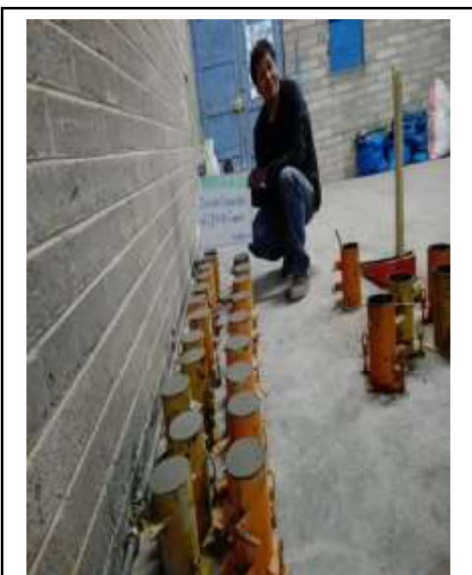


Grafico 20: Muestreo de especímenes de concreto compactado.



*Grafico 21: Ensayo de absorcion
en concretos compactados y
convencionales*



*Grafico 22: Colocacion de
especimenes a la intemperie para
curado a aspersion.*



Grafico 23: Traslado de especimenes al laboratorio para ser ensayadas



Grafico 24: Muestras antes de ser ensayas a resistencia a la compresion



Grafico 25: Ensayo a la compresion uniaxial de especimenes



Grafico 26: Tipo de fractura de los cilindros de concreto

Anexo D. Ensayo de laboratorio.



ANALISIS GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO

ASTM C136

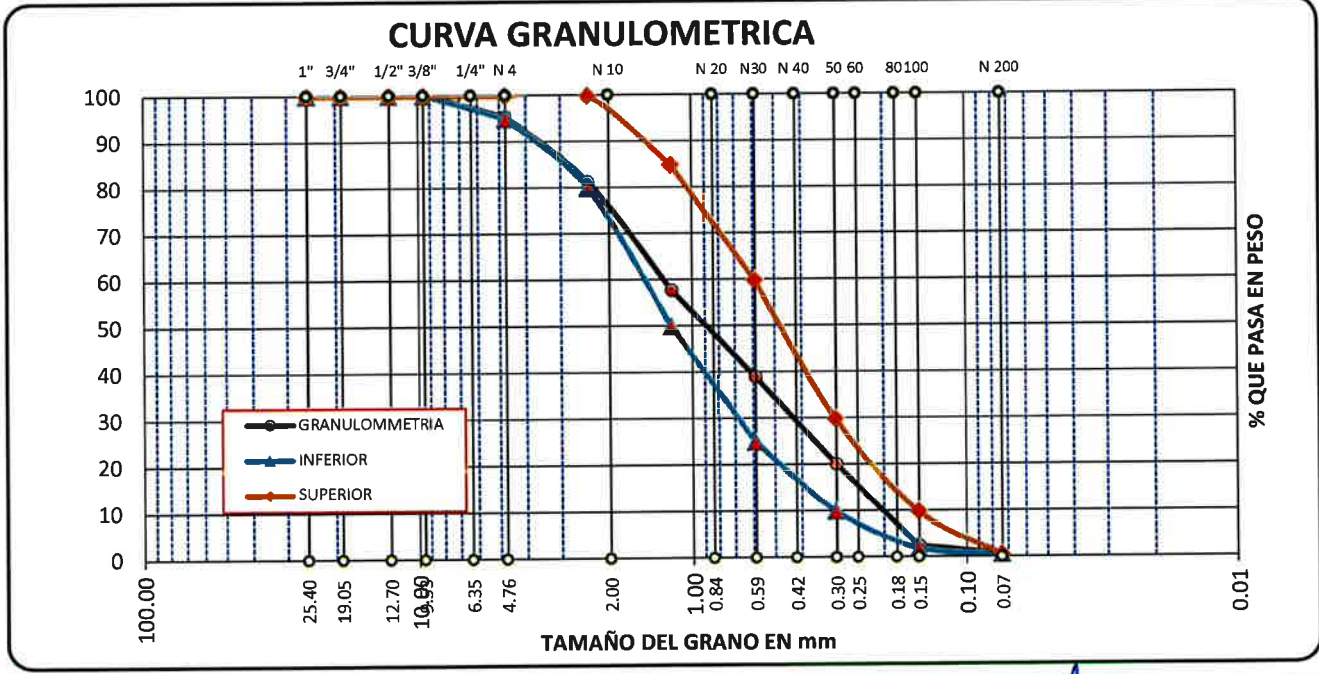
Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo **Fecha :** 16/08/2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF. (EG-2018)	
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	INF.	SUP.
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.00	100	100
1/4"	6.350				100.00	-	-
No4	4.760	4.00	4.71	4.71	95.29	95	100
No8	2.380	12.00	14.12	18.82	81.18	80	100
No10	2.000	0.00	0.00	18.82	81.18	-	-
No16	1.190	20.00	23.53	42.35	57.65	50	85
No20	0.840	0.00	0.00	42.35	57.65	-	-
No30	0.590	16.00	18.82	61.18	38.82	25	60
No 50	0.300	16.00	18.82	80.00	20.00	10	30
No100	0.149	15.00	17.65	97.65	2.35	2	10
No200	0.074	1.50	1.76	99.41	0.59		
BASE		0.50					
TOTAL		85.00					
% PERDIDA		0.59					

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
P.L.= 85.00
P.L.=
P.P.=
% W = 5.48
LIMITES DE CONSISTENCIA:
L.L.= N.P.
L.P.= N.P.
L.P.= N.P.
TAMANO :
TM = 1
TMN= 3/4
MODULO DE FINURA
AF = 3.1



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jaret Mánfred Pérez Atoche



ANALISIS GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO

ASTM C136

Tesis Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 16/08/2017

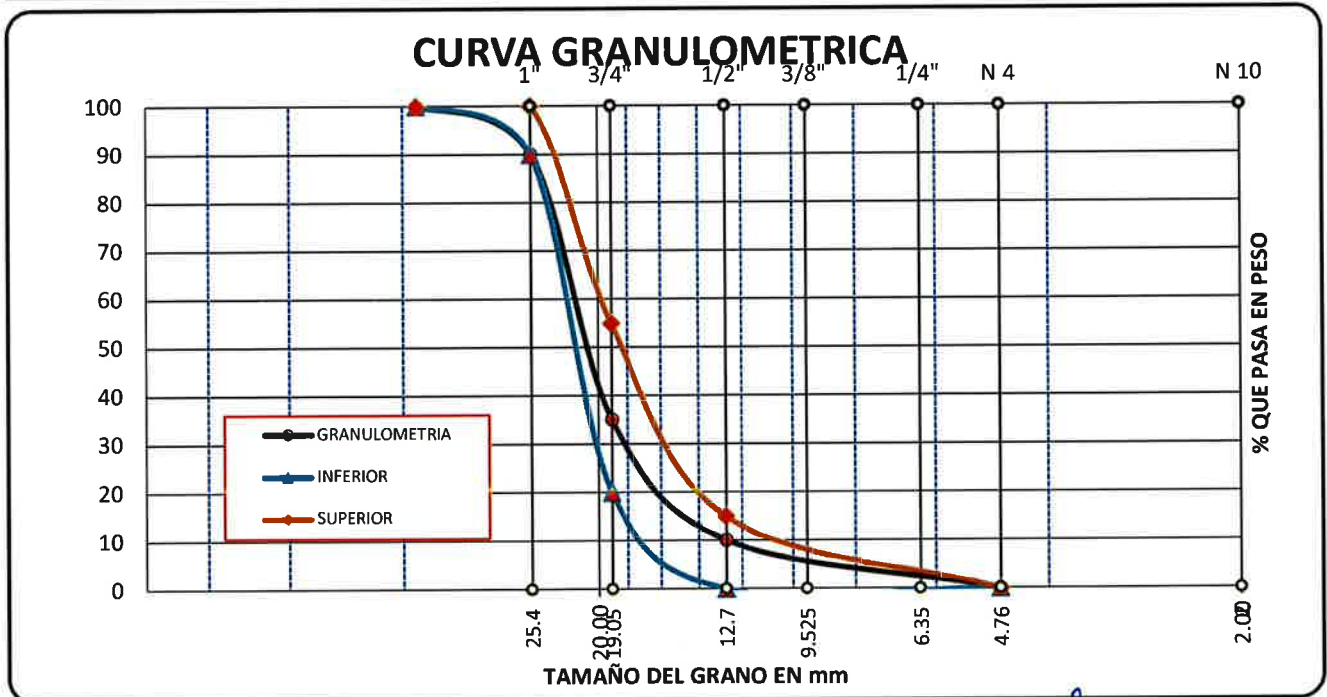
TAMICES	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. (HUSO 6)	
						Inf.	Sup.
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.050	10.00	10.00	10.00	90.00	90	100
1/2"	12.700	55.00	55.00	65.00	35.00	20	55
3/8"	9.525	25.00	25.00	90.00	10.00	0	15
No4	4.760	10.00	10.00	100.00	0.00	0	5
BASE		0.00	0.00				
TOTAL		100.00	1.77				
% PERDIDA		0					

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

P.I.= 100.00
P.L.=
P.P.=
% W = 4.59

TAMANO :
TM = 1
TMN = 3/4

MODULO DE FINURA
AG = 7



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.185; ASTM C 556

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo **Fecha:** 16/06/2017

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO			
Nro de ensayo	1	2	3
Peso de recipiente (gr)	281.00	297.00	268.00
Peso de recipiente y Muestra Humeda (gr)	1421.00	1278.00	1583.00
Peso de recipiente y Muestra seca (gr)	1367.00	1221.00	1517.00
Peso del Agua (gr)	54.00	57.00	66.00
Peso de la muestra Seca (gr)	1086.00	924.00	1249.00
Contenido de Humedad Parcial (%)	4.97%	6.17%	5.28%
Contenido de Humedad Promedio (%)	5.48%		

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GUESO			
Nro de ensayo	1	2	3
Peso de recipiente (gr)	266.00	281.00	298.00
Peso de recipiente y Muestra Humeda (gr)	1610.00	1442.00	993.00
Peso de recipiente y Muestra seca (gr)	1543.00	1394.00	965.00
Peso del Agua (gr)	67.00	48.00	28.00
Peso de la muestra Seca (gr)	1277.00	1113.00	667.00
Contenido de Humedad Parcial (%)	5.25%	4.31%	4.20%
Contenido de Humedad Promedio (%)	4.59%		

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Inet Mánfred Pérez Atoche



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

NTP 400.021; ASTM C 127 - 128

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 16/06/2017

AGREGADO FINO	
PESO DE LA MUESTRA SSS	500
PESO DE LA FIOLA	199.46
PESO DE MUESTRA SSS+ FIOLA + AGUA	987
PESO DE AGUA	287.54
PESO DE MUESTRA SECA	493
VOLUMEN DE LA FIOLA	500
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.320
PESO ESPECIFICO DE MASA SSS	2.353
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.399
ABSORCION	1.42%

AGREGADO GRUESO	
PESO DE LA MUESTRA SSS	1488
MUESTRA SSS+ CANASTILLA + AGUA (SUM A-B)	872
A-B	616
PESO MUESTRA SECA	1465
VOLUMEN DE LA MASA	593
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.378
PESO ESPECIFICO DE MASA SSS	2.416
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.470
ABSORCION	1.57%

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Rafael Manfred Pérez Atoche



PESO UNITARIO Y PORCENTAJES DE VACÍOS
ASTM D 1557

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 16/06/2017

CARACTERISTICAS DEL MOLDE

Diametro	15.222	cm
Altura	17.90	cm
Radio	7.61	cm
Volumen	3257.37	cm ³
Volumen Convertido	0.003257	m ³

AGREGADO FINO SUELTO	1	2	3
PESO DEL MOLDE	8.654	8.654	8.654
VOLUMEN DEL MOLDE	0.003257	0.003257	0.003257
PESO DEL MOLDE + MUESTRA	13.958	13.95	13.966
PESO DE LA MUESTRA	5.30	5.30	5.312
PESO UNITARIO SUELTO	1628.49	1626.04	1630.95
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO	1628.49		

AGREGADO FINO COMPACTADO	1	2	3
PESO DEL MOLDE	8.654	8.654	8.654
VOLUMEN DEL MOLDE	0.003257	0.003257	0.003257
PESO DEL MOLDE + MUESTRA	14.327	14.36	14.379
PESO DE LA MUESTRA	5.673	5.706	5.725
PESO UNITARIO SUELTO	1741.79	1751.92	1757.75
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO	1750.49		

AGREGADO GRUESO SUELTO	1	2	3
PESO DEL MOLDE	8.654	8.654	8.654
VOLUMEN DEL MOLDE	0.003257	0.003257	0.003257
PESO DEL MOLDE + MUESTRA	13.778	13.85	13.787
PESO DE LA MUESTRA	5.124	5.196	5.133
PESO UNITARIO SUELTO	1573.23	1595.33	1575.99
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO	1581.52		

AGREGADO GRUESO COMPACTADO	1	2	3
PESO DEL MOLDE	8.654	8.654	8.654
VOLUMEN DEL MOLDE	0.003257	0.003257	0.003257
PESO DEL MOLDE + MUESTRA	14.127	14.161	14.111
PESO DE LA MUESTRA	5.473	5.507	5.457
PESO UNITARIO SUELTO	1680.38	1690.82	1675.47
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO	1682.22		

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



RESISTENCIA AL DESGASTE

NTP 400.019, ASTM - C 131

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo **Fecha:** 16/06/2017

	TAMAÑO DE MALLAS		MASA ORIGINAL	MASA FINAL	MASA PERDIDA DESPUES DE 500rpm	% DE DESGASTE POR ABRASION
	PASA	RETIENE				
MAQUINA DE LOS ANGELES	(1 1/2") 38.1 mm	(1") 25.3 mm	1.250	0	-----	-----
	(1") 25.3 mm	(3/4") 19.0 mm	1.250	0	-----	-----
	(3/4") 19.0 mm	(1/2") 12.7 mm	1.250	0	-----	-----
	(1/2") 12.7 mm	(3/8") 9.5 mm	1.250	0	-----	-----
	(3/8") 9.5 mm	(N° 12) 1.70 mm	-----	0	-----	-----
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA			5.000	3.997	1.003

RES PONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jofre Manfred Pérez Atoche



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 19/06/2017

Muestra : Cluster con Cemento al 5%

Compactación

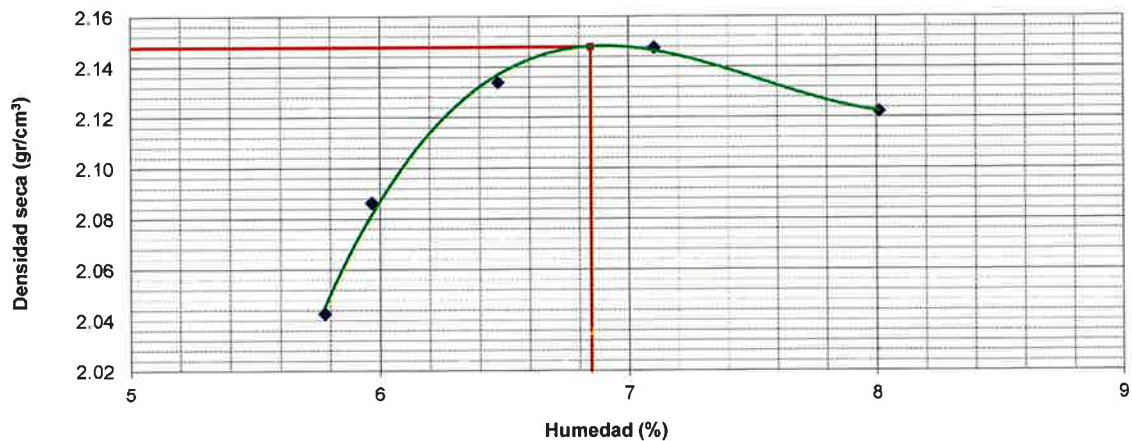
Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10573.45	10680.07	10810.5	10870.14	10853.3
Peso molde (gr.)	5974	5974	5974	5974	5974
Peso suelo compactado (gr.)	4599.45	4706.07	4836.5	4896.14	4879.3
Volumen del molde (cm ³)	2128.5	2128.5	2128.5	2128.5	2128.5
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.161	2.211	2.272	2.300	2.292

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	56.19	66.40	54.72	67.74	78.44
Tara + suelo seco (gr.)	54.78	63.98	52.95	65.36	74.50
Peso de agua (gr.)	1.41	2.42	1.77	2.38	3.94
Peso de tara (gr.)	30.45	23.50	25.57	31.87	25.37
Peso de suelo seco (gr.)	24.34	40.48	27.38	33.49	49.13
Humedad (%)	5.8	6.0	6.5	7.1	8.0
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.043	2.086	2.134	2.148	2.122

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.15
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.8

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo **Fecha :** 19/06/2017

Muestra : Cluster con Cemento al 10%

Compactación

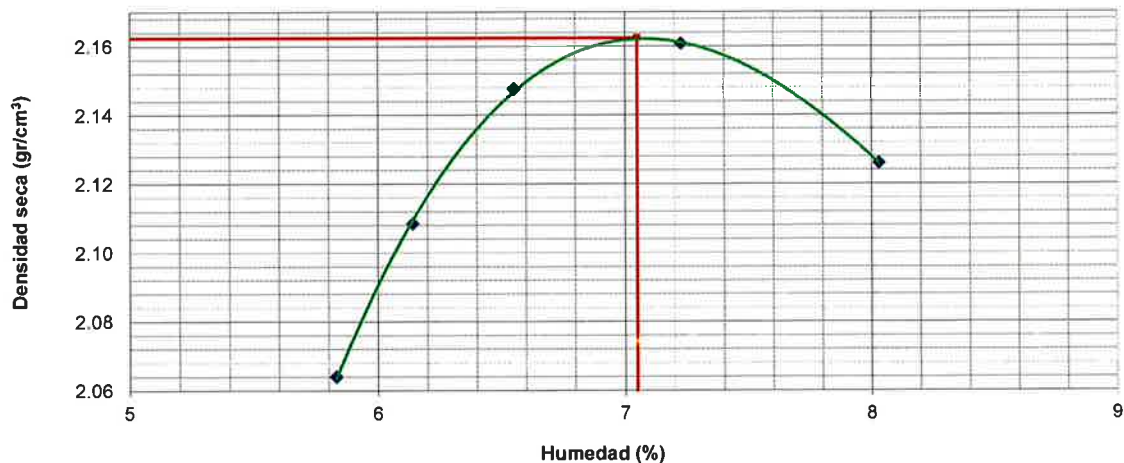
Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10623.45	10737.43	10844.48	10905.60	10862.81
Peso molde (gr.)	5974	5974	5974	5974	5974
Peso suelo compactado (gr.)	4649.45	4763.43	4870.48	4931.60	4888.81
Volumen del molde (cm ³)	2128.5	2128.5	2128.5	2128.5	2128.5
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.184	2.238	2.288	2.317	2.297

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	50.98	61.24	49.51	62.55	73.22
Tara + suelo seco (gr.)	49.56	58.75	47.72	60.13	69.27
Peso de agua (gr.)	1.42	2.49	1.79	2.42	3.95
Peso de tara (gr.)	25.22	18.27	20.34	26.64	20.14
Peso de suelo seco (gr.)	24.34	40.48	27.38	33.49	49.13
Humedad (%)	5.8	6.1	6.6	7.2	8.0
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.064	2.108	2.148	2.161	2.126

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.16
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.0

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



RESPONSABLES DEL ENSAYO

COORDINADOR DE LAB.

Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo **Fecha** : 19/06/2017

Muestra : Cluster con Cemento al 15%

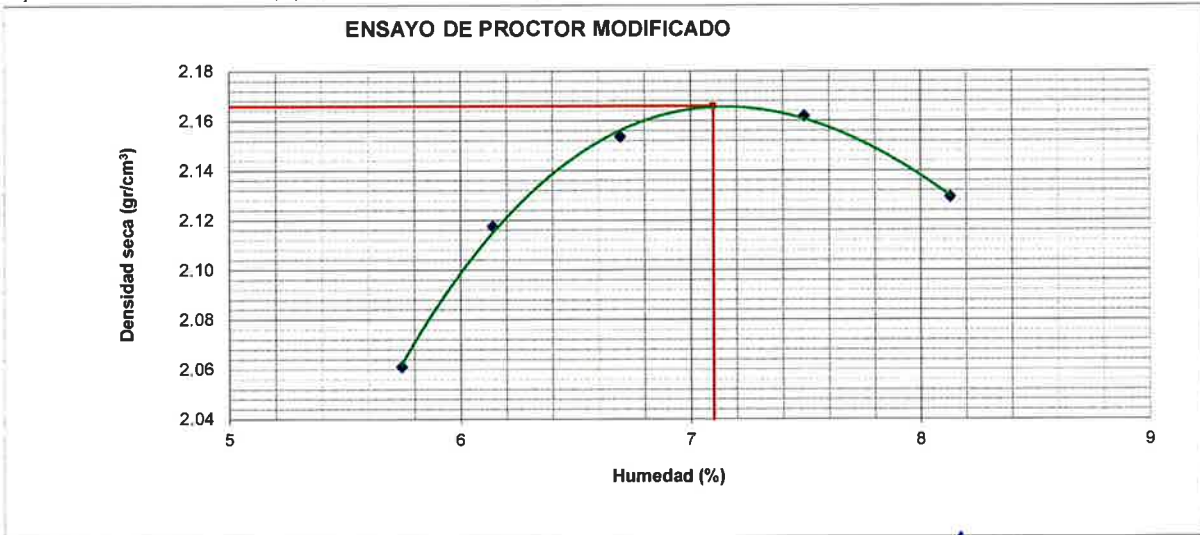
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10613	10758	10865	10920.5	10875
Peso molde (gr.)	5974	5974	5974	5974	5974
Peso suelo compactado (gr.)	4639	4784	4891	4946.5	4901
Volumen del molde (cm ³)	2128.49337	2128.49337	2128.49337	2128.49337	2128.49337
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.179	2.248	2.298	2.324	2.303

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	47.05	57.30	45.61	58.70	69.35
Tara + suelo seco (gr.)	45.65	54.81	43.78	56.19	65.35
Peso de agua (gr.)	1.40	2.49	1.83	2.51	4.00
Peso de tara (gr.)	21.28	14.33	16.40	22.70	16.20
Peso de suelo seco (gr.)	24.37	40.48	27.38	33.49	49.15
Humedad (%)	5.7	6.1	6.7	7.5	8.1
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.061	2.118	2.154	2.162	2.129

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.17
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.1



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo **Fecha :** 19/06/2017

Muestra : Cluster con Cemento al 20%

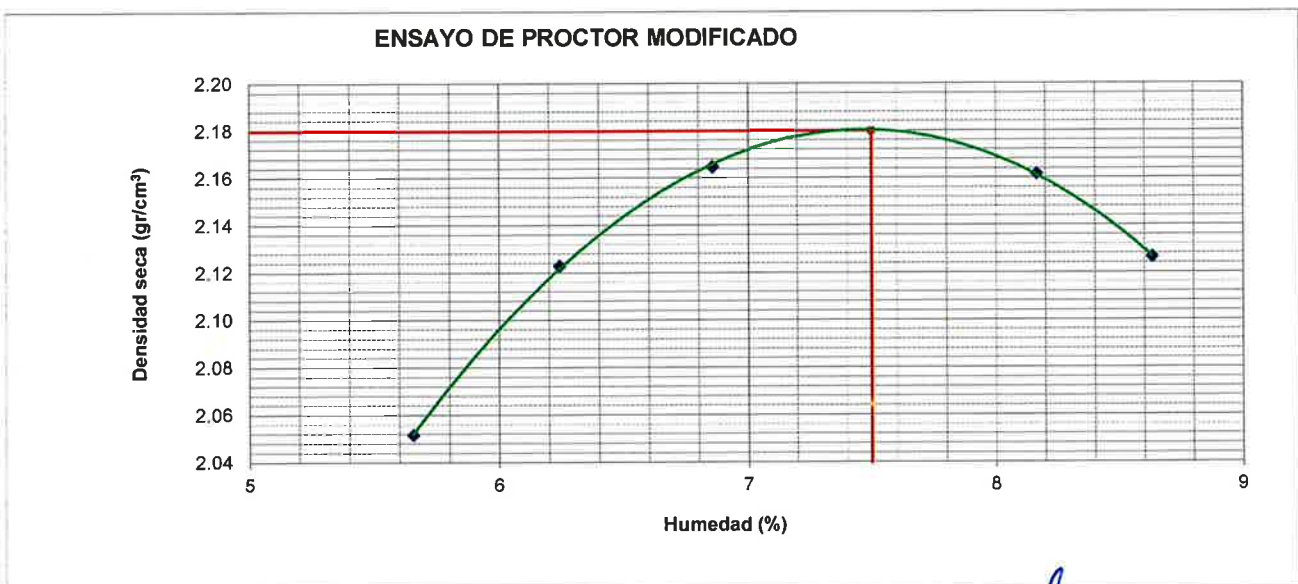
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10588	10775	10898	10951.14	10891.1
Peso molde (gr.)	5974	5974	5974	5974	5974
Peso suelo compactado (gr.)	4614	4801	4924	4977.14	4917.1
Volumen del molde (cm ³)	2128.5	2128.5	2128.5	2128.5	2128.5
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.168	2.256	2.313	2.338	2.310

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	40.66	50.98	39.35	52.60	63.25
Tara + suelo seco (gr.)	39.29	48.46	37.47	49.86	59.01
Peso de agua (gr.)	1.38	2.53	1.88	2.74	4.24
Peso de tara (gr.)	14.95	8.01	10.07	16.37	9.88
Peso de suelo seco (gr.)	24.34	40.45	27.40	33.49	49.13
Humedad (%)	5.7	6.2	6.9	8.2	8.6
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.052	2.123	2.165	2.162	2.127

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.18
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.5



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR METODO DEL MODULO DE FINEZA

F' C = 175 KG/CM²

Tesis Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 16/08/2017

AGREGADO FINO				
Malla	mm	% que pasa	% Retenido	% Retenido acumulado
Nº 4	4.760	95.29	4.71	4.71
Nº 8	2.360	81.18	14.11	18.82
Nº 10	2.000	81.18	0.00	18.82
Nº 16	1.180	57.65	23.53	42.35
Nº 20	0.850	57.65	0.00	42.35
Nº 30	0.600	38.82	18.83	61.18
Nº 40	0.420	38.82	0.00	61.18
Nº 50	0.300	20.00	18.82	80.00
Nº 80	0.300	20.00	0.00	80.00
Nº 100	0.150	2.35	17.65	97.65
Nº 200	0.080	0.59	1.76	99.41
Recipiente			0.59	100.00

AGREGADO GRUESO				
Malla	mm	% que pasa	% Retenido	% Retenido acumulado
3"	76.200	100.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.500	100.00	0.00	0.00
2"	50.800	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.100	100.00	0.00	0.00
1"	25.400	100.00	0.00	0.00
3/4"	19.050	90.00	10.00	10.00
1/2"	12.700	35.00	55.00	65.00
3/8"	9.525	10.00	25.00	90.00
Nº 4	4.750	0.00	10.00	100.00
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00
Recipiente			0.00	100.00

Descripción	A. Fino	A. Grueso
P. Unitario suelto seco	1628.49 Kg/m3	1581.52 Kg/m3
P. Unitario Compactado seco	1750.49 Kg/m3	1682.22 Kg/m3
P. Especifico Masa seca	2.320 gr/cm3	2.378 gr/cm3
Contenido de Humedad	5.48 %	4.59 %
% de Absorción	1.42 %	1.57 %
Modulo de fineza	3.10	7.00
Tamaño Máximo nominal		3/4"

Rm=Resistencia prom.	
F'c	F'cr
< 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

Contenido Total de aire : 2 % (Tabla 3.a de contenido de aire atrapado)
 Volumen unitario de agua de mezclado: 205 Lts/m3 (Tabla 2. de Volúmen unitario de agua ACI)
 Peso Especifico del cemento : 2.85 gr/cm3 (Propiedad física del cemento)
 Rm = 245.00 Kg/cm2 (Resistencia promedio requerida)
 Relación agua cemento 0.628 (Tabla 4.a 4.b por resistencia y durabilidad)
 Factor Cemento = 326.433 Kg/m3 = 7.68 bolsas/m3
 Modulo de fineza de combinación de agregados = 5.09 (Tabla 5. Módulo de fineza de combinación de agregados)

Volumen absoluto de pasta:		Cálculo del porcentaje de agregado fino:	
cemento =	0.115 m3	$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100 = 49.04 \%$	
agua de diseño =	0.205 m3		
aire atrapado =	0.020 m3		
Vol Absoluto =	0.34 m3		
Volumen absoluto de agregados:	0.66 m3		

	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO SECO	PESO CORREGIDO	Prop. en Peso	EN P3/m3	PROP. POR BLSA
		POR M3	POR M3			
Cemento =	-	326.43 kg/m3	326.433 Kg/m3	1	7.68	1.00
A. Fino =	0.324 m3	751.82 kg/m3	792.985 Kg/m3	2.43	16.30	2.12
A. Grueso =	0.336 m3	799.09 kg/m3	835.735 Kg/m3	2.56	17.84	2.32
Agua =	-	205.00 lts/m3	150.413 lts/m3	0.46	150.41	19.58 lts

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DEL LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR METODO DEL MODULO DE FINEZA

F' C = 210 KG/CM²

Tesis Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 16/08/2017

AGREGADO FINO				
Malla	mm	% que pasa	% Retenido	% Retenido acumulado
Nº 4	4.760	95.29	4.71	4.71
Nº 8	2.360	81.18	14.11	18.82
Nº 10	2.000	81.18	0.00	18.82
Nº 16	1.180	57.65	23.53	42.35
Nº 20	0.850	57.65	0.00	42.35
Nº 30	0.600	38.82	18.83	61.18
Nº 40	0.420	38.82	0.00	61.18
Nº 50	0.300	20.00	18.82	80.00
Nº 80	0.300	20.00	0.00	80.00
Nº 100	0.150	2.35	17.65	97.65
Nº 200	0.080	0.59	1.76	99.41
Recipiente			0.59	100.00

AGREGADO GRUESO				
Malla	mm	% que pasa	% Retenido	% Retenido acumulado
3 "	76.200	100.00	0.00	0.00
2 1/2 "	63.500	100.00	0.00	0.00
2 "	50.800	100.00	0.00	0.00
1 1/2 "	38.100	100.00	0.00	0.00
1 "	25.400	100.00	0.00	0.00
3/4 "	19.050	90.00	10.00	10.00
1/2 "	12.700	35.00	55.00	65.00
3/8 "	9.525	10.00	25.00	90.00
Nº 4	4.750	0.00	10.00	100.00
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00
Recipiente			0.00	100.00

Descripción	A. Fino	A. Grueso
P. Unitario suelto seco	1628.49 Kg/m3	1581.52 Kg/m3
P. Unitario Compactado seco	1750.49 Kg/m3	1682.22 Kg/m3
P. Especifico Masa seca	2.320 gr/cm3	2.378 gr/cm3
Contenido de Humedad	5.48 %	4.59 %
% de Absorción	1.42 %	1.57 %
Modulo de fineza	3.10	7.00
Tamaño Máximo nominal		3/4 "

Rm=Resistencia prom.	
F'c	F'cr
< 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

Contenido Total de aire : 2 % (Tabla 3.a de contenido de aire atrapado)
 Volumen unitario de agua de mezclado: 205 Lts/m3 (Tabla 2. de Volúmen unitario de agua ACI)
 Peso Especifico del cemento : 2.85 gr/cm3 (Propiedad física del cemento)
 Rm = 294.00 Kg/cm2 (Resistencia promedio requerida)
 Relación agua cemento 0.5584 (Tabla 4.a 4.b por resistencia y durabilidad)
 Factor Cemento = 367.12 Kg/m3 = 8.64 bolsas/m3
 Modulo de fineza de combinación de agregados = 5.16 (Tabla 5. Módulo de fineza de combinación de agregados)

Volumen absoluto de pasta:		Cálculo del porcentaje de agregado fino:	
cemento =	0.129 m3	$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100 = 47.15 \%$	
agua de diseño =	0.205 m3		
aire atrapado =	0.020 m3		
Vol Absoluto =	0.354 m3		
Volumen absoluto de agregados:	0.646 m3		

	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO SECO	PESO CORREGIDO	Prop. en Peso	EN P3/m3	PROP. POR BLSA
		POR M3	POR M3			
Cemento =	-	367.12 kg/m3	367.12 Kg/m3	1	8.64	1.00
A. Fino =	0.305 m3	707.73 kg/m3	746.483 Kg/m3	2.03	15.35	1.78
A. Grueso =	0.341 m3	810.98 kg/m3	848.172 Kg/m3	2.31	18.11	2.10
Agua =	-	205.00 lts/m3	151.843 lts/m3	0.41	151.84	17.58 lts

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR METODO DEL MODULO DE FINEZA

F' C = 280 KG/CM²

Tesis Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 16/08/2017

AGREGADO FINO				
Malla	mm	% que pasa	% Retenido	% Retenido acumulado
Nº 4	4.760	95.29	4.71	4.71
Nº 8	2.360	81.18	14.11	18.82
Nº 10	2.000	81.18	0.00	18.82
Nº 16	1.180	57.65	23.53	42.36
Nº 20	0.850	57.65	0.00	42.36
Nº 30	0.600	38.82	18.83	61.18
Nº 40	0.420	38.82	0.00	61.18
Nº 50	0.300	20.00	18.82	80.00
Nº 80	0.300	20.00	0.00	80.00
Nº 100	0.150	2.35	17.65	97.65
Nº 200	0.080	0.59	1.76	99.41
Recipiente			0.59	100.00

AGREGADO GRUESO				
Malla	mm	% que pasa	% Retenido	% Retenido acumulado
3"	76.200	100.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.500	100.00	0.00	0.00
2"	50.800	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.100	100.00	0.00	0.00
1"	25.400	100.00	0.00	0.00
3/4"	19.050	90.00	10.00	10.00
1/2"	12.700	35.00	55.00	65.00
3/8"	9.525	10.00	25.00	90.00
Nº 4	4.750	0.00	10.00	100.00
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00
Recipiente			0.00	100.00

Descripción	A. Fino	A. Grueso
P. Unitario suelto seco	1628.49 Kg/m3	1581.52 Kg/m3
P. Unitario Compactado seco	1750.49 Kg/m3	1682.22 Kg/m3
P. Especifico Masa seca	2.320 gr/cm3	2.378 gr/cm3
Contenido de Humedad	5.48 %	4.59 %
% de Absorción	1.42 %	1.57 %
Modulo de fineza	3.10	7.00
Tamaño Máximo nominal		3/4"

Rm=Resistencia prom.	
F'c	F'cr
< 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

Contenido Total de aire : 2 % (Tabla 3.a de contenido de aire atrapado)
 Volumen unitario de agua de mezclado: 205 Lts/m3 (Tabla 2. de Volúmen unitario de agua ACI)
 Peso Especifico del cemento : 2.85 gr/cm3 (Propiedad física del cemento)
 Rm = 364.00 Kg/cm2 (Resistencia promedio requerida)
 Relación agua cemento 0.466 (Tabla 4.a 4.b por resistencia y durabilidad)
 Factor Cemento = 439.914 Kg/m3 = 10.35 bolsas/m3
 Modulo de fineza de combinación de agregados = 5.30 (Tabla 5. Módulo de fineza de combinación de agregados)

Volumen absoluto de pasta:		Cálculo del porcentaje de agregado fino:	
cemento =	0.154 m3	$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100 = 43.64 \%$	
agua de diseño =	0.205 m3		
aire atrapado =	0.020 m3		
Vol Absoluto =	0.379 m3		
Volumen absoluto de agregados:	0.621 m3		

	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO SECO	PESO CORREGIDO	Prop. en Peso	EN P3/m3	PROP. POR BLSA
		POR M3	POR M3			
Cemento =	-	439.91 kg/m3	439.914 Kg/m3	1	10.35	1.00
A. Fino =	0.271 m3	628.84 kg/m3	663.268 Kg/m3	1.51	13.63	1.32
A. Grueso =	0.350 m3	832.39 kg/m3	870.557 Kg/m3	1.98	18.58	1.80
Agua =	-	205.00 lts/m3	154.396 lts/m3	0.35	154.40	14.92 lts

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.214:2007, NTP 339,216:2007

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 27/06/2017

CODIGO DE BRIQUETERA	MOLDEO	ENSAYO	EDAD (Días)	DIAMETRO	AREA (cm ²)	LECTURA (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO	RESISTENCIA DISEÑO	RESISTENCIA PORCENTAJ E
M-20%C-1	20/06/2017	27/06/2017	7	10.15 cm	80.94 cm ²	18630 kg	230.17 kg/cm ²	-	-
M-20%C-2	20/06/2017	27/06/2017	7	10.19 cm	81.62 cm ²	18640 kg	228.39 kg/cm ²	-	-
M-20%C-3	20/06/2017	27/06/2017	7	10.02 cm	78.89 cm ²	16220 kg	205.60 kg/cm ²	-	-
M-20%C-4	20/06/2017	27/06/2017	7	10.16 cm	81.13 cm ²	17450 kg	215.08 kg/cm ²	-	-
M-20%C-5	20/06/2017	27/06/2017	7	10.01 cm	78.68 cm ²	16210 kg	206.02 kg/cm ²	-	-
M-15%C-1	20/06/2017	27/06/2017	7	9.80 cm	75.49 cm ²	7370 kg	97.63 kg/cm ²	-	-
M-15%C-2	20/06/2017	27/06/2017	7	9.94 cm	77.55 cm ²	8172 kg	105.37 kg/cm ²	-	-
M-15%C-3	20/06/2017	27/06/2017	7	9.78 cm	75.13 cm ²	5922 kg	78.82 kg/cm ²	-	-
M-15%C-4	20/06/2017	27/06/2017	7	9.83 cm	75.95 cm ²	5760 kg	75.84 kg/cm ²	-	-
M-15%C-5	20/06/2017	27/06/2017	7	9.94 cm	77.57 cm ²	8010 kg	103.26 kg/cm ²	-	-
M-10%C-1	20/06/2017	27/06/2017	7	10.09 cm	79.99 cm ²	4670 kg	58.38 kg/cm ²	-	-
M-10%C-2	20/06/2017	27/06/2017	7	10.27 cm	82.77 cm ²	5395 kg	65.18 kg/cm ²	-	-
M-10%C-3	20/06/2017	27/06/2017	7	9.99 cm	78.32 cm ²	4365 kg	55.73 kg/cm ²	-	-
M-10%C-4	20/06/2017	27/06/2017	7	10.18 cm	81.34 cm ²	4470 kg	54.95 kg/cm ²	-	-
M-10%C-5	20/06/2017	27/06/2017	7	10.11 cm	80.26 cm ²	5500 kg	68.53 kg/cm ²	-	-
M-5%C-1	20/06/2017	27/06/2017	7	9.99 cm	78.41 cm ²	1000 kg	12.75 kg/cm ²	-	-
M-5%C-2	20/06/2017	27/06/2017	7	10.17 cm	81.17 cm ²	1107 kg	13.63 kg/cm ²	-	-
M-5%C-3	20/06/2017	27/06/2017	7	9.89 cm	76.76 cm ²	987 kg	12.85 kg/cm ²	-	-
M-5%C-4	20/06/2017	27/06/2017	7	10.08 cm	79.75 cm ²	1120 kg	14.04 kg/cm ²	-	-
M-5%C-5	20/06/2017	27/06/2017	7	10.01 cm	78.68 cm ²	1020 kg	12.96 kg/cm ²	-	-
M-Cn175-1	20/06/2017	27/06/2017	7	10.38 cm	84.56 cm ²	5910 kg	69.89 kg/cm ²	175 kg/cm ²	39.94%
M-Cn175-2	20/06/2017	27/06/2017	7	10.72 cm	90.29 cm ²	6880 kg	76.20 kg/cm ²	175 kg/cm ²	43.54%
M-Cn175-3	20/06/2017	27/06/2017	7	10.38 cm	84.70 cm ²	5540 kg	65.41 kg/cm ²	175 kg/cm ²	37.38%
M-Cn175-4	20/06/2017	27/06/2017	7	10.57 cm	87.74 cm ²	7030 kg	80.12 kg/cm ²	175 kg/cm ²	45.78%
M-Cn175-5	20/06/2017	27/06/2017	7	10.71 cm	90.16 cm ²	5690 kg	63.11 kg/cm ²	175 kg/cm ²	36.06%
M-Cn210-1	20/06/2017	27/06/2017	7	10.59 cm	88.14 cm ²	4760 kg	54.01 kg/cm ²	210 kg/cm ²	25.72%
M-Cn210-2	20/06/2017	27/06/2017	7	10.74 cm	90.52 cm ²	8263 kg	91.29 kg/cm ²	210 kg/cm ²	43.47%
M-Cn210-3	20/06/2017	27/06/2017	7	10.38 cm	84.69 cm ²	4543 kg	53.65 kg/cm ²	210 kg/cm ²	25.55%
M-Cn210-4	20/06/2017	27/06/2017	7	10.57 cm	87.81 cm ²	8480 kg	96.57 kg/cm ²	210 kg/cm ²	45.98%
M-Cn210-5	20/06/2017	27/06/2017	7	10.51 cm	86.79 cm ²	5970 kg	68.79 kg/cm ²	210 kg/cm ²	32.76%
M-Cn280-1	20/06/2017	27/06/2017	7	10.56 cm	87.54 cm ²	6950 kg	79.39 kg/cm ²	280 kg/cm ²	28.35%
M-Cn280-2	20/06/2017	27/06/2017	7	10.22 cm	82.03 cm ²	6990 kg	85.21 kg/cm ²	280 kg/cm ²	30.43%
M-Cn280-3	20/06/2017	27/06/2017	7	10.68 cm	89.51 cm ²	7135 kg	79.71 kg/cm ²	280 kg/cm ²	28.47%
M-Cn280-4	20/06/2017	27/06/2017	7	10.21 cm	81.87 cm ²	6185 kg	75.55 kg/cm ²	280 kg/cm ²	26.98%
M-Cn280-5	20/06/2017	27/06/2017	7	10.55 cm	87.43 cm ²	6040 kg	69.09 kg/cm ²	280 kg/cm ²	24.67%

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jofre Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.214:2007, NTP 339,216:2007

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 5/07/2017

CODIGO DE BRIQUETERA	MOLDEO	ENSAYO	EDAD (Días)	DIAMETRO	AREA (cm ²)	LECTURA (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO	RESISTENCIA DISEÑO	RESISTENCIA PORCENTAJE
M-20%C-6	21/06/2017	5/07/2017	14	9.63 cm	72.81 cm ²	19290 kg	264.94 kg/cm ²	-	-
M-20%C-7	21/06/2017	5/07/2017	14	9.72 cm	74.26 cm ²	23307 kg	313.85 kg/cm ²	-	-
M-20%C-8	21/06/2017	5/07/2017	14	9.58 cm	72.08 cm ²	18967 kg	263.13 kg/cm ²	-	-
M-20%C-9	21/06/2017	5/07/2017	14	9.71 cm	74.00 cm ²	20490 kg	276.89 kg/cm ²	-	-
M-20%C-10	21/06/2017	5/07/2017	14	9.62 cm	72.69 cm ²	23630 kg	325.06 kg/cm ²	-	-
M-15%C-6	21/06/2017	5/07/2017	14	9.64 cm	72.95 cm ²	10070 kg	138.05 kg/cm ²	-	-
M-15%C-7	21/06/2017	5/07/2017	14	10.12 cm	80.43 cm ²	13208 kg	164.22 kg/cm ²	-	-
M-15%C-8	21/06/2017	5/07/2017	14	9.58 cm	72.09 cm ²	10058 kg	139.52 kg/cm ²	-	-
M-15%C-9	21/06/2017	5/07/2017	14	9.74 cm	74.47 cm ²	11610 kg	155.91 kg/cm ²	-	-
M-15%C-10	21/06/2017	5/07/2017	14	10.18 cm	81.33 cm ²	13220 kg	162.55 kg/cm ²	-	-
M-10%C-6	21/06/2017	5/07/2017	14	10.06 cm	79.53 cm ²	6360 kg	79.97 kg/cm ²	-	-
M-10%C-7	21/06/2017	5/07/2017	14	10.22 cm	82.01 cm ²	6477 kg	78.97 kg/cm ²	-	-
M-10%C-8	21/06/2017	5/07/2017	14	9.97 cm	78.11 cm ²	6357 kg	81.38 kg/cm ²	-	-
M-10%C-9	21/06/2017	5/07/2017	14	10.14 cm	80.81 cm ²	6480 kg	80.19 kg/cm ²	-	-
M-10%C-10	21/06/2017	5/07/2017	14	10.08 cm	79.81 cm ²	6410 kg	80.31 kg/cm ²	-	-
M-5%C-6	21/06/2017	5/07/2017	14	9.96 cm	77.95 cm ²	2060 kg	26.43 kg/cm ²	-	-
M-5%C-7	21/06/2017	5/07/2017	14	10.12 cm	80.41 cm ²	2223 kg	27.65 kg/cm ²	-	-
M-5%C-8	21/06/2017	5/07/2017	14	9.87 cm	76.55 cm ²	1963 kg	25.65 kg/cm ²	-	-
M-5%C-9	21/06/2017	5/07/2017	14	10.04 cm	79.23 cm ²	2240 kg	28.27 kg/cm ²	-	-
M-5%C-10	21/06/2017	5/07/2017	14	9.98 cm	78.24 cm ²	1980 kg	25.31 kg/cm ²	-	-
M-Cn175-6	21/06/2017	5/07/2017	14	9.30 cm	67.99 cm ²	8580 kg	126.19 kg/cm ²	175 kg/cm ²	72.11%
M-Cn175-7	21/06/2017	5/07/2017	14	9.51 cm	71.10 cm ²	9083 kg	127.76 kg/cm ²	175 kg/cm ²	73.01%
M-Cn175-8	21/06/2017	5/07/2017	14	9.30 cm	67.99 cm ²	8103 kg	119.18 kg/cm ²	175 kg/cm ²	68.10%
M-Cn175-9	21/06/2017	5/07/2017	14	9.41 cm	69.53 cm ²	8110 kg	116.64 kg/cm ²	175 kg/cm ²	66.65%
M-Cn175-10	21/06/2017	5/07/2017	14	9.51 cm	71.10 cm ²	9090 kg	127.85 kg/cm ²	175 kg/cm ²	73.06%
M-Cn210-6	21/06/2017	5/07/2017	14	9.90 cm	76.97 cm ²	10750 kg	139.67 kg/cm ²	210 kg/cm ²	66.51%
M-Cn210-7	21/06/2017	5/07/2017	14	10.56 cm	87.55 cm ²	11122 kg	127.03 kg/cm ²	210 kg/cm ²	60.49%
M-Cn210-8	21/06/2017	5/07/2017	14	9.83 cm	75.88 cm ²	9932 kg	130.89 kg/cm ²	210 kg/cm ²	62.33%
M-Cn210-9	21/06/2017	5/07/2017	14	10.06 cm	79.53 cm ²	11010 kg	138.44 kg/cm ²	210 kg/cm ²	65.93%
M-Cn210-10	21/06/2017	5/07/2017	14	10.62 cm	88.56 cm ²	9820 kg	110.88 kg/cm ²	210 kg/cm ²	52.80%
M-Cn280-6	21/06/2017	5/07/2017	14	10.00 cm	78.61 cm ²	17600 kg	223.88 kg/cm ²	280 kg/cm ²	79.96%
M-Cn280-7	21/06/2017	5/07/2017	14	10.12 cm	80.42 cm ²	18243 kg	226.86 kg/cm ²	280 kg/cm ²	81.02%
M-Cn280-8	21/06/2017	5/07/2017	14	9.87 cm	76.56 cm ²	16543 kg	216.09 kg/cm ²	280 kg/cm ²	77.18%
M-Cn280-9	21/06/2017	5/07/2017	14	10.01 cm	78.68 cm ²	18140 kg	230.55 kg/cm ²	280 kg/cm ²	82.34%
M-Cn280-10	21/06/2017	5/07/2017	14	9.97 cm	78.13 cm ²	16440 kg	210.41 kg/cm ²	280 kg/cm ²	75.15%

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Rafael Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.214:2007, NTP 339,216:2007

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Testistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 20/07/2017

CODIGO DE BRIQUETERA	MOLDEO	ENSAYO	EDAD (Días)	DIAMETRO	AREA (cm ²)	LECTURA (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO	RESISTENCIA DISEÑO	RESISTENCIA PORCENTAJ E
M-20%C-11	22/06/2017	20/07/2017	28	10.03 cm	79.03 cm ²	23450 kg	296.73 kg/cm ²	-	-
M-20%C-12	22/06/2017	20/07/2017	28	10.19 cm	81.55 cm ²	24370 kg	298.82 kg/cm ²	-	-
M-20%C-13	22/06/2017	20/07/2017	28	9.95 cm	77.80 cm ²	22570 kg	290.09 kg/cm ²	-	-
M-20%C-14	22/06/2017	20/07/2017	28	10.03 cm	79.00 cm ²	24380 kg	308.60 kg/cm ²	-	-
M-20%C-15	22/06/2017	20/07/2017	28	10.15 cm	80.98 cm ²	22580 kg	278.82 kg/cm ²	-	-
M-15%C-11	22/06/2017	20/07/2017	28	9.82 cm	75.72 cm ²	14510 kg	191.63 kg/cm ²	-	-
M-15%C-12	22/06/2017	20/07/2017	28	9.88 cm	76.71 cm ²	14313 kg	186.58 kg/cm ²	-	-
M-15%C-13	22/06/2017	20/07/2017	28	9.78 cm	75.10 cm ²	12453 kg	165.82 kg/cm ²	-	-
M-15%C-14	22/06/2017	20/07/2017	28	9.89 cm	76.76 cm ²	12650 kg	164.80 kg/cm ²	-	-
M-15%C-15	22/06/2017	20/07/2017	28	9.79 cm	75.24 cm ²	12990 kg	172.64 kg/cm ²	-	-
M-10%C-11	22/06/2017	20/07/2017	28	10.11 cm	80.34 cm ²	7810 kg	97.21 kg/cm ²	-	-
M-10%C-12	22/06/2017	20/07/2017	28	10.28 cm	82.93 cm ²	8022 kg	96.73 kg/cm ²	-	-
M-10%C-13	22/06/2017	20/07/2017	28	10.01 cm	78.75 cm ²	5932 kg	75.33 kg/cm ²	-	-
M-10%C-14	22/06/2017	20/07/2017	28	10.19 cm	81.60 cm ²	7400 kg	90.69 kg/cm ²	-	-
M-10%C-15	22/06/2017	20/07/2017	28	10.13 cm	80.53 cm ²	5720 kg	71.03 kg/cm ²	-	-
M-5%C-11	22/06/2017	20/07/2017	28	10.01 cm	78.76 cm ²	2460 kg	31.23 kg/cm ²	-	-
M-5%C-12	22/06/2017	20/07/2017	28	10.18 cm	81.32 cm ²	2518 kg	30.97 kg/cm ²	-	-
M-5%C-13	22/06/2017	20/07/2017	28	9.91 cm	77.18 cm ²	2408 kg	31.20 kg/cm ²	-	-
M-5%C-14	22/06/2017	20/07/2017	28	10.09 cm	80.01 cm ²	2520 kg	31.50 kg/cm ²	-	-
M-5%C-15	22/06/2017	20/07/2017	28	10.03 cm	78.95 cm ²	2410 kg	30.53 kg/cm ²	-	-
M-Cn175-11	22/06/2017	20/07/2017	28	9.47 cm	70.41 cm ²	8790 kg	124.84 kg/cm ²	175 kg/cm ²	71.34%
M-Cn175-12	22/06/2017	20/07/2017	28	9.36 cm	68.76 cm ²	8600 kg	125.07 kg/cm ²	175 kg/cm ²	71.47%
M-Cn175-13	22/06/2017	20/07/2017	28	9.53 cm	71.31 cm ²	9013 kg	126.39 kg/cm ²	175 kg/cm ²	72.22%
M-Cn175-14	22/06/2017	20/07/2017	28	9.33 cm	68.35 cm ²	8593 kg	125.72 kg/cm ²	175 kg/cm ²	71.84%
M-Cn175-15	22/06/2017	20/07/2017	28	9.46 cm	70.31 cm ²	9020 kg	128.28 kg/cm ²	175 kg/cm ²	73.31%
M-Cn210-11	22/06/2017	20/07/2017	28	10.25 cm	82.45 cm ²	11440 kg	138.75 kg/cm ²	210 kg/cm ²	66.07%
M-Cn210-12	22/06/2017	20/07/2017	28	10.60 cm	88.20 cm ²	12387 kg	140.43 kg/cm ²	210 kg/cm ²	66.87%
M-Cn210-13	22/06/2017	20/07/2017	28	9.96 cm	77.97 cm ²	11567 kg	148.35 kg/cm ²	210 kg/cm ²	70.64%
M-Cn210-14	22/06/2017	20/07/2017	28	9.98 cm	78.24 cm ²	12260 kg	156.69 kg/cm ²	210 kg/cm ²	74.62%
M-Cn210-15	22/06/2017	20/07/2017	28	10.61 cm	88.49 cm ²	12230 kg	138.21 kg/cm ²	210 kg/cm ²	65.81%
M-Cn280-11	22/06/2017	20/07/2017	28	10.54 cm	87.26 cm ²	23360 kg	267.70 kg/cm ²	280 kg/cm ²	95.61%
M-Cn280-12	22/06/2017	20/07/2017	28	10.71 cm	90.16 cm ²	23365 kg	259.15 kg/cm ²	280 kg/cm ²	92.55%
M-Cn280-13	22/06/2017	20/07/2017	28	10.40 cm	84.91 cm ²	20455 kg	240.90 kg/cm ²	280 kg/cm ²	86.04%
M-Cn280-14	22/06/2017	20/07/2017	28	10.59 cm	88.08 cm ²	21920 kg	248.86 kg/cm ²	280 kg/cm ²	88.88%
M-Cn280-15	22/06/2017	20/07/2017	28	10.54 cm	87.21 cm ²	20450 kg	234.50 kg/cm ²	280 kg/cm ²	83.75%

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.214:2007, NTP 339,216:2007

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

CODIGO DE BRIQUETERA	MOLDEO	ENSAYO	EDAD (Dias)	DIAMETRO	AREA (cm ²)	LECTURA (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO	RESISTENCIA DISEÑO	RESISTENCIA PORCENTAJE
M-20%C-16	23/06/2017	18/08/2017	56	10.09 cm	80.00 cm ²	25320 kg	316.51 kg/cm ²	-	-
M-20%C-17	23/06/2017	18/08/2017	56	10.22 cm	82.06 cm ²	25352 kg	308.94 kg/cm ²	-	-
M-20%C-18	23/06/2017	18/08/2017	56	10.11 cm	80.21 cm ²	23482 kg	292.75 kg/cm ²	-	-
M-20%C-19	23/06/2017	18/08/2017	56	10.21 cm	81.84 cm ²	24480 kg	299.11 kg/cm ²	-	-
M-20%C-20	23/06/2017	18/08/2017	56	10.19 cm	81.56 cm ²	23450 kg	287.52 kg/cm ²	-	-
M-15%C-16	23/06/2017	18/08/2017	56	9.86 cm	76.34 cm ²	14320 kg	187.59 kg/cm ²	-	-
M-15%C-17	23/06/2017	18/08/2017	56	9.86 cm	76.29 cm ²	14377 kg	188.46 kg/cm ²	-	-
M-15%C-18	23/06/2017	18/08/2017	56	9.77 cm	74.91 cm ²	13037 kg	174.02 kg/cm ²	-	-
M-15%C-19	23/06/2017	18/08/2017	56	9.80 cm	75.48 cm ²	12980 kg	171.97 kg/cm ²	-	-
M-15%C-20	23/06/2017	18/08/2017	56	9.77 cm	74.98 cm ²	13820 kg	184.31 kg/cm ²	-	-
M-10%C-16	23/06/2017	18/08/2017	56	10.11 cm	80.30 cm ²	7020 kg	87.42 kg/cm ²	-	-
M-10%C-17	23/06/2017	18/08/2017	56	10.14 cm	80.74 cm ²	7452 kg	92.29 kg/cm ²	-	-
M-10%C-18	23/06/2017	18/08/2017	56	9.90 cm	76.97 cm ²	6862 kg	89.14 kg/cm ²	-	-
M-10%C-19	23/06/2017	18/08/2017	56	10.07 cm	79.63 cm ²	6930 kg	87.02 kg/cm ²	-	-
M-10%C-20	23/06/2017	18/08/2017	56	9.88 cm	76.63 cm ²	7520 kg	98.13 kg/cm ²	-	-
M-5%C-16	23/06/2017	18/08/2017	56	10.01 cm	78.72 cm ²	2780 kg	35.32 kg/cm ²	-	-
M-5%C-17	23/06/2017	18/08/2017	56	10.12 cm	80.44 cm ²	2883 kg	35.85 kg/cm ²	-	-
M-5%C-18	23/06/2017	18/08/2017	56	9.96 cm	77.96 cm ²	2663 kg	34.16 kg/cm ²	-	-
M-5%C-19	23/06/2017	18/08/2017	56	10.05 cm	79.38 cm ²	2660 kg	33.51 kg/cm ²	-	-
M-5%C-20	23/06/2017	18/08/2017	56	10.06 cm	79.48 cm ²	2880 kg	36.24 kg/cm ²	-	-
M-Cn175-16	23/06/2017	18/08/2017	56	9.87 cm	76.50 cm ²	8920 kg	116.61 kg/cm ²	175 kg/cm ²	66.63%
M-Cn175-17	23/06/2017	18/08/2017	56	9.86 cm	76.31 cm ²	9970 kg	130.65 kg/cm ²	175 kg/cm ²	74.66%
M-Cn175-18	23/06/2017	18/08/2017	56	9.53 cm	71.31 cm ²	8950 kg	125.51 kg/cm ²	175 kg/cm ²	71.72%
M-Cn175-19	23/06/2017	18/08/2017	56	9.58 cm	72.04 cm ²	9940 kg	137.98 kg/cm ²	175 kg/cm ²	78.85%
M-Cn175-20	23/06/2017	18/08/2017	56	9.63 cm	72.87 cm ²	9520 kg	130.64 kg/cm ²	175 kg/cm ²	74.65%
M-Cn210-16	23/06/2017	18/08/2017	56	10.21 cm	81.80 cm ²	11980 kg	146.45 kg/cm ²	210 kg/cm ²	69.74%
M-Cn210-17	23/06/2017	18/08/2017	56	10.53 cm	87.01 cm ²	13293 kg	152.77 kg/cm ²	210 kg/cm ²	72.75%
M-Cn210-18	23/06/2017	18/08/2017	56	10.13 cm	80.63 cm ²	12053 kg	149.50 kg/cm ²	210 kg/cm ²	71.19%
M-Cn210-19	23/06/2017	18/08/2017	56	10.44 cm	85.60 cm ²	12820 kg	149.77 kg/cm ²	210 kg/cm ²	71.32%
M-Cn210-20	23/06/2017	18/08/2017	56	10.34 cm	83.98 cm ²	13220 kg	157.41 kg/cm ²	210 kg/cm ²	74.96%
M-Cn280-16	23/06/2017	18/08/2017	56	9.99 cm	78.41 cm ²	20224 kg	257.94 kg/cm ²	280 kg/cm ²	92.12%
M-Cn280-17	23/06/2017	18/08/2017	56	10.33 cm	83.87 cm ²	21669 kg	258.36 kg/cm ²	280 kg/cm ²	92.27%
M-Cn280-18	23/06/2017	18/08/2017	56	9.99 cm	78.39 cm ²	20328 kg	259.32 kg/cm ²	280 kg/cm ²	92.62%
M-Cn280-19	23/06/2017	18/08/2017	56	10.26 cm	82.71 cm ²	21611 kg	261.28 kg/cm ²	280 kg/cm ²	93.31%
M-Cn280-20	23/06/2017	18/08/2017	56	10.23 cm	82.23 cm ²	21161 kg	257.33 kg/cm ²	280 kg/cm ²	91.90%

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Manfred Pérez Atoche



DENSIDAD, ABSORCION Y POROSIDAD ABIERTA

ASTM C 642

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesisistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

Muestra : Concreto Convencional - 280 kg/cm²

CODIGO DE BRIQUETERA	PESO PROBETA (gr)	VOLUMEN DE BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P _{ss}) (KG)	PESO SECO DE LA MUESTRA (P _s) (KG)	PESO SUMERGIDO DE LA MUESTRA (P _m) (KG)	ABSORCION (%)	POROSIDAD ABIERTA (%)
M-Cn280-1	4048.0	1689.48	2.396	4.091	4.052	2.032	0.962	1.894
M-Cn280-2	3763.0	1756.71	2.142	3.807	3.769	1.762	1.008	1.858
M-Cn280-3	4075.2	1791.61	2.275	4.117	4.077	2.060	0.977	1.937
M-Cn280-4	3790.2	1695.95	2.235	3.833	3.794	1.790	1.024	1.901
M-Cn280-5	3987.0	1785.14	2.233	4.027	3.986	1.982	1.029	2.005
M-Cn280-6	4237.0	1756.71	2.412	4.210	4.173	2.172	0.879	1.801
M-Cn280-7	4202.3	1837.57	2.287	4.190	4.137	2.145	1.267	2.564
M-Cn280-8	3984.3	1767.67	2.254	4.059	3.916	1.965	3.644	6.817
M-Cn280-9	4024.0	1826.61	2.203	4.084	3.955	2.002	3.262	6.196
M-Cn280-10	4019.0	1824.54	2.203	4.079	3.952	1.992	3.214	6.085
M-Cn280-11	4060.0	1756.71	2.311	4.017	3.986	1.982	0.778	1.523
M-Cn280-12	4055.7	1783.57	2.274	4.016	3.980	1.975	0.889	1.733
M-Cn280-13	3993.7	1697.56	2.353	3.999	3.908	1.935	2.312	4.380
M-Cn280-14	4016.0	1689.48	2.377	4.000	3.933	1.942	1.704	3.256
M-Cn280-15	3998.0	1775.50	2.252	4.005	3.914	1.942	2.315	4.393
M-Cn280-16	4039.0	1756.71	2.299	4.088	3.960	2.002	3.245	6.160
M-Cn280-17	4044.3	1775.52	2.278	4.094	3.958	2.000	3.426	6.477
M-Cn280-18	3992.3	1752.95	2.277	4.049	3.922	1.970	3.228	6.091
M-Cn280-19	4029.0	1779.29	2.264	4.082	3.924	1.982	4.040	7.548
M-Cn280-20	3987.0	1756.71	2.270	4.043	3.937	1.972	2.699	5.130

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



DENSIDAD, ABSORCION Y POROSIDAD ABIERTA

ASTM C 642

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesisistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

Muestra : Concreto Convencional - 210 kg/cm²

CODIGO DE BRIQUETERA	PESO PROBETA (gr)	VOLUMEN DE BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P _{sss}) (KG)	PESO SECO DE LA MUESTRA (P _s) (KG)	PESO SUMERGIDO DE LA MUESTRA (P _m) (KG)	ABSORCION (%)	POROSIDAD ABIERTA (%)
M-Cn210-1	4022.0	1756.71	2.290	4.064	4.014	1.882	1.246	2.291
M-Cn210-2	4171.3	1813.23	2.300	4.222	4.167	2.052	1.312	2.519
M-Cn210-3	3951.3	1745.40	2.264	3.999	3.948	1.832	1.283	2.338
M-Cn210-4	4191.0	1756.71	2.386	4.245	4.189	2.082	1.337	2.589
M-Cn210-5	3971.0	1824.54	2.176	4.022	3.970	1.862	1.310	2.407
M-Cn210-6	3984.0	1826.61	2.181	4.039	3.967	1.862	1.815	3.307
M-Cn210-7	3982.7	1832.42	2.173	4.037	3.966	1.860	1.799	3.277
M-Cn210-8	3944.7	1695.30	2.327	3.998	3.935	1.830	1.610	2.922
M-Cn210-9	3946.0	1775.50	2.222	4.000	3.936	1.832	1.626	2.952
M-Cn210-10	3961.0	1689.48	2.345	4.014	3.948	1.842	1.672	3.039
M-Cn210-11	3736.0	1756.71	2.127	3.772	3.628	1.562	3.969	6.516
M-Cn210-12	4051.7	1804.33	2.246	4.089	3.943	1.877	3.712	6.615
M-Cn210-13	3741.7	1751.10	2.137	3.777	3.633	1.567	3.973	6.531
M-Cn210-14	3908.0	1809.93	2.159	3.943	3.797	1.732	3.845	6.603
M-Cn210-15	4046.0	1766.51	2.290	4.084	3.938	1.872	3.707	6.600
M-Cn210-16	3814.0	1710.94	2.229	4.080	3.953	1.882	3.200	5.757
M-Cn210-17	3811.0	1714.52	2.223	4.064	3.946	1.869	2.999	5.391
M-Cn210-18	3711.0	1693.06	2.192	3.836	3.781	1.669	1.464	2.553
M-Cn210-19	3714.0	1689.48	2.198	3.919	3.848	1.742	1.832	3.239
M-Cn210-20	3755.0	1710.94	2.195	3.852	3.788	1.682	1.676	2.927

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DEL LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



DENSIDAD, ABSORCION Y POROSIDAD ABIERTA
ASTM C 642

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

Muestra : Concreto Convencional - 175 kg/cm²

CODIGO DE BRIQUETERA	PESO PROBETA (gr)	VOLUMEN DE BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P _{ss}) (KG)	PESO SECO DE LA MUESTRA (P _s) (KG)	PESO SUMERGIDO DE LA MUESTRA (P _m) (KG)	ABSORCION (%)	POROSIDAD ABIERTA (%)
M-Cn175-1	3826.0	1756.71	2.178	3.859	3.828	2.403	0.810	2.129
M-Cn175-2	4062.0	1806.21	2.249	4.099	4.062	2.680	0.911	2.608
M-Cn175-3	3836.0	1746.81	2.196	3.870	3.839	2.420	0.808	2.138
M-Cn175-4	3969.0	1756.71	2.259	4.005	3.971	2.583	0.856	2.391
M-Cn175-5	4052.0	1816.11	2.231	4.088	4.051	2.663	0.913	2.596
M-Cn175-6	3953.0	1756.71	2.250	3.991	3.870	2.523	3.127	8.243
M-Cn175-7	4301.5	1908.18	2.254	4.341	4.205	2.866	3.230	9.213
M-Cn175-8	3714.5	1672.64	2.221	3.751	3.628	2.286	3.386	8.388
M-Cn175-9	3742.0	1689.48	2.215	3.778	3.651	2.313	3.478	8.669
M-Cn175-10	4329.0	1925.02	2.249	4.368	4.228	2.893	3.311	9.492
M-Cn175-11	3693.0	1689.48	2.186	3.728	3.582	2.253	4.076	9.898
M-Cn175-12	3820.0	1826.61	2.091	3.855	3.735	2.393	3.213	8.208
M-Cn175-13	4242.8	1945.98	2.180	4.277	4.138	2.800	3.359	9.409
M-Cn175-14	3633.8	1693.03	2.146	3.669	3.532	2.200	3.879	9.324
M-Cn175-15	4302.0	1942.44	2.215	4.336	4.188	2.853	3.534	9.980
M-Cn175-16	3677.0	1662.01	2.212	4.005	3.900	2.543	2.705	7.216
M-Cn175-17	4326.5	1931.44	2.240	4.070	3.998	2.630	1.790	4.971
M-Cn175-18	3661.5	1646.00	2.224	3.990	3.887	2.530	2.652	7.061
M-Cn175-19	4342.0	1947.45	2.230	4.082	4.011	2.643	1.770	4.934
M-Cn175-20	3963.0	1756.71	2.256	4.002	3.917	2.553	2.183	5.901

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



DENSIDAD, ABSORCION Y POROSIDAD ABIERTA
ASTM C 642

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

Muestra : Concreto Compactado - Cemento al 5%

CODIGO DE BRIQUETERA	PESO PROBETA (gr)	VOLUMEN DE BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P _{ss}) (KG)	PESO SECO DE LA MUESTRA (P _s) (KG)	PESO SUMERGIDO DE LA MUESTRA (P _m) (KG)	ABSORCION (%)	POROSIDAD ABIERTA (%)
M-5%C-1	3919.0	1689.48	2.320	4.087	4.015	1.615	1.793	2.913
M-5%C-2	3960.7	1689.48	2.344	4.129	4.056	1.672	1.804	2.977
M-5%C-3	3912.7	1756.71	2.227	4.080	4.008	1.612	1.801	2.924
M-5%C-4	3967.0	1756.71	2.258	4.136	4.063	1.675	1.797	2.966
M-5%C-5	3934.0	1756.71	2.239	4.091	4.018	1.635	1.817	2.972
M-5%C-6	4007.0	1756.71	2.281	4.150	4.034	1.675	2.876	4.687
M-5%C-7	4005.8	1756.71	2.280	4.149	4.034	1.675	2.868	4.675
M-5%C-8	3992.8	1756.71	2.273	4.133	4.020	1.655	2.828	4.586
M-5%C-9	3987.0	1756.71	2.270	4.134	4.020	1.655	2.836	4.599
M-5%C-10	3984.0	1756.71	2.268	4.140	4.026	1.665	2.832	4.606
M-5%C-11	3978.0	1756.71	2.264	4.127	4.014	1.655	2.815	4.571
M-5%C-12	4052.5	1756.71	2.307	4.206	4.089	1.730	2.862	4.726
M-5%C-13	3981.5	1779.29	2.238	4.133	4.022	1.660	2.760	4.489
M-5%C-14	4049.0	1775.50	2.280	4.200	4.081	1.725	2.916	4.808
M-5%C-15	4014.0	1797.96	2.233	4.180	4.070	1.705	2.703	4.444
M-5%C-16	3966.0	1816.11	2.184	4.130	4.039	1.665	2.253	3.692
M-5%C-17	4300.0	1828.52	2.352	4.129	4.044	1.665	2.104	3.453
M-5%C-18	3960.0	1824.76	2.170	4.110	4.020	1.645	2.254	3.675
M-5%C-19	3962.0	1814.24	2.184	4.111	4.041	1.655	1.745	2.871
M-5%C-20	4300.0	1826.61	2.354	4.118	4.016	1.645	2.540	4.125

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Manfred Pérez Atoche



DENSIDAD, ABSORCION Y POROSIDAD ABIERTA

ASTM C 642

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

Muestra : Concreto Compactado - Cemento al 10 %

CODIGO DE BRIQUETERA	PESO PROBETA (gr)	VOLUMEN DE BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P _{ss}) (KG)	PESO SECO DE LA MUESTRA (P _s) (KG)	PESO SUMERGIDO DE LA MUESTRA (P _m) (KG)	ABSORCION (%)	POROSIDAD ABIERTA (%)
M-10%C-1	4039.0	1779.29	2.270	4.119	4.035	1.325	2.074	2.996
M-10%C-2	4080.7	1778.76	2.294	4.178	4.076	1.375	2.496	3.630
M-10%C-3	4032.7	1756.18	2.296	4.093	4.028	1.315	1.607	2.330
M-10%C-4	4087.0	1756.71	2.327	4.186	4.083	1.385	2.523	3.677
M-10%C-5	4044.0	1766.41	2.289	4.101	4.038	1.325	1.560	2.269
M-10%C-6	4117.0	1785.14	2.306	4.150	4.054	1.355	2.368	3.435
M-10%C-7	4115.8	1811.70	2.272	4.149	4.054	1.353	2.360	3.422
M-10%C-8	4102.8	1757.08	2.335	4.133	4.040	1.343	2.319	3.357
M-10%C-9	4107.0	1756.71	2.338	4.134	4.040	1.345	2.327	3.370
M-10%C-10	4104.0	1811.33	2.266	4.140	4.046	1.345	2.323	3.363
M-10%C-11	4088.0	1756.71	2.327	4.127	4.034	1.335	2.305	3.331
M-10%C-12	4162.5	1838.85	2.264	4.206	4.109	1.410	2.361	3.470
M-10%C-13	4091.5	1767.50	2.315	4.133	4.042	1.340	2.252	3.259
M-10%C-14	4159.0	1824.76	2.279	4.200	4.101	1.405	2.414	3.542
M-10%C-15	4134.0	1828.06	2.261	4.180	4.090	1.385	2.200	3.220
M-10%C-16	4086.0	1828.52	2.235	4.130	4.056	1.345	1.837	2.675
M-10%C-17	4410.0	1945.53	2.267	4.151	4.063	1.365	2.164	3.156
M-10%C-18	4010.0	1693.89	2.367	4.110	4.038	1.325	1.768	2.564
M-10%C-19	4072.0	1689.48	2.410	4.151	4.061	1.365	2.229	3.248
M-10%C-20	4472.0	1941.12	2.304	4.110	4.044	1.325	1.642	2.384

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Josef Manfred Pérez Atoche



DENSIDAD, ABSORCION Y POROSIDAD ABIERTA

ASTM C 642

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

Muestra : Concreto Compactado - Cemento al 15 %

CODIGO DE BRIQUETERA	PESO PROBETA (gr)	VOLUMEN DE BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P _{ss}) (KG)	PESO SECO DE LA MUESTRA (P _s) (KG)	PESO SUMERGIDO DE LA MUESTRA (P _m) (KG)	ABSORCION (%)	POROSIDAD ABIERTA (%)
M-15%C-1	3927.0	1689.48	2.324	4.001	3.959	1.278	1.061	1.542
M-15%C-2	3997.0	1826.16	2.189	4.065	4.024	1.366	0.998	1.489
M-15%C-3	3931.0	1689.04	2.327	4.004	3.962	1.284	1.039	1.514
M-15%C-4	3972.0	1826.61	2.175	4.039	4.000	1.338	0.975	1.444
M-15%C-5	3993.0	1756.71	2.273	4.062	4.021	1.360	1.020	1.517
M-15%C-6	3859.0	1689.48	2.284	3.928	3.839	1.202	2.318	3.265
M-15%C-7	4144.2	1799.58	2.303	4.212	4.106	1.477	2.578	3.870
M-15%C-8	3761.2	1645.48	2.286	3.833	3.736	1.103	2.592	3.547
M-15%C-9	3808.0	1662.01	2.291	3.880	3.777	1.147	2.727	3.769
M-15%C-10	4191.0	1816.11	2.308	4.259	4.147	1.521	2.701	4.091
M-15%C-11	4068.0	1756.71	2.316	4.132	4.017	1.393	2.863	4.199
M-15%C-12	4175.8	1791.09	2.331	4.227	4.101	1.482	3.064	4.579
M-15%C-13	4082.8	1749.83	2.333	4.140	4.022	1.399	2.926	4.294
M-15%C-14	4161.0	1756.71	2.369	4.219	4.096	1.476	3.003	4.484
M-15%C-15	4159.0	1797.96	2.313	4.198	4.071	1.453	3.120	4.627
M-15%C-16	4191.0	1814.24	2.310	4.062	3.986	1.339	1.896	2.776
M-15%C-17	4196.0	1804.65	2.325	4.144	4.086	1.433	1.425	2.148
M-15%C-18	4020.0	1747.12	2.301	4.045	3.972	1.324	1.833	2.677
M-15%C-19	4118.0	1756.71	2.344	4.160	4.100	1.448	1.463	2.212
M-15%C-20	4015.0	1756.71	2.286	4.061	4.000	1.349	1.525	2.249

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DEL LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche



DENSIDAD, ABSORCION Y POROSIDAD ABIERTA

ASTM C 642

Tesis : Evaluación de las características del comportamiento estructural del concreto compactado y la capacidad de uso en estaciones de invierno en la ciudad de Juliaca

Tesistas : Edith Emperatriz Larico Mamani, David Edwin Mamani Mamani

Revisado : Ing. Rolando Quispe Basualdo

Fecha : 18/08/2017

Muestra : Concreto Compactado - Cemento al 20 %

CODIGO DE BRIQUETERA	PESO PROBETA (gr)	VOLUMEN DE BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P _{ss}) (KG)	PESO SECO DE LA MUESTRA (P _s) (KG)	PESO SUMERGIDO DE LA MUESTRA (P _m) (KG)	ABSORCION (%)	POROSIDAD ABIERTA (%)
M-20%C-1	4217.0	1828.06	2.307	4.262	4.230	1.865	0.757	1.335
M-20%C-2	4240.2	1831.98	2.315	4.285	4.227	1.875	1.379	2.418
M-20%C-3	4197.2	1801.88	2.329	4.237	4.194	1.855	1.032	1.817
M-20%C-4	4241.0	1824.76	2.324	4.285	4.197	1.875	2.081	3.624
M-20%C-5	4198.0	1797.96	2.335	4.237	4.204	1.855	0.785	1.385
M-20%C-6	3903.0	1662.01	2.348	3.948	3.880	1.555	1.753	2.842
M-20%C-7	4058.7	1711.94	2.371	4.105	4.031	1.707	1.840	3.092
M-20%C-8	3888.7	1663.01	2.338	3.931	3.864	1.537	1.738	2.805
M-20%C-9	4073.0	1710.94	2.381	4.122	4.047	1.725	1.853	3.129
M-20%C-10	3945.0	1689.48	2.335	3.985	3.916	1.585	1.762	2.875
M-20%C-11	4244.0	1828.52	2.321	4.283	4.199	1.875	2.000	3.488
M-20%C-12	4262.5	1818.20	2.344	4.314	4.226	1.905	2.090	3.667
M-20%C-13	4219.5	1756.09	2.403	4.255	4.169	1.845	2.071	3.582
M-20%C-14	4218.0	1766.41	2.388	4.256	4.168	1.845	2.111	3.650
M-20%C-15	4261.0	1766.51	2.412	4.315	4.225	1.905	2.130	3.734
M-20%C-16	4244.0	1811.33	2.343	4.294	4.268	1.915	0.619	1.110
M-20%C-17	4323.0	1813.43	2.384	4.375	4.323	1.987	1.218	2.205
M-20%C-18	3981.0	1691.59	2.353	4.027	3.975	1.637	1.315	2.186
M-20%C-19	4277.0	1756.71	2.435	4.329	4.259	1.935	1.643	2.923
M-20%C-20	3935.0	1689.48	2.329	3.981	3.920	1.585	1.556	2.546

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LAB.
Nombre: David E. Mamani Mamani	Nombre: Edith E. Larico Mamani	Nombre: Jafet Mánfred Pérez Atoche