

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS
DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA
UTILIZANDO AGREGADOS ECOLÓGICOS DE CONCRETO
RECICLADO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ELABORADO POR

GEINER RUBI MENDOZA MENDOZA

ASESOR

Mag. CARLOS ALBERTO VILLEGAS MARTÍNEZ

LIMA – PERÚ

2023

© 2021, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Mendoza Mendoza, Geiner Rubi

geiner.mendoza.m@uni.pe

984057353

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos
por el apoyo incondicional.

A la UNI por la formación
y el conocimiento impartido
de invaluable valor.

A los que día a día aportan
en conocimiento e investigación
con ello nos ayudan a entender y comprender
el comportamiento de los materiales y a la naturaleza .

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por el apoyo y la motivación para terminar esta investigación y dar el siguiente paso en mi formación profesional.

Al personal del laboratorio de ensayos de materiales LEM – UNI, por su apoyo y orientación en el desarrollo de los ensayos de laboratorio para esta investigación.

A mis amigos que me apoyaron en el desarrollo de los ensayos de laboratorio.

Al Mag. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez por orientarme en el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
PRÓLOGO	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. GENERALIDADES	17
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	17
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	24
2.2.1. Clasificación de los residuos de la construcción y demolición	24
2.3. AGREGADOS ECOLÓGICOS DE CONCRETO RECICLADO.....	26
2.3.1. Procedencia de los agregados ecológicos.....	28
2.3.2. Procesos de producción de agregados ecológicos	29
2.3.3. Uso de los agregados ecológicos.....	31
2.3.4. Características de agregados ecológicos	32
2.4. CONCRETO.....	36
2.5. CEMENTO PORTLAND	36
2.6. AGREGADOS.....	38
2.6.1. Clasificación de agregados.....	38
2.6.2. Características físicas del agregado	38
2.7. AGUA	42
2.8. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	42
2.9. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO	43
2.10. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.....	43
2.11. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	43
CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	45
3.1. CEMENTO	45
3.2. AGUA	45
3.3. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	46

3.4.	AGREGADOS.....	46
3.4.1.	Granulometría	47
3.4.2.	Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados... 51	
3.4.3.	Resumen de características de agregados.....	53
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS		55
4.1.	MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLA	55
4.2.	TIPOS DE CONCRETO DEL ESTUDIO	55
4.3.	PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLA	56
4.4.	MEZCLADO DE MATERIALES DEL CONCRETO.....	60
4.4.1.	Mezclado de PATRÓN y ECO.....	60
4.4.2.	Mezclado de ECO+ADIT	61
4.5.	DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO	62
4.5.1.	Diseño de mezcla de PATRÓN	62
4.5.2.	Diseño de mezcla de ECO	66
4.5.3.	Diseño de mezcla de ECO+ADIT	71
4.5.4.	Resumen de diseños de mezcla	72
CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO.....		77
5.1.	DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO..	77
5.1.1.	Asentamiento	78
5.1.2.	Fluidez.....	79
5.1.3.	Peso unitario	80
5.1.4.	Contenido de aire.....	81
5.1.5.	Exudación	82
5.1.6.	Tiempo de fraguado.....	82
5.1.7.	Temperatura.....	83
5.2.	DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE CONCRETO ENDURECIDO	85
5.2.1.	Resistencia a la compresión del concreto.....	88
5.2.2.	Resistencia a la tracción del concreto.....	89
5.2.3.	Resistencia a la flexión del concreto	90
5.2.4.	Absorción, densidad y vacíos permeables.....	91
CAPÍTULO VI: DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MATERIALES DEL CONCRETO		93
6.1.	COSTO DE PATRÓN	93
6.2.	COSTO DE ECO	94
6.3.	COSTO DE ECO+ADIT	95
CAPÍTULO VII: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.....		98
7.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS.....	98

7.1.1.	Peso unitario	98
7.1.2.	Peso específico.....	99
7.1.3.	Porcentaje de absorción	100
7.1.4.	Granulometría	101
7.1.5.	Módulo de finura	104
7.1.6.	Superficie específica.....	105
7.1.7.	Material más fino que pasa la malla N° 200.....	106
7.1.8.	Desgaste por abrasión e impacto.....	107
7.1.9.	Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados.	107
7.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO	108
7.2.1.	Asentamiento	108
7.2.2.	Fluidez.....	110
7.2.3.	Peso unitario	112
7.2.4.	Contenido de aire.....	115
7.2.5.	Exudación	117
7.2.6.	Tiempo de fraguado.....	119
7.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO	123
7.3.1.	Resistencia a la compresión.....	123
7.3.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral	134
7.3.3.	Resistencia a la flexión	137
7.3.4.	Absorción, densidad y vacíos permeables.....	139
7.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	147
7.4.1.	Procedimiento para la prueba de hipótesis.....	147
7.4.2.	Prueba de hipótesis de resistencia a la compresión.....	152
7.4.3.	Prueba de hipótesis de la resistencia a la tracción por compresión diametral	157
7.4.4.	Prueba de hipótesis de la resistencia a la flexión	159
7.4.5.	Prueba de hipótesis de la absorción	161
7.4.6.	Prueba de hipótesis de la densidad	163
7.4.7.	Prueba de hipótesis de vacíos permeables	165
7.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO DE MATERIALES	168
	CONCLUSIONES	176
	RECOMENDACIONES	179
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
	ANEXOS	183

RESUMEN

El reciclado de materiales es una alternativa para disminuir la explotación de recursos no renovables como lo son los agregados naturales utilizados en el concreto. En la presente investigación se tuvo como objetivo el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregados ecológicos provenientes de concreto reciclado.

Para tal fin se inició con el ensayo de agregados, cuyos parámetros sirvieron para definir su calidad y utilizar dichos valores en el diseño de mezcla para 3 tipos de concreto, los cuales son: PATRÓN (Concreto en el cual se usó agregados naturales, este sirvió como patrón, se utilizó como punto de comparación con los demás concretos), ECO (Concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado, manteniendo fija la relación agua/cemento) y ECO+ADIT (Concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado más aditivo superplastificante en 0.7% del peso de cemento, manteniendo fija la relación agua/cemento). En cada uno de los tipos se consideró la relación $a/c=0.60$, 0.65 y 0.70 con asentamiento de 3" - 4". Al concreto en estado fresco se realizaron los ensayos de asentamiento, fluidez, peso unitario, contenido de aire, exudación, tiempo de fraguado y temperatura. Al concreto en estado endurecido se realizaron los ensayos de resistencia a compresión, tracción por compresión diametral, flexión, absorción, densidad y vacíos permeables, y finalmente se realizó la comparación de costos.

Se tuvo como resultado que las propiedades de los agregados ecológicos fino y grueso variaron respecto de los agregados naturales como es el caso del peso específico, en el agregado fino se redujo en 14% y en el agregado grueso se redujo en 12.6%, la absorción, en el agregado fino aumento en 264% y en el agregado grueso aumento 558.1%.

En el análisis de resultados se obtuvo la variación en porcentajes, entre los cuales los más relevantes respecto al PATRÓN son: La resistencia a compresión en ECO disminuyó en promedio 22.1% y en ECO+ADIT varió entre -5.8% hasta 1.6%, la flexión en ECO disminuyó en promedio 22.3% y en ECO+ADIT disminuyó en promedio 14.6%, la absorción en ECO aumento en promedio 102.0% y en ECO+ADIT aumento en promedio 79.2%, la densidad en ECO disminuyó en promedio 19.1% y en ECO+ADIT disminuyó en promedio 14.9%, y los vacíos permeables en ECO aumento en promedio 63.3% y en ECO+ADIT aumento en promedio 52.4%. En conclusión se evidenció la influencia significativa de los agregados ecológicos en el concreto, estos se pueden usar en elementos de concreto no estructurales que no estén sometidos a suelos agresivos y/o expuestos a heladas.

ABSTRACT

The recycling of materials is an alternative to reduce the exploitation of non-renewable resources such as natural aggregates used in concrete. In the present investigation, the objective was to study the physical and mechanical properties of medium to low resistance concrete using ecological aggregates from recycled concrete.

For this purpose, the aggregate test began, whose parameters served to define its quality and use said values in the mix design for 3 types of concrete, which are: PATRON (Concrete in which natural aggregates were used, this served as a standard, it was used as a point of comparison with the other concretes), ECO (Concrete with ecological aggregates from recycled concrete, keeping the water/cement ratio fixed) and ECO+ADIT (Concrete with ecological aggregates from recycled concrete plus superplasticizer additive at 0.7 % of cement weight, keeping the water/cement ratio fixed). In each of the types, the ratio $w/c=0.60$, 0.65 and 0.70 with a settlement of 3" - 4" was considered. Tests for settlement, fluidity, unit weight, air content, exudation, setting time and temperature were carried out on concrete in the fresh state. The tests of compression resistance, traction by diametrical compression, flexion, absorption, density and permeable voids were carried out on the concrete in the hardened state, and finally the cost comparison was carried out.

The result was that the properties of the fine and coarse ecological aggregates varied with respect to the natural aggregates, such as the specific weight, in the fine aggregate it was reduced by 14% and in the coarse aggregate it was reduced by 12.6%, the absorption, in the fine aggregate it increased by 264% and in the coarse aggregate it increased 558.1%.

In the analysis of results, the variation in percentages was obtained, among which the most relevant with respect to the PATRON are: The compressive strength in ECO decreased by an average of 22.1% and in ECO+ADIT it varied between -5.8% to 1.6%, the flexion in ECO it decreased by an average of 22.3% and in ECO+ADIT it decreased by an average of 14.6%, the absorption in ECO increased by an average of 102.0% and in ECO+ADIT it increased by an average of 79.2%, the density in ECO decreased by an average of 19.1% and in ECO+ADIT decreased by an average of 14.9%, and permeable voids in ECO increased by an average of 63.3% and in ECO+ADIT increased by an average of 52.4%. In conclusion, the significant influence of ecological aggregates in concrete was evidenced, these can be used in non-structural concrete elements that are not subjected to aggressive soils and/or exposed to frost.

PRÓLOGO

El crecimiento de la industria de la construcción es mayor cada año requiere de muchos recursos naturales como por ejemplo los agregados que ocupan un volumen aproximado de 70% del concreto, genera grandes cantidades de residuos que van a terminar en botaderos muchos de ellos informales con un inadecuado proceso de disposición final, contaminando el medio ambiente.

Ante el agotamiento de agregados naturales y producción de desechos concreto surge la necesidad de reutilizar los materiales, es por ello que en esta tesis, con la finalidad de aportar al cuidado del medio ambiente se presenta diseño con agregados reciclados, se estudia las propiedades de concreto y se presenta un análisis de la comparación de resultados respecto al concreto con agregados naturales.

Esta tesis de grado es un precedente para nuevas investigaciones utilizando agregados ecológicos de concreto reciclado y también para la elaboración de elementos de concreto en los cuales cumpla con las especificaciones técnicas de las diversas obras de construcción.

Se debe fomentar el uso de concreto producido con agregados ecológicos provenientes de concreto reciclado.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Resumen del Estudio Planteado y los Estudios Realizados en los Antecedentes de la Investigación</i>	23
Tabla 2. <i>Clasificación de los Residuos de la Actividad de la Construcción y Demolición</i>	26
Tabla 3. <i>Posible Uso de Agregados de Acuerdo a su Procedencia de Concreto de Demolición</i>	32
Tabla 4. <i>Límite de Composición Aproximado Para el Cemento Pórtland</i>	37
Tabla 5. <i>Tipos de Cemento según NTP 334.009:2020</i>	37
Tabla 6. <i>Requerimiento de Granulometría Para Agregado Fino</i>	39
Tabla 7. <i>Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso</i>	40
Tabla 8. <i>Propiedades y Composición del Cemento Sol Portland Tipo I</i>	45
Tabla 9. <i>Granulometría de Agregado Fino Natural y Límite de Huso NTP 400.037</i>	47
Tabla 10. <i>Granulometría de Agregado Fino Ecológico y Límite de Huso NTP 400.037</i>	48
Tabla 11. <i>Granulometría de Agregado Grueso Natural y Límite de Huso 5 NTP 400.037</i>	49
Tabla 12. <i>Granulometría de Agregado Grueso Ecológico y Límite de Huso 7 NTP 400.037</i>	50
Tabla 13. <i>Máximo Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	53
Tabla 14. <i>Resumen de Propiedades de los Agregados</i>	54
Tabla 15. <i>Tipos de Concreto con Agregados Naturales y Ecológicos Objetos de Estudio</i>	56
Tabla 16. <i>Consistencia de Concreto y su Asentamiento</i>	56
Tabla 17. <i>Volumen Unitario de Agua (l/m³)</i>	57
Tabla 18. <i>Contenido de Aire Atrapado</i>	57
Tabla 19. <i>Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados Naturales en el Concreto PATRÓN con a/c=0.60</i>	62
Tabla 20. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.60, Agua = 200 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.20/44.80</i>	63
Tabla 21. <i>Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados Naturales en el Concreto PATRÓN con a/c=0.65</i>	64
Tabla 22. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.65, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 50.99/49.01</i>	65
Tabla 23. <i>Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados Naturales en el Concreto PATRÓN con a/c=0.70</i>	65
Tabla 24. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.70, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.02/46.98</i>	66
Tabla 25. <i>Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados Ecológicos en el Concreto ECO con a/c=0.60</i>	67
Tabla 26. <i>Diseño de ECO, a/c= 0.60, Agua = 220L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.41/47.59</i>	68
Tabla 27. <i>Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados Ecológicos en el Concreto ECO con a/c=0.65</i>	68
Tabla 28. <i>Diseño de ECO, a/c= 0.65, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico/ % Agregado Grueso Ecológico = 52.08/47.92</i>	69
Tabla 29. <i>Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados Ecológicos en el Concreto ECO con a/c=0.70</i>	70

Tabla 30. Diseño de Concreto ECO, a/c= 0.70, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.35/47.65.....	70
Tabla 31. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.60, Agua = 187 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.41/47.59.....	71
Tabla 32. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.65, Agua = 183 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.08/47.92.....	71
Tabla 33. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.70, Agua = 180 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.35/47.65.....	72
Tabla 34. Resumen de Cantidad de Cemento, Agua y Porcentaje de Agregados Para Cada Tipo de Concreto.....	72
Tabla 35. Variación en Porcentaje de la Cantidad de Cemento y Agua Respecto a PATRÓN.....	73
Tabla 36. Peso de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco de Concreto.....	75
Tabla 37. Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco de Concreto..	75
Tabla 38. Peso de Materiales Para Cada Diseño Húmedo (obra) de Concreto .	76
Tabla 39. Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño Húmedo (obra) de Concreto.....	76
Tabla 40. Cantidad de Muestras de Cada Ensayo del Concreto Fresco.....	77
Tabla 41. Consistencia de Mezclas de Acuerdo a su Asentamiento.....	78
Tabla 42. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto.....	79
Tabla 43. Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto.....	80
Tabla 44. Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto en Estado Fresco	81
Tabla 45. Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto.....	81
Tabla 46. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto.....	82
Tabla 47. Tiempo de Fragua Inicial y Final de los Diferentes Tipos de Concreto	83
Tabla 48. Temperatura de Mezcla de los Diferentes Tipos de Concreto.....	85
Tabla 49. Cantidad de Probetas Ensayadas a Compresión para Determinar el Porcentaje Óptimo de Agregados.....	86
Tabla 50. Cantidad de Muestras de Cada Ensayo del Concreto Endurecido para 7, 14, 28 y 56 días.....	87
Tabla 51. Resistencia a Compresión en el Tiempo de los Diferentes Tipos de Concreto.....	89
Tabla 52. Resistencia a la Tracción de los Diferentes Tipos de Concreto.....	90
Tabla 53. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto.....	90
Tabla 54. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto.....	92
Tabla 55. Precio Unitario de Materiales en Obra.....	93
Tabla 56. Costo para la Preparación de 1m ³ de PATRÓN, a/c=0.60.....	93
Tabla 57. Costo para la Preparación de 1m ³ de PATRÓN, a/c=0.65.....	94
Tabla 58. Costo para la Preparación de 1m ³ de PATRÓN, a/c=0.70.....	94
Tabla 59. Costo para la Preparación de 1m ³ de ECO, a/c=0.60.....	94
Tabla 60. Costo para la Preparación de 1m ³ de ECO, a/c=0.65.....	95
Tabla 61. Costo para la Preparación de 1m ³ de ECO, a/c=0.70.....	95
Tabla 62. Costo para la Preparación de 1m ³ de ECO+ADIT, a/c=0.60.....	95
Tabla 63. Costo para la Preparación de 1m ³ de ECO+ADIT, a/c=0.65.....	96
Tabla 64. Costo para la Preparación de 1m ³ de ECO+ADIT, a/c=0.70.....	96
Tabla 65. Resumen de Costos de los Diferentes Tipos de Concreto.....	97
Tabla 66. Costo de Materiales y la Resistencia a Compresión en 28 Días de Cada Tipo de Concreto.....	97

Tabla 67. <i>Peso Unitario de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural</i>	98
Tabla 68. <i>Peso Unitario de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural</i>	98
Tabla 69. <i>Peso Específico de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural</i>	99
Tabla 70. <i>Peso Específico de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural</i>	99
Tabla 71. <i>Porcentaje de Absorción de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural</i>	101
Tabla 72. <i>Porcentaje de Absorción de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural</i>	101
Tabla 73. <i>Granulometría de Agregado Fino Natural y Ecológico, Límite de Huso NTP 400.037</i>	102
Tabla 74. <i>Granulometría de Agregado Grueso Natural y Ecológico, Límite de Husos 5 y 7 NTP 400.037</i>	103
Tabla 75. <i>Módulo de Finura de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural</i>	105
Tabla 76. <i>Módulo de Finura de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural</i>	105
Tabla 77. <i>Superficie Específica de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural</i>	106
Tabla 78. <i>Superficie Específica de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural</i>	106
Tabla 79. <i>Material más Fino que Pasa la Malla N.º 200 de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural</i>	106
Tabla 80. <i>Porcentaje de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural</i>	107
Tabla 81. <i>Máximo P.U.C. de los Agregados Naturales y Ecológicos, Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Natural</i>	108
Tabla 82. <i>Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN</i>	109
Tabla 83. <i>Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN</i>	111
Tabla 84. <i>Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN</i>	114
Tabla 85. <i>Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN</i>	116
Tabla 86. <i>Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN</i>	118
Tabla 87. <i>Tiempo de Fragua Inicial y Final de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN</i>	120
Tabla 88. <i>Resumen de % de Variaciones de las Propiedades del Concreto Fresco Utilizando Agregados Ecológicos Respecto del Patrón</i>	123
Tabla 89. <i>Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.60</i>	124
Tabla 90. <i>Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.65</i>	125
Tabla 91. <i>Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.70</i>	127
Tabla 92. <i>Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a 28 Días</i>	128

Tabla 93. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a 56 Días	129
Tabla 94. Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	135
Tabla 95. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	138
Tabla 96. Absorción de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	140
Tabla 97. Densidad de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	142
Tabla 98. Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN	144
Tabla 99. Resumen de Porcentaje de Variaciones de las Propiedades del Concreto Endurecido Utilizando Agregados Ecológicos Respecto de PATRÓN	145
Tabla 100. Prueba Estadística Paramétrica y su Equivalente no Paramétrica de Acuerdo al Tipo de Datos de Investigación.....	148
Tabla 101. Identificación y Datos de Muestras de Resistencia a Compresión .	153
Tabla 102. Prueba de Normalidad de Muestras de Resistencia a la Compresión	154
Tabla 103. Prueba de Homogeneidad de Resistencia a Compresión Respecto de PATRÓN	155
Tabla 104. Contrastación de Hipótesis de Resistencia a Compresión Aplicando la Prueba Paramétrica T Student	156
Tabla 105. Contrastación de Hipótesis de Resistencia a Compresión Aplicando la Prueba No Paramétrica Mann-Whitney.....	156
Tabla 106. Identificación y Datos de Muestras de Resistencia a Tracción	157
Tabla 107. Prueba de Normalidad de Muestras de Resistencia a la Tracción .	157
Tabla 108. Prueba de Homogeneidad de Resistencia a Tracción Respecto de PATRÓN	158
Tabla 109. Contrastación de Hipótesis de Resistencia a Tracción Aplicando la Prueba Paramétrica T Student.....	158
Tabla 110. Identificación y Datos de Muestras de Resistencia a Flexión	159
Tabla 111. Prueba de Normalidad de Muestras de Resistencia a la Flexión....	160
Tabla 112. Prueba de Homogeneidad de Resistencia a Flexión Respecto de PATRÓN	160
Tabla 113. Contrastación de Hipótesis de Resistencia a la Flexión Aplicando la Prueba Paramétrica T Student.....	161
Tabla 114. Identificación y Datos de Muestras Para Absorción	161
Tabla 115. Prueba de Normalidad de Muestras de Absorción	162
Tabla 116. Prueba de Homogeneidad de Absorción Respecto de PATRÓN... ..	162
Tabla 117. Contrastación de Hipótesis de Absorción Aplicando la Prueba Paramétrica T Student.....	163
Tabla 118. Contrastación de Hipótesis de Absorción Aplicando la Prueba No Paramétrica Mann-Whitney	163
Tabla 119. Identificación y Datos de Muestras Para Densidad.....	164
Tabla 120. Prueba de Normalidad de Muestras de Densidad.....	164
Tabla 121. Prueba de Homogeneidad de Densidad Respecto de PATRÓN....	165
Tabla 122. Contrastación de Hipótesis de la Densidad Aplicando la Prueba Paramétrica T Student.....	165
Tabla 123. Identificación y Datos de Muestras de Vacíos Permeables	166
Tabla 124. Prueba de Normalidad de Muestras de Vacíos Permeables.....	166

Tabla 125. Prueba de Homogeneidad de Vacíos Permeables Respecto de PATRÓN	167
Tabla 126. Contrastación de Hipótesis de Vacíos Permeables Aplicando la Prueba Paramétrica T Student	167
Tabla 127. Contrastación de Hipótesis de Vacíos Permeables Aplicando la Prueba No Paramétrica Mann-Whitney	168
Tabla 128. Costo de Materiales de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN	169
Tabla 129. Costo de Materiales y Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto	171
Tabla 130. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 28 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo	172
Tabla 131. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 56 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo	173
Tabla 132. Resumen de Porcentaje de Variaciones del Costo de Concreto Utilizando Agregados Ecológicos Respecto del Patrón	174
Tabla 133. Resumen de Porcentaje de Variaciones de la Resistencia a Compresión de Concreto Utilizando Agregados Ecológicos Para un Costo Fijo Determinado por el Patrón	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los Residuos de la Actividad de la Construcción y Demolición.....	25
Figura 2. Diagrama de Obtención del Concreto de Demolición y Agregados de Concreto Reciclado.....	29
Figura 3. Granulometría Agregado Fino Natural vs Huso NTP 400.037.....	48
Figura 4. Granulometría Agregado Fino Ecológico vs Huso NTP 400.037.....	49
Figura 5. Granulometría Agregado Grueso Natural vs Huso 5 NTP 400.037.....	50
Figura 6. Granulometría Agregado Grueso Ecológico vs Huso NTP 400.037.....	51
Figura 7. Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales vs Porcentaje de Agregado Fino	52
Figura 8. Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Ecológicos vs Porcentaje de Agregado Fino.....	53
Figura 9. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN, $a/c=0.60$	63
Figura 10. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN, $a/c=0.65$	64
Figura 11. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN, $a/c=0.70$	66
Figura 12. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión ECO $a/c=0.60$	67
Figura 13. P.U.C. de la Combinación de agregados y Resistencia a Compresión de ECO $a/c=0.65$	69
Figura 14. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión para ECO, $a/c=0.70$	70
Figura 15. Cantidad de Cemento de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c	73
Figura 16. Cantidad Agua de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c . 74	
Figura 17. Curva Granulométrica Agregado Fino Natural y Ecológico vs Huso NTP 400.037	102
Figura 18. Granulometría Agregado Grueso Natural y Ecológico vs Huso 5 y 7 NTP 400.037	104
Figura 19. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	109
Figura 20. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c . 110	
Figura 21. Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	112
Figura 22. Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c	112
Figura 23. Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	114
Figura 24. Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c . 115	
Figura 25. Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN	116
Figura 26. Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c	117
Figura 27. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	118
Figura 28. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c	119
Figura 29. Tiempo de Fragua Inicial de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	121

Figura 30. Tiempo de Fragua Final de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	121
Figura 31. Tiempo de Fraguado Inicial TFI de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c.....	122
Figura 32. Tiempo de Fraguado Final TFF de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c.....	122
Figura 33. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.60.....	124
Figura 34. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.65.....	126
Figura 35. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.70.....	127
Figura 36. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a los 28 Días.....	129
Figura 37. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a 56 Días.....	130
Figura 38. Resistencia a Compresión a 28 Días vs la Cantidad de Cemento de los Diferentes Tipos de Concreto.....	131
Figura 39. Resistencia a Compresión a 56 Días vs la Cantidad de Cemento de los Diferentes Tipos de Concreto.....	131
Figura 40. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto a los 28 Días Para Cada a/c.....	132
Figura 41. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto a los 56 Días Para Cada a/c.....	132
Figura 42. Variación de Resistencias a Compresión Para Relación Agua-Cemento de Concreto Sin Aire Incluido de Cemento Portland Basadas en Más de 100 Diferentes Mezclas de Concreto entre 1985 y 1999.....	133
Figura 43. Superposición de Resistencias a Compresión de PATRÓN, ECO Y ECO+ADIT en Grafica de Variación de Resistencias a Compresión de Concreto Sin Aire Incluido de Cemento Portland.....	134
Figura 44. Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a los 28 Días.....	136
Figura 45. Resistencia a la Tracción de los Diferentes Tipos de Concreto a los 28 Días Para Cada a/c.....	136
Figura 46. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	138
Figura 47. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto a los 28 Días Para Cada a/c.....	139
Figura 48. Absorción de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	140
Figura 49. Absorción de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c.....	141
Figura 50. Densidad de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	142
Figura 51. Densidad de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c.....	143
Figura 52. Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	144
Figura 53. Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c.....	145
Figura 54. Pruebas Estadísticas de Contrastación de Hipótesis de Acuerdo a Distribución Normal y Homogeneidad.....	147
Figura 55. Costo de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN.....	169

Figura 56. Costo de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c.....	170
Figura 57. Costo de Materiales vs Resistencia a Compresión a 28 días de los Diferentes Tipos de Concreto	171
Figura 58. Costo de Materiales vs Resistencia a Compresión a 56 días de los Diferentes Tipos de Concreto	172
Figura 59. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 28 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo.....	173
Figura 60. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 56 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo.....	174

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

a/c	:	Relación agua cemento
ACI	:	American Concrete Institute
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
cm ²	:	Centímetro Cuadrado
cm ³	:	Centímetro Cúbico
CV	:	Coeficiente de variación
CV _{max}	:	Coeficiente de variación máximo
ESD	:	Prueba de la Desviación Estudentizada Extrema
f'c	:	Resistencia a la compresión axial del concreto
G _{crit}	:	Valor estadístico crítico de la prueba de Grubbs
G _{max}	:	Valor estadístico de prueba de Grubbs del máximo valor de la muestra
G _{min}	:	Valor estadístico de prueba de Grubbs del mínimo valor de la muestra
gr	:	Gramo
kg	:	Kilogramo
lt	:	Litro
m ³	:	Metro cúbico
mm	:	Milímetro
MPa	:	Megapascal
Mr	:	Módulo de rotura
n	:	Cantidad de datos
NTP	:	Norma Técnica Peruana
P.U.C.	:	Peso Unitario Compactado
P.U.S.	:	Peso Unitario Suelto
Psi	:	Libra por pulgada cuadrada
Pulg	:	Pulgada
S	:	Desviación estándar
T	:	Resistencia a la compresión diametral del concreto
T.F.F.	:	Tiempo de fragua final

T.F.I.	:	Tiempo de fragua inicial
t_{crit}	:	Valor critico de la distribución t con n-2 grados de libertad.
TMN	:	Tamaño máximo nominal
Und	:	Unidad
X_{max}	:	Valor máximo de la muestra
X_{min}	:	Valor mínimo de la muestra
\bar{X}	:	Media
°C	:	Grados Centígrados
Δ	:	Variación
%	:	Porcentaje

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El reciclado de materiales es una alternativa para disminuir la explotación de recursos no renovables como lo son el agregado natural grueso y fino utilizados en el concreto.

En la actualidad en la ciudad de Lima hay empresas que ya comercializan agregados provenientes de concreto reciclado, que son residuos sólidos de la construcción y demoliciones. Están comprometidos con el cuidado del medio ambiente y se requiere de investigaciones para determinar el comportamiento del concreto utilizando dichos agregados.

Por ello se va a estudiar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia con relación de agua – cemento de 0.60, 0.65, 0.70; utilizando cemento Portland tipo I, realizando un diseño patrón con agregados naturales, para luego ser reemplazados en su totalidad por agregados ecológicos.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La extracción de materiales de construcción, tales como los agregados que son extraídos de fuentes naturales, producen un impacto ambiental negativo, ya que generan modificación de drenajes, deterioro o exterminio de flora, fauna, modificación de relieves y agotamiento de recursos.

La industria de la construcción utiliza grandes cantidades de recursos naturales, contamina y genera residuos sólidos provenientes de la actividad y procesos de la construcción, rehabilitación restauración, remodelación y demolición de infraestructura.

La producción de escombros es mayor cada año y no hay un plan definido de reutilización de residuos por parte de la industria de la construcción en Perú.

Los desechos de la construcción generan diversos problemas ambientales como la contaminación del suelo (depósitos de desmonte), agua subterránea (filtración de agua contaminada subterránea en los depósitos de desmonte) del aire (liberación de partículas de polvo y gases tóxicos propios de los desmontes y del transporte), acústica (generación de ruido por los equipos y vehículos de transporte hacia los depósitos de desmonte), también afecta la calidad de vida en las ciudades, por el tráfico generado en su transporte.

Hay empresas en Lima que han iniciado recientemente la comercialización de agregados fino y grueso denominados ecológicos provenientes de concreto reciclado, que son obtenidos de la recolección y acopio de residuos sólidos de la construcción y demolición, se necesitan investigaciones para evaluar las características de los agregados ecológicos y el comportamiento físico y mecánico del concreto utilizando dichos agregados ecológicos.

Con la presente investigación se quiere dar a conocer que, con el uso de agregados ecológicos obtenidos de concreto reciclado se puede obtener concretos con resistencias similares al utilizar agregados naturales, si se determina un buen comportamiento del concreto en estado fresco, endurecido y el costo es sostenible se puede incentivar el uso de agregados de concreto reciclado para preservar y proteger el medio ambiente, mediante un desarrollo sustentable de gran impacto, al ser el concreto el material más usado en la industria de la construcción.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. Objetivo general

Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia ($a/c = 0.60, 0.65$ y 0.70) utilizando agregados ecológicos provenientes del concreto reciclado.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físicas del concreto fresco utilizando agregados naturales y ecológicos provenientes de concreto reciclado.
- ✓ Determinar las propiedades mecánicas y físicas (absorción, densidad y vacíos permeables) del concreto endurecido utilizando agregados naturales y ecológicos provenientes de concreto reciclado.
- ✓ Comparar costos del concreto utilizando agregados naturales y ecológicos provenientes de concreto reciclado.

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

El uso de agregados ecológicos proveniente de concreto reciclado influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia, y también en costos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el concreto diseñado con la cantidad de cemento de 260 kg, 300 kg y 358 kg por metro cúbico respectivamente y para un slump de 3" a 4" , utilizando agregados naturales, con una relación de agua/cemento de 0.80, 0.70, 0.60, obtuvieron resistencias a compresión a 28 días de 202 kg/cm², 258 kg/cm² y 313 kg/cm² y al utilizar agregados fino y grueso provenientes de concreto reciclado, para relaciones de agua/cemento de 0.87, 0.77, 0.66, se obtuvieron resistencias en compresión de 196 kg/cm², 238 kg/cm², 266 kg/cm² con los cual se tiene una disminución de la resistencia a compresión de 3.2%, 7.9%, 14.9%, recomendando el uso de plastificante o fluidificante con la finalidad de reducir agua y por lo tanto aumento de la resistencia (Ponce Portocarrero, 2014).

Para el concreto diseñado con relación agua/cemento de 0.50 y un slump de 2" a 3", utilizando agregados naturales se usó 394.4 kg de cemento por metro cubico, obteniendo una resistencia a compresión a 28 días de 235 kg/cm², y al utilizar agregados fino y grueso provenientes de concreto reciclado se utilizó 424.76 kg de cemento por metro cubico, obteniendo una resistencia de 203 kg/cm², con lo cual se tiene un aumento del 7.7% en la cantidad de cemento y una disminución de 13.62% de resistencia (Bedoya & Dzul, 2015).

Para el concreto diseñado inicialmente para una relación de agua/cemento de 0.45, 0.50, 0.55, y un slump de 3" a 4", con agregado natural se obtiene un contenido de cemento de 604 kg, 508 kg, 445 kg, por metro cúbico y se obtuvieron resistencias en compresión a 28 días de 414 kg/cm², 370 kg/cm², 300 kg/cm², al reemplazar los agregados grueso y fino naturales por agregados de concreto reciclado, manteniendo las cantidades de cemento se tiene una variación de la relación agua/cemento, quedando con valores de 0.41, 0.44, 0.49, se obtuvo resistencias de compresión de 374 kg/cm², 343 kg/cm², 292 kg/cm², teniendo una disminución de la resistencia de 9.66%, 7.9.66%, 7.30%, 2.67%, respectivamente, recomienda el uso de aditivos para el concreto con agregado de concreto reciclado (Sumari Ramos, 2016).

Para el concreto diseñado inicialmente para una relación de agregado/cemento de 1:3, 1:4, 1:5 dando respectivamente una relación de agua/cemento de 0.46, 0.52, 0.61 y slump de 3" a 4" con agregado natural se obtiene resistencias en compresión a 28 días de 393 kg/cm², 360 kg/cm², 274 kg/cm², al reemplazar el

agregado grueso por agregado reciclado de concreto, ladrillos de arcilla, cerámicos y morteros, mantenido la relación de agregado/cemento de 1:3, 1:4, 1:5 dando respectivamente una relación de agua/cemento de 0.52, 0.68, 0.78 y slump de 3" a 4", se obtuvo resistencias de compresión a 28 días de 328 kg/cm², 263 kg/cm², 249 kg/cm², tomando como variable fijo la relación agregado/cemento se tuvo una disminución de la resistencia de 16.4%, 26.8%, 8.9%, respectivamente, recomienda la implementación de plantas dedicadas a la industria del reciclaje de los residuos de construcción y demolición y sugiere la investigación del uso de agregados reciclados de concreto en diferentes elementos prefabricados (Cipriano Rojas, 2019).

En las investigaciones anteriores se realizaron lo siguiente:

-Ponce Portocarrero planteó estudiar el concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregados fino y grueso reciclados de concreto obtenidos de trituración manual de probetas ensayadas de diferentes procedencias, consideró mantener fija la cantidad de cemento de concreto patrón en el cual utilizó $a/c = 0.60, 0.70$ y 0.80 , considero un asentamiento de 3" a 4", los ensayos al concreto fresco realizados fueron: Asentamiento, peso unitario, fluidez, exudación y tiempo de fragua, y al concreto en estado endurecido: Resistencia a compresión, tracción y absorción.

-Bedoya & Dzul utilizaron como agregado grueso residuos de concreto y para el agregado fino 50% de concreto demolido y 50% de mampostería de ladrillo, consideraron un asentamiento de 2" a 3" y solo utilizaron una relación $a/c=0.50$, realizaron ensayos a compresión, ensayos de absorción, densidad y vacíos permeables al concreto, también calculó el costo del concreto.

-Sumari Ramos planteó estudiar el concreto de mediana a alta resistencia utilizando agregados fino y grueso reciclados de concreto obtenidos de trituración manual de probetas ensayadas de diferentes procedencias, consideró mantener fija la cantidad de cemento de concreto patrón en el cual utilizó $a/c = 0.45, 0.50$ y 0.55 , consideró un asentamiento de 3" a 4", los ensayos al concreto fresco fueron: Asentamiento, peso unitario, fluidez, contenido de aire, exudación y tiempo de fragua, y al concreto en estado endurecido: resistencia a compresión, tracción y absorción.

-Cipriano Rojas planteó estudiar el concreto elaborado con residuos de construcción y demolición reciclados, utilizo agregados de origen pétreo en los

que consideró concreto, mortero, arcilla cocida y cerámico obtenidos de trituración manual, consideró mantener fija la relación agregado-cemento de 1/3, 1/4 y 1/5, dando para el concreto patrón relaciones $a/c = 0.46, 0.52$ y 0.61 y para el concreto con agregados reciclados $a/c = 0.52, 0.68$ y 0.78 respectivamente, considero un asentamiento de 3" a 4", los ensayos al concreto fresco fueron: Asentamiento, peso unitario, fluidez, tiempo de fragua y exudación, y al concreto endurecido fue resistencia a la compresión, tracción, modulo elástico y absorción.

De acuerdo a los antecedentes anteriores y las consideraciones en cada investigación se planteó el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia, también la determinación de costos utilizando agregados ecológicos de concreto reciclado con y sin aditivo superplastificante.

Se está considerando la utilización de agregados ecológicos (denominados ecológicos por la reutilización de materiales ayudando a la protección del medio ambiente) provenientes de concreto reciclado, su procedencia es de producción a gran escala y ya se está comercializando, lo cual hace necesaria en la actualidad el estudio de la propiedades de los agregados y del concreto producido.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los estudios planteados y los estudios realizados en las investigaciones de los antecedentes, donde se resalta que en la investigación planteada se mantiene fija la relación a/c (para mantener el asentamiento de 3" a 4" en los diferentes tipos de concreto se varía el agua proporcional al cemento) ya que se tiene conocimiento que hay correspondencia entre la relación a/c y la resistencia a compresión, a diferencia de los estudios anteriores en los cuales se consideró la cantidad de cemento fijo (como en el caso de Ponce que mantuvo la cantidad de cemento fija y variando solo el agua para mantener el asentamiento de 3" a 4" por consiguiente también varió la relación a/c) o la relación agregado-cemento fijo. El proceso de obtención de los agregados es en planta de tratamiento de residuos de concreto para reutilización a gran escala, a diferencia de los antecedentes cuyo proceso era trituración manual y específicamente para la investigación, se planteó ensayos físicos de absorción, densidad y vacíos permeables, con la finalidad de tener noción de durabilidad del concreto, se planteó tipos de concreto con y sin aditivo ya que en

las anteriores investigaciones no se realizó y era recomendación en varios estudios, también se planteó la determinación de costos para compararlos con los costos del concreto patrón.

Tabla 1. Resumen del Estudio Planteado y los Estudios Realizados en los Antecedentes de la Investigación

Descripción	Tesis de investigación	Ponce Portocarrero	Bedoya & Dzul	Sumari Ramos	Cipriano Rojas
Año	2023	2014	2015	2016	2019
Objetivo	Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia	Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia	Estudio del concreto con agregados reciclados	Estudio del concreto reciclado de mediana a alta resistencia	Estudio de concreto elaborado con agregados de residuos de construcción y demolición
Relación a/c	0.60, 0.65 y 0.70 en patrón y reciclado	0.60, 0.70 y 0.80 en patrón 0.66, 0.77 y 0.87 en concreto reciclado	0.50 en patrón y reciclado	0.45, 0.50 y 0.55 en Patrón y 0.41, 0.44 y 0.49 en concreto reciclado	0.46, 0.52 y 0.61 en patrón y 0.52, 0.68 y 0.78 en concreto reciclado
Asentamiento	3" a 4 "	3" a 4"	2" a 3"	3" a 4 "	3" a 4 "
Variable constante	Relación agua cemento a/c fijo	Cantidad de cemento fijo, agua variable	Relación agua cemento a/c fijo	Cantidad de cemento fijo, agua variable	Relación agregado cemento fijo
Agregados	A. fino y grueso de concreto reciclado	A. fino y grueso de concreto reciclado	A. fino 50% de concreto demolido y 50% de mampostería de ladrillo y para el a. grueso residuos de concreto	A. fino y grueso de concreto reciclado	A. fino y grueso reciclado de concreto, ladrillos de arcilla, cerámicos y morteros
Proceso de obtención de agregado	Producción en planta de tratamiento de residuos de concreto para reutilización	Trituración manual	Trituración manual	Trituración manual	Trituración manual
Ensayos al concreto fresco	Asentamiento, fluidez, peso unitario, contenido de aire, exudación, tiempo de fragua	Asentamiento, fluidez, peso unitario, exudación, tiempo de fragua	Asentamiento	Asentamiento, peso unitario, fluidez, contenido de aire, exudación y tiempo de fragua	Asentamiento, peso unitario, fluidez, tiempo de fragua y exudación
Ensayos mecánicos al concreto endurecido	Resistencia a compresión, tracción, flexión	Resistencia a compresión y tracción	Resistencia a compresión	Resistencia a compresión y tracción	Resistencia a la compresión, tracción, modulo elástico
Ensayos físicos al concreto endurecido	Absorción(inmersión y ebullición), densidad y vacíos permeables	Absorción (solo por inmersión)	Absorción densidad y vacíos permeables	Absorción (solo por inmersión)	Absorción (solo por inmersión)
Uso de aditivo superplastificante	Sin aditivo y con aditivo superplastificante	Sin aditivo	Sin aditivo	Sin aditivo	Sin aditivo
Costos del concreto	Determinación de costos y comparación	No	Si	No	No

Fuente: Elaboración propia.

2.2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Los residuos sólidos de la construcción y demolición son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de infraestructura, habilitaciones urbanas y/o edificaciones.

2.2.1. Clasificación de los residuos de la construcción y demolición

Los residuos de la construcción y demolición se clasifican en función a las etapas del proceso constructivo o de demolición, a las características y a su manejo (MVCS-DGAA, 2020, pág. 37).

2.2.1.1. *Clasificación considerando las etapas del proceso de construcción o demolición*

De acuerdo a las etapas del proceso de construcción o demolición se generan los siguientes residuos:

-Excedentes de remoción o desmonte limpio

Son los residuos que se mantienen limpios o no se encuentran mezclados con elementos contaminantes, provenientes de exceso de materiales o excavaciones, tenemos como ejemplo, residuos pétreos, arenas y tierras.

-Excedentes de obra y escombros

Son residuos provenientes de excedentes de obra y escombros propiamente dichos, tenemos como ejemplo, Concretos, agregados, maderas, metálicos, Plásticos, material cerámico, asfaltos.

2.2.1.2. *Clasificación de acuerdo a sus características y al manejo que reciben*

De acuerdo a sus características y al manejo que reciben se generan los siguientes residuos:

-No peligrosos.

Son los residuos excedentes de remoción, excedentes de obra y escombros que no contienen sustancias peligrosas.

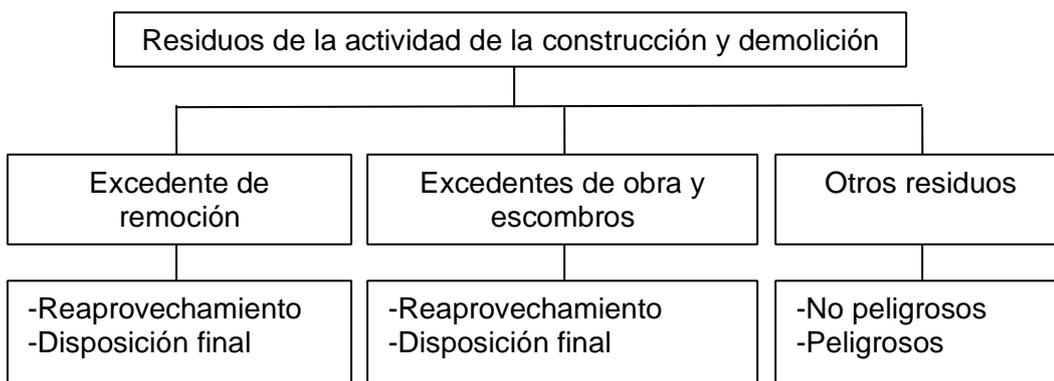
-Peligrosos.

De acuerdo con el artículo 71 del Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, los residuos sólidos peligrosos de la construcción y demolición son aquellos que contienen sustancias listadas en el Anexo III del referido

reglamento. En la cual tenemos, por ejemplo, desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites asfaltos, resinas, plastificantes, tintas, bitúmenes, barnices, asbesto, escorias, plomo cenizas volantes, luminarias convencionales y fluorescentes, desechos de explosivos y otros elementos que contengan sustancias peligrosas.

A continuación, se presenta la Figura 1 y Tabla 2 de clasificación de los residuos de la actividad de la construcción y demolición.

Figura 1. Clasificación de los Residuos de la Actividad de la Construcción y Demolición.



Fuente: (INACAL-NTP 400.050, 2017, pág. 6).

Tabla 2. Clasificación de los Residuos de la Actividad de la Construcción y Demolición

Excedentes de remoción	Excedentes de obra y escombros	Otros residuos
Reaprovechables	Reaprovechables	Reaprovechables
Pétreos, arenas y tierras	Concretos y derivados Agregados Madera y derivados, o similares Metálicos y derivados Plásticos y derivados Material cerámico Asfaltos y derivados	-Papeles y cartones Vidrios Plásticos Metales Orgánicos Peligrosos reciclables (aceites usados y baterías)
Disposición final	Disposición final	Disposición final
Pétreos, arenas y tierras	Madera y derivados, o similares Metálicos y derivados Plásticos y derivados Concretos y derivados Material cerámico	Comunes Peligrosos

Fuente: (INACAL-NTP 400.050, 2017, pág. 6).

2.3. AGREGADOS ECOLÓGICOS DE CONCRETO RECICLADO

Los agregados ecológicos de concreto reciclado, son agregados obtenidos del reciclaje y tratamiento de concreto generado en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de infraestructura, habilitaciones urbanas y/o edificaciones.

Los residuos del concreto de cemento con Clinker Portland y agregados naturales, triturados y procesados en plantas de reciclados dan lugar al material secundario al cual denominamos agregado ecológico de concreto reciclado. Éste deriva de un solo tipo de material primario, el concreto, cuya composición es heterogénea (cemento, agua, agregados naturales, aditivos y adiciones). El material obtenido de la forma descrita no puede considerarse, por tanto, un material uniforme. Las diferencias en la composición pueden ser notables en función principalmente, de la proporción de mortero presente en el residuo. También hay que considerar la presencia de subcomponentes, que pueden admitirse hasta cierto límite siempre sea que sean de naturaleza pétreo. Así por ejemplo en la normativa holandesa se especifica un contenido mínimo del 80% de concreto procesado y que tenga una densidad superior a 2100 Kg/m³. Esta

norma admite como subcomponentes, según los casos, materiales pétreos naturales y otros. Así en las aplicaciones en carreteras se admite también hasta un 5% de aglomerado bituminoso. Para el empleo de concreto estructural de los agregados ecológicos procedentes de concreto reciclado, el contenido mínimo de concreto de densidad mayor de 2100 kg/m^3 suele elevarse al 90% (GT-2/5 "Hormigón Reciclado", 2006, pág. 17).

Estos agregados ecológicos tienen la misma clasificación en cuanto al tamaño de finos o gruesos de los agregados naturales, se puede utilizar para la fabricación de concreto, utilizándolos en reemplazo total o en combinación con los agregados naturales.

En el Perú existen al menos 3 empresas de procesamiento de residuos de construcción y demolición, ubicadas en Lima.

-La empresa CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS S.A.C.

Recolecta residuos de construcción y demolición en contenedores de capacidad de 8 m^3 colocados en las obras de construcción para su llenado y posterior transporte a su planta de tratamiento.

Clasifica y separa los residuos, los residuos de concreto son procesados para obtener los agregados ecológicos, tiene a disponibilidad agregado ecológico grueso de tamaño máximo nominal de $1/2"$, confitillo ecológico de $3/8"$ y $1/4"$, agregado ecológico fino equivalente a arena gruesa natural.

Adicionalmente usa los agregados ecológicos de concreto reciclado, para la fabricación de elementos prefabricados, como son los bloques de concreto destinados a la construcción de muros, tabiques y techos.

Viene desarrollando novedosos procesos industriales para producir productos eco amigables de calidad y certificados, que promuevan un proceso constructivo más formal y sostenible.

-La empresa CICLO - MP RECICLA S.A.C.

Recolecta residuos de construcción y demolición en contenedores de grandes y medianas cantidades, para menores cantidades cuenta con Eco-Bags y sacos de propileno para almacenamiento temporal de los residuos, colocados en las obras de construcción para su llenado y posterior transporte a su planta de tratamiento.

Clasifica y separa los residuos, los residuos de concreto son procesados para obtener los agregados reciclados, tiene a disponibilidad agregado reciclado grueso de 5 – 10 mm, agregado reciclado intermedio de 2.5 – 5 mm, agregado reciclado fino de 0 – 1.18 mm.

Adicional mente usa los agregados reciclados de concreto reciclado para la fabricación de elementos prefabricados, adoquines, ladrillos, bloques estos han sido desarrollados para cumplir con las propiedades físico mecánicas de la normativa técnica.

CICLO ofrece el servicio integral de gestión de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) con un gran diferenciador: transformando los RCD en nuevos eco materiales de calidad en su Planta de reciclaje.

-La empresa CAJAS ECOLÓGICAS S.A.C.

Recolecta residuos de construcción y demolición en contenedores de 8.5 m³ colocados en las obras de construcción para su llenado y posterior transporte a su planta de tratamiento.

Clasifica y separa los residuos, los residuos de concreto son procesados para obtener los agregados reciclados, cuyo uso está destinado a la construcción de pistas, veredas y losas deportivas de baja densidad.

CAJAS ECOLÓGICAS responde al auge experimentado en este sector, convirtiéndose en la alternativa responsable para muchas empresas que están comprometidas con el medio ambiente y eliminan sus residuos sólidos de una manera correcta y ecológica.

2.3.1. Procedencia de los agregados ecológicos

Proviene de dos fuentes principalmente, de la recolección de concreto reciclado de residuos del proceso de construcción y demolición de estructuras de concreto existentes, por esta diferencia de orígenes se tiene distintas características de los agregados ecológicos, vinculadas al envejecimiento y grado de hidratación del mortero adherido.

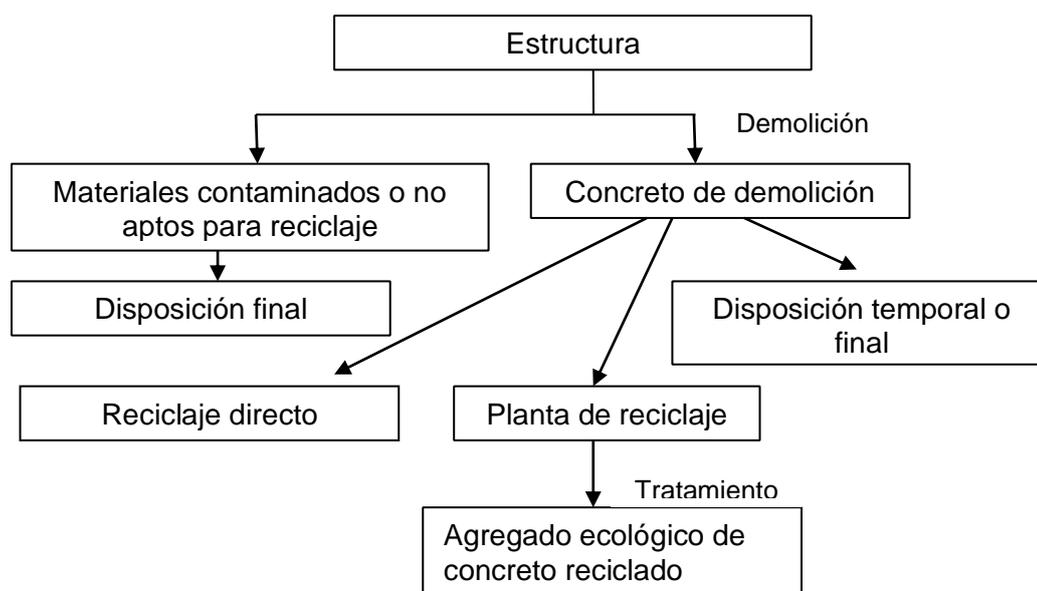
Mediante el proceso de acopio, selección, trituración y tamizado se obtiene agregados ecológicos.

2.3.2. Procesos de producción de agregados ecológicos

Los procesos para la producción de agregados ecológicos de concreto reciclado son similares a los procesos de producción de los agregados naturales, pero incorporando procesos de separación de impurezas y otros contaminantes, estos se pueden clasificar según su capacidad de transporte en plantas fijas y plantas móviles, las plantas fijas presentan mayor capacidad de producción del valor de 600 toneladas/hora o más, mientras que las plantas móviles con valor menor a 200 toneladas /hora.

En la Figura 2 se muestra un diagrama de obtención de agregados de concreto reciclado según la NTP. 400.053:2019.

Figura 2. Diagrama de Obtención del Concreto de Demolición y Agregados de Concreto Reciclado.



Fuente: (INACAL-NTP 400.053, 2019, pág. 4).

2.3.2.1. Recolección y transporte de residuos de construcción y demolición

La eliminación de las impurezas y otros contaminantes es un aspecto específico del proceso de los agregados ecológicos de concreto reciclado, durante la demolición, debe evitarse que los escombros de concreto se mezclen con tierras, reducir al máximo el contenido de otros materiales de construcción no deseables, esto reducirá tratamientos de eliminación posteriores.

Antes de la demolición debe determinarse la presencia de asbestos. Si hubiera, estos deben ser eliminados rigurosamente por empresas especializadas ya que cuenta con métodos específicos dado el peligro que representan para la salud.

Se debe asegurar mínimas distancias de transporte hacia las plantas de tratamiento, por ello estas deben situarse lo más cerca posible del centro de la ciudad donde se originan la mayoría de los residuos de construcción y demolición, y a la vez es donde se da una más amplia demanda de reciclaje de materias primas. También se puede habilitar zonas de almacenamiento temporal de residuos y pequeñas plantas móviles que pueden emplearse para un tratamiento primario.

2.3.2.2. *descarga y selección*

El residuo llega en contenedores al lugar de acopio, se descarga y se separa de acuerdo a su tipo (concreto, madera, metales, cerámicos, plásticos y otros), los residuos de concreto seleccionados deben tener un tamaño adecuado, los bloques grandes se fraccionan con ayuda de combas, rotomartillos, martillos demoledores, martillos hidráulicos, etc. Para tener un tamaño adecuado.

La calidad del agregado obtenido depende de la calidad del material procesado, puede tener como principales contaminantes madera, yeso, arcilla, aluminio y plásticos, el vidrio según el tipo puede generar una futura reacción álcali-sílice. Si se tiene conocimiento de procesos patológicos del concreto original, se debe rechazar como materia prima, En el caso de material procedente de carreteras, el principal problema puede ser el asfalto y contaminantes orgánicos perjudiciales, la presencia de yeso debe ser reducida a través de severos criterios de aceptación previa del residuo de demolición, rechazándose la partida que contenga cantidades importantes de tal naturaleza, por ello se debe limitar los porcentajes máximos de contaminantes y analizar con frecuencia los agregados obtenidos.

2.3.2.3. *Triturado, tamizado y clasificación*

Para la trituración, tamizado y clasificación se tiene varios elementos, como trituradoras, separador magnético, cabinas de triaje, cibras, y cintas transportadoras.

Con una pala cargadora se transporta el concreto hasta la cinta de alimentación del molino, que rompe bloques por efecto de compresión y cizalladura a través

de la acción de martillos, a la salida del molino un separador magnético separa elementos metálicos, que podrían estar mezclados con el concreto y no fueron detectados con anterioridad, el material transportado por una cinta pasa por la cabina de triaje, donde los operarios, de manera manual limpian el concreto reciclado y separan materiales extraídos según su naturaleza separando plásticos, maderas, metales no detectados con anterioridad, el agregado de concreto reciclado ya limpio se transporta por medio de una cinta hasta una tolva situada encima de una cibra, cuyo paño de corte sea igual al límite máximo de agregado requerido, el material que supere dicho límite pasa a un molino secundario para luego volver a pasar por la cibra, y el resto continúa mediante otra cinta a la siguiente tolva que dirige el material a una cibra de varios paños de la que parte cintas formando acopios correspondientes de acuerdo al tamaño de las fracciones de agregado reciclado requerido (GT-2/5 "Hormigón Reciclado", 2006, pág. 23). Por ejemplo, puede ser agregado grueso de 1/2" – 3/8" (12.7 mm – 9.5 mm), confitillo de 3/8" - 1/4" (9.5 mm – 6.3 mm), arena gruesa menor a 1/4"(0 mm - 6.3 mm).

2.3.3. Uso de los agregados ecológicos

La utilización de productos de agregados reciclados en la elaboración de nuevos concretos, modifica sustancialmente las propiedades de concreto fresco, y endurecido, como la manejabilidad, resistencia mecánica y durabilidad.

El único tipo de agregado reciclado que puede ser utilizado para concreto estructural es el "agregado de concreto reciclado", se debe considerar valores mínimos que limiten la cantidad de impurezas que afecten negativamente sobre la resistencia y durabilidad. Los demás tipos de agregados pueden tener otras aplicaciones donde las exigencias del concreto lo permitan, como por ejemplo afirmados de carreteras (GT-2/5 "Hormigón Reciclado", 2006, pág. 18).

En la Tabla 3 se muestra el posible uso de acuerdo a la procedencia del agregado de concreto reciclado según la NTP 400.053:2019, en la que también se indica que se puede proponer otro uso debiéndose confirmar primero el cumplimiento de normas técnicas y ambientales de dicho uso.

Tabla 3. Posible Uso de Agregados de Acuerdo a su Procedencia de Concreto de Demolición

Usos	Procedencia		
	Concretos de mediana y baja resistencia	Losas de pavimentos	Concretos estructurales
	(Veredas, pisos de viviendas)		(Columnas, placas y cimientos de edificios, puentes, concretos especiales)
Pavimento de tráfico ligero	-	✓	✓
Ciclovías	✓	✓	✓
Losas deportivas	✓	✓	✓
Veredas	✓	✓	✓
Patios	✓	✓	✓
Cimientos	✓	✓	✓
Concreto simple masivo	✓	✓	✓
Rellenos no portantes	✓	✓	✓

Fuente: (INACAL-NTP 400.053, 2019, pág. 6)

2.3.4. Características de agregados ecológicos

2.3.4.1. Densidad

La densidad de los agregados provenientes de concreto reciclado es menor a la de los agregados naturales, esto se debe a la densidad de la pasta de cemento adherido a los agregados del concreto reciclado (Sanches de Juan, 2005, pág. 39).

El valor de la densidad se encontró normalmente entre 2100 y 2400 kg/m³, y la densidad saturada con superficie seca varía entre 2300 y 2500 kg/m³, por lo que se puede considerar que estos agregados son de densidad normal por presentar densidad superior a 2000 kg/m³ (Arriaga Tafhurt, 2013, pág. 25).

Los principales aspectos que influyen en la densidad del concreto son: el tamaño de partícula, las fracciones más pequeñas presentan menor densidad y una mayor absorción que las fracciones más gruesas, debido a que las primeras concentran más pasta. La calidad del concreto original, los concretos de alta resistencia suelen dar agregados de concreto reciclado de mayor calidad, por lo tanto, de mayor densidad y menor absorción. Técnicas de procesado, cuando el procesado del agregado grueso de concreto reciclado se realiza en sucesivas etapas de trituración, se elimina un mayor contenido de pasta de cemento y la

calidad del agregado de concreto reciclado mejora sustancialmente, observándose una disminución de la absorción y un incremento de la densidad (GT-2/5 "Hormigón Reciclado", 2006, pág. 38).

2.3.4.2. Absorción

La absorción es la propiedad del agregado de concreto reciclado que presenta una mayor variación con respecto al del agregado natural, esto se debe a la absorción de la pasta que queda adherida, los principales aspectos que influyen en la absorción son los mismos que para la densidad entre ellas tenemos: el tamaño de las partículas, la calidad del concreto original, y las técnicas de procesado (Agreda Sotelo & Moncada Moreno, 2015, pág. 21).

El valor de la Absorción en agregados gruesos naturales generalmente es menor al 2%, mientras que, en diferentes estudios de agregados gruesos reciclados, se han observado valores entre el 3.3% y 13% (Manuel Moro, 2016, pág. 16).

La absorción se produce mayormente durante los 10 primeros minutos, disminuyendo lentamente con el paso del tiempo y tendiendo a la saturación. La absorción específica y la velocidad de absorción en los agregados reciclados son mayores que en los naturales (Pérez Benedicto, 2011, pág. 29).

2.3.4.3. Mortero adherido

Los agregados de concreto reciclado tuvieron una cantidad de mortero adherido, esta lo diferencia de los agregados naturales, El mortero adherido es el causante de las diferencias que existen entre un agregado natural y un agregado de concreto reciclado este último presenta menor densidad, mayor absorción y mayor coeficiente de Los Ángeles. Estas propiedades afectan negativamente al concreto producido con agregados de concreto reciclado en el módulo de elasticidad, retracción fluencia y problemas asociados a la durabilidad (Sanchez de Juan, 2005, pág. 67).

En los agregados de concreto reciclado más gruesos de 10-20 mm, los valores normalmente oscilan entre 23-52% mientras que en agregados de concreto reciclado más finos 5-10 mm, el rango puede ascender hasta 32-61%, este mayor porcentaje puede afectar negativamente las propiedades del concreto elaborado con dichos agregados (GT-2/5 "Hormigón Reciclado", 2006, pág. 47).

2.3.4.4. *Aspecto y composición*

Las partículas de agregado de concreto reciclado se componen de roca natural y mortero, los cuales pertenecen al concreto de origen, estas partículas se configuran adheridas en diferentes proporciones, la roca embebida en el mortero y partícula de solo mortero, esta configuración de partículas brinda un aspecto visual diferente al de un agregado natural. Los agregados de concreto reciclado presentan formas angulosas, definido por el proceso de trituración y aspecto rugoso consecuentemente de mortero adherido (Manuel Moro, 2016, pág. 12).

2.3.4.5. *Forma y textura superficial*

La presencia de mortero adherido en los agregados del concreto original dan la textura más porosa y rugosa a los agregados de concreto reciclado esto afecta la trabajabilidad del concreto.

La forma de los agregados se ve condicionada directamente por el tipo de trituración empleado en el proceso de obtención del agregado de concreto reciclado las trituradoras de mandíbulas producen agregados reciclados con un coeficiente de forma más adecuado que las trituradoras de impacto o de conos (Manuel Moro, 2016, pág. 13).

2.3.4.6. *Granulometría*

La granulometría de los agregados de concreto reciclado varía según el proceso de trituración que se realice pudiendo seleccionar mediante pequeños ajustes en la apertura de las trituradoras. El porcentaje de agregado grueso que se obtiene puede variar entre 70% y 90% del agregado total producido. Este porcentaje depende además del tamaño máximo del agregado grueso de concreto reciclado producido y de la composición del concreto original. En general, las granulometrías de los agregados de concreto reciclado se sitúan dentro de los límites que fijan las diferentes recomendaciones tanto para agregado natural como para agregado de concreto reciclado (Arriaga Tafhurt, 2013, pág. 23).

2.3.4.7. *Resistencia al desgaste*

El agregado de concreto reciclado presento un elevado desgaste en la máquina de los ángeles ya que en el ensayo se eliminó todo el mortero que queda adherido al agregado, además de la pérdida de peso propia del agregado natural. El valor esperable del coeficiente de los ángeles del agregado de concreto reciclado puede situarse en un rango muy amplio de 25-42%,

dependiendo entre otros factores del tamaño de las partículas y de la calidad del concreto original, así como del propio coeficiente de los ángulos del agregado natural que contenga (Arriaga Tafhurt, 2013, pág. 26).

2.3.4.8. *Contenido de sulfatos*

El Agregado puede contener un elevado contenido de sulfatos, ya que el contenido propio del agregado natural se le añade los sulfatos que contiene el mortero adherido y la presencia de contaminantes como el yeso cuando el concreto procede de edificación. En principio, los sulfatos presentes en la pasta de cemento, ya combinados durante la hidratación, no van a producir problemas en el concreto nuevo, pero si será necesario evitar presencia de impurezas como el yeso, que podría producir expansiones en el concreto (Pérez Benedicto, 2011, pág. 31).

2.3.4.9. *Contenido de cloruros*

En los casos en los que el agregado de concreto reciclado tenga su origen en obras en las que hayan estado en contacto con sales fundentes o en contacto directo con agua del mar, o cuando en la fabricación del concreto se empleó como aditivo algún producto acelerante, pueden presentar un importante contenido de cloruros. Si en cambio, no estuvieron sometidos a dichas condiciones, los valores de los cloruros solubles en agua y los cloruros totales oscilan entre el 0,001% y el 0,005%. Es conveniente establecer no solo la cantidad de cloruros solubles en agua, sino también los cloruros totales que contiene el agregado, ya que pueden existir cloruros combinados que puedan ser reactivos, como en el caso del cloro aluminato cálcico hidratado que puede liberar los iones cloruros ante la presencia de iones sulfatos (Manuel Moro, 2016, pág. 19).

2.3.4.10. *Reacción álcali – agregado*

Algunos tipos de agregados de concreto reciclado pueden reaccionar con los álcalis del cemento en ambiente húmedo cuando el contenido de alcalinos en el concreto es elevado, dando lugar a un compuesto gelatinoso que produce expansiones en el concreto. La utilización de agregado de concreto reciclado puede favorecer estas reacciones, ya que incorpora un mayor contenido de alcalinos debido a la pasta que lleva adherida. Adicionalmente, la diversidad de la naturaleza de los áridos reciclados hace muy difícil su control, para garantizar que no desencadenarán estas reacciones expansivas. Los áridos reciclados

presentan un elevado contenido de álcalis totales, con un porcentaje de óxido de sodio equivalente ($0,658K_2O + Na_2O$) que oscila entre 1-2%, aunque sólo una parte de ellos van a participar en las reacciones expansivas (GT-2/5 "Hormigón Reciclado", 2006, pág. 47).

2.4. CONCRETO

El concreto es una mezcla de cemento portland, agua, agregados y eventualmente aditivos. La pasta compuesta por cemento portland y agua, une los agregados que normalmente se tiene como agregado fino la arena y agregado grueso la piedra triturada. Inicialmente esta mezcla es plástica, puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad, gradualmente va perdiendo plasticidad con el pasar de las horas y va adquiriendo el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, mecánicamente resistente que es el concreto endurecido. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta como consecuencia de la reacción química del cemento con el agua.

2.5. CEMENTO PORTLAND

Es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto principalmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de la forma de sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de procesamiento (INACAL-NTP 334.001, 2019, pág. 7).

Tiene propiedades tanto adhesivas como cohesivas, que le proporcionan la capacidad de aglutinar los agregados para conformar el concreto. Estas propiedades dependen de su composición química, el grado de hidratación, la finura de las partículas, la velocidad de fraguado, el calor de hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar (Sánchez de Guzmán, 2001, pág. 22).

El cemento compone entre un 7% y el 15% del volumen total en el concreto. Esto depende del tipo de cemento utilizado y también de las propiedades que se quiere obtener en el concreto. Generalmente, el cemento es el material más costoso por unidad de peso en el concreto. Por tal motivo se busca optimizar la cantidad usada de cemento en el diseño de mezclas del concreto sin sacrificar sus propiedades (Matallana Rodríguez, 2019, pág. 31).

Cuantitativamente el componente más importante del cemento es la cal en un menor porcentaje la sílice, luego la alúmina, el óxido de hierro y demás compuestos en menor cantidad, como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4. Límite de Composición Aproximado Para el Cemento Pórtland

Compuesto	Como óxido	Límites aproximados (%)
Cal	CaO	60 - 67
Sílice	SiO ₂	17 - 25
Alúmina	Al ₂ O ₃	3 - 8
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃	0.5 - 6
Óxido de magnesio	MgO	0.5 - 4
Álcalis	Na ₂ O, K ₂ O	0.3 - 1.2
Anhídrido Sulfúrico (Trióxido de azufre)	SO ₃	2 - 3.5

Fuente: (Matallana Rodríguez, 2019, pág. 32)

La NTP 334.009:2020 clasifica a los cementos Pórtland en 5 tipos enumerándolos del I al V, tal como lo muestra la Tabla 5.

Tabla 5. Tipos de Cemento según NTP 334.009:2020

Tipo de cemento	Uso	Ejemplo de uso
I	Uso general cuando no es requerida ninguna de las propiedades especiales de los otros cementos	Estructuras de concreto en general como vigas, columnas, losas, muros y zapatas, entre otras, donde no son requeridas propiedades especiales de los demás cementos
II (MH)	Uso general cuando precisa moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación	Estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en aguas subterráneas son moderadas. Estructuras de masa considerable, como en muros de contención o cimentaciones masivas. Aguas freáticas o de infiltración, con moderadas concentraciones de sulfatos
III	Uso general cuando se requieren altas resistencias iniciales	En estructuras donde hay que desencofrar pronto, como estructuras industrializadas, o cuando la estructura debe ponerse al servicio rápidamente, como calzadas vehiculares, pistas de aterrizaje
IV	Cuando es necesario bajo calor de hidratación	Para estructuras de concreto masivo, como grandes presas, donde existen altas diferencias de temperatura entre el interior y la parte externa de la estructura
V	Cuando necesita alta resistencia a los sulfatos	Para estructuras en contacto con suelos o aguas con alto contenido de sulfatos

Fuente: (INACAL-NTP 334.009, 2020, pág. 1)

2.6. AGREGADOS

Conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, se utiliza como medio de cementación para formar el concreto de cemento hidráulico o mortero. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen de concreto lo que representa del 70% a 85% en masa, por ello la importancia del uso del tipo y de la calidad adecuada, influyen fuertemente en las propiedades del concreto fresco como endurecido, en las proporciones de mezcla, y en la económica del concreto.

2.6.1. Clasificación de agregados

Se puede definir distintas características para su clasificación, entre las que tenemos por su procedencia, por su composición mineralógica, por su tamaño, por sus propiedades físicas, por sus propiedades químicas, por su peso, por su perfil, por su textura superficial, por su petrografía. Destacando las más usadas, clasificación por su origen o procedencia, y según el tamaño de las partículas, aunque para algunos casos específicos también resulta conveniente clasificarlos de acuerdo a su peso por unidad de volumen.

2.6.2. Características físicas del agregado

Los agregados son el componente mayoritario, deben tener características idóneas de acuerdo a las funciones del concreto. A continuación, se nombran las propiedades más importantes de los agregados y su respectiva norma de procedimiento para obtención: El peso unitario (NTP 400.017:2020), peso específico (NTP 400.021:2020 y NTP 400.022:2021, para determinar los pesos específicos del agregado grueso y fino respectivamente), porcentaje de absorción (NTP 400.021 y NTP 400.022 para determinar el porcentaje de absorción del agregado grueso y fino respectivamente), contenido de humedad (NTP 339.185:2021), Granulometría (NTP 400.012:2018), Módulo de finura, Superficie específica, Material más fino que pasa la malla N.º 200 (NTP 400.018:2020), Desgaste por abrasión e impacto (NTP 400.019:2020), Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados(NTP 400.017), se presenta información resaltante de ellas.

2.6.2.1. Granulometría

Un buen concreto contiene partículas de todos los tamaños, para que los espacios dejados por los más grandes sean ocupados por otros de menor

tamaño, logrando minimizar los vacíos que serán llenados con la pasta de cemento, optimizando la cantidad de cemento reflejado.

La granulometría es la propiedad más importante de los agregados, y su variación afecta la uniformidad entre una mezcla y otra, tenemos por ejemplo la arena con alto contenido de fino, requiere mayor cantidad de cemento, mientras que gravas muy gruesas y con poca arena, hacen mezclas poco trabajables, por lo que se debe tener una granulometría sin excesos ni defectos de cualquier tamaño.

La norma NTP 400.012:2018 se aplicó para determinar la gradación de agregados, los resultados son utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de la producción de agregados.

-El agregado fino es arena natural o manufacturada o la combinación de ambas, debe tener granulometría según los límites de la Tabla 6 indicada en la NTP 400.037:2018.

Tabla 6. *Requerimiento de Granulometría Para Agregado Fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5mm (3/8")	100
4.75mm (N.º 4)	95 a 100
2.36mm (N.º 8)	80 a 100
1.18mm (N.º 16)	50 a 85
600µm (N.º 30)	25 a 60
300µm (N.º 50)	5 a 30
150µm (N.º 100)	0 a 10
75µm (N.º 200)	0 a 3.0

Fuente: (INACAL-NTP 400.037, 2018, pág. 8)

-El agregado grueso consiste en piedra chancada, grava, concreto triturado, concreto reciclado y otros de procedencia artificial, también la combinación de ellas, debe tener granulometría según los límites de la Tabla 7 indicada en la NTP 400.037.

Se puede usar agregados agregado grueso que no cumpla con los límites de granulometría de la Tabla 7 cuando se tenga estudios que den resultados favorables cumpliendo la resistencia requerida.

Tabla 7. Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N.º 4)	2.36 mm (N.º 8)	1.18 mm (N.º 16)	300 µm (N.º 50)
1	90mm a 37.5mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
2	63mm a 37.5mm (2½" a 1½")	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50mm a 25mm (2" a 1")	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	50mm a 4.75mm (2" a N.º 4")	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	37.5mm a 19mm (1" a ¾")	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37.5mm a 4.75mm (1" a N.º 4)	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25mm a 12.5mm (1" a 1/2")	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25mm a 9.5mm (1" a 3/8")	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25mm a 4.75mm (1" a N.º 4")	---	---	---	---	---	100	96 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19mm a 9.5mm (¾" a 3/8")	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19mm a 4mm (¾" a N.º 4")	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12.5mm a 4.75mm (1/2" a N.º 4")	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9.5mm a 2.36mm (3/8" a N.º 8")	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	12.5mm a 9.5mm (1/2" a 3/8")	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75mm a 1.18mm (N.º 4 a N.º 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: (INACAL-NTP 400.037, 2018, pág. 14)

2.6.2.2. Módulo de finura

En el agregado fino, el módulo de finura de una arena adecuada para el uso en el concreto debe estar entre 2.3 y 3.1, se indica que es arena fina si los valores están entre 1.8 y 2.2, arena media si los valores están entre 2.3 y 2.7, arena gruesa si los valores están entre 2.8 y 3.2 (Matallana Rodríguez, 2019, pág. 70).

2.6.2.3. Material más fino que pasa la malla N.º 200

Es el material con tamaño menor a la abertura del tamiz N.º 200 (75µm), se encuentra como revestimiento superficial del agregado o en partículas sueltas. Para concreto sometido a abrasión debe ser menor al 3%, para concreto no sujeto a abrasión él debe ser menor a 5%. En el caso de agregado fino artificial u otros reciclados, si el material más fino que el tamiz N.º 200 es polvo de trituración libre de arcilla o esquistos, se tiene que si es concreto sujeto a abrasión debe ser menor a 5% y si es concreto no está sujeto a abrasión el valor es como máximo 7% (INACAL-NTP 400.037, 2018, pág. 8).

2.6.2.4. Desgaste por abrasión e impacto

El desgaste por abrasión e impacto es el porcentaje que define la resistencia al desgaste (abrasión) del agregado, es usado como indicador de calidad del agregado, “el porcentaje de abrasión según método los Ángeles no deben superar el 50%” (INACAL-NTP 400.037, 2018, pág. 17).

2.6.2.5. Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados

Es la determinación del mayor peso unitario compactado obtenido al combinar los agregados, para dar con el porcentaje óptimo, se realizan varios ensayos de peso unitario variando los porcentajes de combinación de agregados, los valores de peso unitario vs el porcentaje de agregado fino se grafican, dichos valores forman una gráfica en la cual se puede determinar el máximo peso unitario de la combinación de agregados y el porcentaje de agregados óptimo.

Cuando se combina los agregados, se busca un mejor acomodo de las partículas, los espacios dejados por los agregados más grandes son ocupados por otros de menor tamaño, logrando minimizar los vacíos que posteriormente serán llenados por la pasta de cemento, para ello se procede a buscar el máximo peso unitario compactado de la combinación de los agregados ya que ello nos indica que se logró un mejor acomodo de partículas.

En el concreto los agregados se encuentran compactados, por ello en este ensayo se compacta y se pesa la combinación de agregados, siguiendo las condiciones y el procedimiento indicado en la NTP 400.017.

2.7. AGUA

El agua de mezclado conforma aproximadamente el 15% en volumen del concreto. Cumple dos funciones básicas: hidrata el cemento para que desarrolle sus propiedades aglutinantes, y proporciona fluidez a la mezcla (manejabilidad) en estado fresco.

El agua de hidratación reacciona y forma compuestos químicos quedando incorporada en el concreto y el agua que da manejabilidad a concreto fresco se evapora, dejando canales capilares dentro de la masa del concreto endurecido.

La cantidad y la calidad son factores importantes a tener en cuenta en el uso y selección del agua para la mezcla del concreto. La cantidad de agua se establece en el diseño y debe ser estrictamente controlada durante la dosificación. El control de la calidad se hace verificando que la cantidad de ciertos contaminantes no supere el máximo permitido o realizando la comparación de pruebas físicas (fraguado y resistencia del cemento) de dos muestras, una preparada con agua de la cual se tiene dudas o falta de información y otra con agua cuyas características son buenas y aptas para el uso. Se considera el agua de buena calidad el agua apta para el consumo humano, o en todo caso debe cumplir con los requisitos de la NTP 339.088.

Las partículas de cemento requieren de una cantidad adicional de agua luego del fraguado para seguir hidratándose y maximizar su potencial cementante a esta agua adicional se le denomina agua de curado.

2.8. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Estos aditivos también se les denomina reductores de agua de alto rango, estos aditivos pueden reducir significativamente la cantidad de agua de mezclado y el contenido de cemento, producen cemento con baja relación agua-cemento, alta resistencia y trabajabilidad normal o alta, reducen entre el 12% y 30% la cantidad de agua, aunque actualmente, se han desarrollado aditivos que puedan llegar a reducciones cercanas al 50% a estos aditivos se les denomina hiperplastificantes.

2.9. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

El diseño de mezcla del concreto es el proceso de selección de las proporciones de materiales más adecuado para la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de lograr características especificadas del concreto en estado fresco y endurecido, como la trabajabilidad, consistencia, resistencia, durabilidad, densidad, economía y otras especificaciones especiales.

En la actualidad hay muchos métodos de diseño de mezcla desarrollados siendo tal vez el del comité ACI 211.1 del Instituto Americano del Concreto, uno de los más conocidos y ampliamente usados regionalmente.

Los diferentes métodos de diseño permiten obtener una primera aproximación de las proporciones de los materiales para una unidad cubica del concreto, estos valores de proporciones deberán ser considerados valores de prueba sujetos a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en mezclas.

2.10. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

El concreto fresco posee suficiente trabajabilidad de modo que se puede colocar y consolidar, esta trabajabilidad se pierde paulatinamente, dando inicio al endurecimiento, con lo que progresivamente van adquiriendo características de sólido.

La trabajabilidad es la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación.

Las propiedades del concreto en estado endurecido dependen en mayor o menor grado de sus características en estado fresco, como de sus procesos de mezclado, transporte, colocación, compactación y terminado es por ello que tiene importancia el estudio de las propiedades del concreto fresco.

En el Capítulo III, se describe las propiedades de asentamiento, fluidez, peso unitario, contenido de aire, exudación, tiempo de fraguado y temperatura.

2.11. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

El concreto que pasa de estado plástico ha solidado mediante una cadena de acciones físico-químicas complejas a través del tiempo desarrollando propiedades como la resistencia, durabilidad, estabilidad de volumen entre otras.

La resistencia es la propiedad más importante e influye en las demás características, así tenemos que los concretos con alta resistencia tienen mayor

densidad, son menos permeables y más durables. Contrariamente estos concreto tienden a tener mayor contracción por fraguado y mayor probabilidad de fisurarse.

Existe una relación entre la relación agua/cemento y la resistencia del concreto, considerando un concreto adecuadamente preparado y vaciado, entre mayor sea el contenido de agua de mezclado, mayor es la cantidad de agua que no se combina con el cemento, consecuentemente al exudarse el agua evaporable la pasta será más porosa, menos resistente, más permeable, menos densa y menos durable.

Además de la influencia de la relación agua/cemento en la resistencia existen otros factores como son:

- La granulometría, textura superficial, la forma, la resistencia, el tamaño máximo del agregado, el porcentaje de combinación de agregado fino y grueso.

- El tipo, cantidad y calidad de cemento.

- La calidad del agua.

- El tipo y la cantidad de aditivos.

- La temperatura del medio ambiente.

- El proceso de fraguado.

- La edad del concreto, entre otros.

En el Capítulo III, se detallan las propiedades de resistencia a compresión, tracción, flexión, Absorción, densidad y vacíos permeables.

CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Es importante determinar las características de los materiales, con ellos obtenemos parámetros que nos permiten conocer su calidad, ver si dichos parámetros están dentro de valores recomendados o permitidos por las normas técnicas, además para el diseño de mezcla de concreto.

3.1. CEMENTO

Para la presente investigación se utilizó Cemento sol Portland Tipo I que se recomienda para uso general cuando no se requiere ninguna de las propiedades especiales de los otros cementos.

En la Tabla 8 se muestra las propiedades y composición del cemento Sol Portland Tipo I

Tabla 8. Propiedades y Composición del Cemento Sol Portland Tipo I

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP 334.009/ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.8
Superficie específica	m ² /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	--
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
C ₂ S (Silicato bicálcico)	%	11.9	--
C ₃ S (Silicato tricálcico)	%	54.2	--
C ₃ A (Aluminato tricálcico)	%	10.1	--
C ₄ AF (Ferroaluminato tetracálcico)	%	9.7	--

Fuente: Ficha técnica proporcionada por el fabricante.

3.2. AGUA

Para la presente investigación se usó el agua potable de la red que alimenta al Laboratorio N.º 1 de Ensayo de Materiales LEM de la Universidad Nacional de Ingeniería, al ser potable se asume que es adecuada para el mezclado y el curado del concreto.

Al agua de curado se la satura con hidróxido de calcio con la finalidad de evitar la lixiviación y afloramiento de hidróxido de calcio de los especímenes del concreto.

3.3. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Para la presente investigación se utilizó aditivo MasterEase 3900 de la marca Master Builders Solutions, es un aditivo superplastificante / reductor de agua de alto rango.

Produce concretos de baja viscosidad y reología mejorada con un buen mantenimiento de consistencia, permite una adsorción retardada de las partículas de cemento obteniendo una hidratación mucho más eficiente.

Su aspecto es líquido, su color es marrón, su densidad es 1.1gr/cm^3 y pH mínimo de 5.0.

El rango de dosificación es de 650 ml (715 gr) a 1500 ml (1650 gr) por 100 kg de cemento en función del tipo de materiales y tipo de concreto a fabricar, aunque también se indica que puede usarse en dosificaciones diferentes a las recomendadas si hay ensayos previos que justifican su buen desempeño.

El fabricante presenta las siguientes características y beneficios:

- Gran poder reductor de agua.
- Mejora el acabado y la textura de la superficie del concreto.
- Aumenta las resistencias iniciales y finales del concreto.
- Buen mantenimiento de consistencia para cubrir los tiempos de transporte, sin retraso en el fraguado.
- Facilita el bombeo y reduce el tiempo de aplicación y compactación.
- Dota al concreto de un excelente comportamiento reológico, con reducida viscosidad y pegajosidad, y docilidad mejorada.
- Excelente cohesión.

Se recomienda que el aditivo se añada al concreto durante su amasado, con la última parte de agua de mezclado y debe mezclarse un tiempo suficiente para garantizar la completa homogeneización del aditivo en toda la masa.

3.4. AGREGADOS

La determinación de las propiedades de los agregados naturales y ecológicos se realizó en el área de agregados del Laboratorio N.º 1 de Ensayo de Materiales LEM de la Universidad Nacional de Ingeniería, de acuerdo a lo indicado a la Norma Técnica Peruana para cada tipo de ensayo.

El agregado fino natural procede de la cantera trapiche, el agregado grueso natural de UNICON, el agregado fino ecológico, grueso ecológico proceden de planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición: Construcciones Ecológicas, estos fueron almacenados en lugares adecuados para mantener la humedad y evitar la contaminación con materiales extraños.

El informe detallado del cálculo de cada propiedad se muestra en el Anexo A, a continuación, se muestra la granulometría de cada uno de los agregados, el máximo peso unitario compactado de combinación de agregados y un resumen general de todas las propiedades obtenidas.

3.4.1. Granulometría

La granulometría se obtuvo de acuerdo a los procedimientos indicados en la norma NTP 400.012:2018, esta granulometría se comparó con los límites indicados en la NTP 400.037:2018. De acuerdo a la gradación obtenida, para el agregado fino natural y fino ecológico, se obtuvo el módulo de finura y superficie específica, para el agregado grueso natural y grueso ecológico se obtuvo el tamaño máximo, tamaño máximo nominal, Huso de acuerdo a la NTP, Módulo de finura y superficie específica.

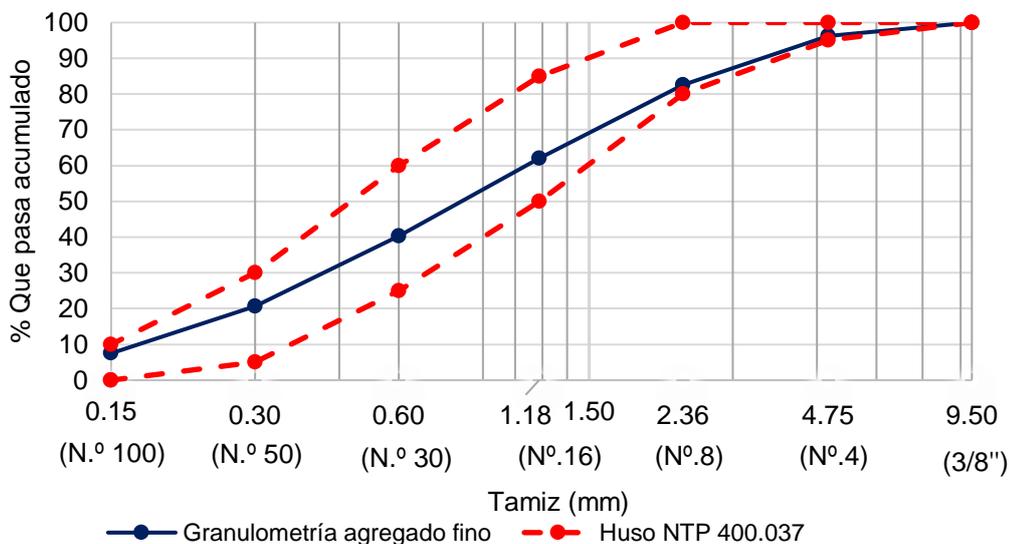
En la Tabla 9 y Figura 3 se muestra la granulometría y límites de huso dado en la NTP 400.037 del agregado fino natural.

Tabla 9. Granulometría de Agregado Fino Natural y Límite de Huso NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	% de límite de huso NTP 400.037	
3/8"	9.50	0.00	0	0	100	100	100
Nº 4	4.75	68.30	3.80	3.80	96.20	95	100
Nº 8	2.36	246.40	13.69	17.49	82.51	80	100
Nº 16	1.18	367.50	20.42	37.91	62.09	50	85
Nº 30	0.60	392.50	21.81	59.73	40.27	25	60
Nº 50	0.30	353.80	19.66	79.39	20.61	5	30
Nº 100	0.15	235.60	13.09	92.49	7.51	0	10
Fondo	0.00	135.20	7.51	100	0	-	-
Total		1799.30	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Granulometría Agregado Fino Natural vs Huso NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

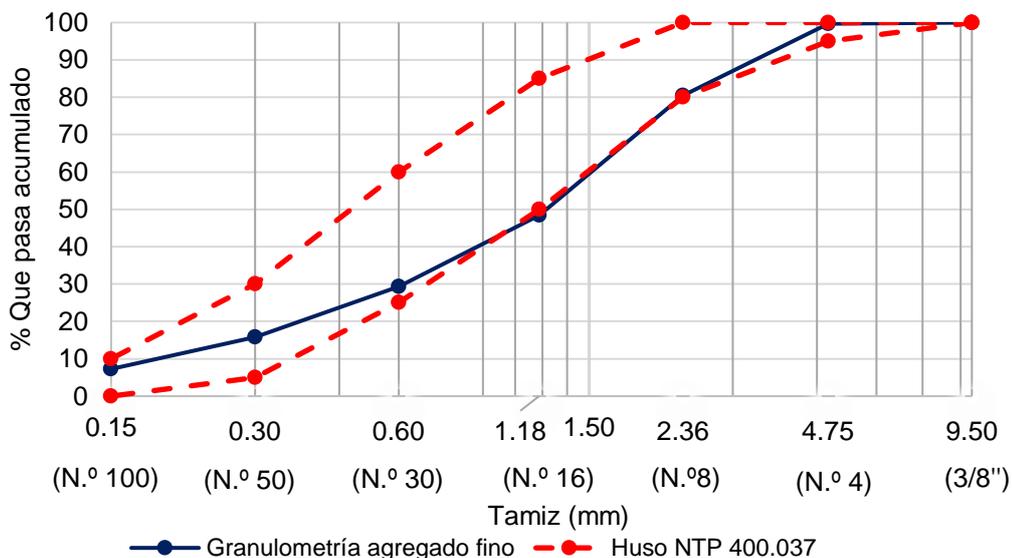
En la Tabla 10 y Figura 4 se muestra la granulometría y límites de huso dado en la NTP 400.037 del agregado fino ecológico.

Tabla 10. Granulometría de Agregado Fino Ecológico y Límite de Huso NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	% de límite de huso NTP 400.037	
3/8"	9.50	0.00	0	0	100	100	100
N.º 4	4.75	5.40	0.30	0.30	99.70	95	100
N.º 8	2.36	348.20	19.31	19.61	80.39	80	100
N.º 16	1.18	577.20	32.01	51.62	48.38	50	85
N.º 30	0.60	343.20	19.03	70.65	29.35	25	60
N.º 50	0.30	243.20	13.49	84.14	15.86	5	30
N.º 100	0.15	154.90	8.59	92.73	7.27	0	10
Fondo	0.00	131.10	7.27	100	0.00	-	-
Total		1803.20	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Granulometría Agregado Fino Ecológico vs Huso NTP 400.037.



Fuente: Elaboración propia.

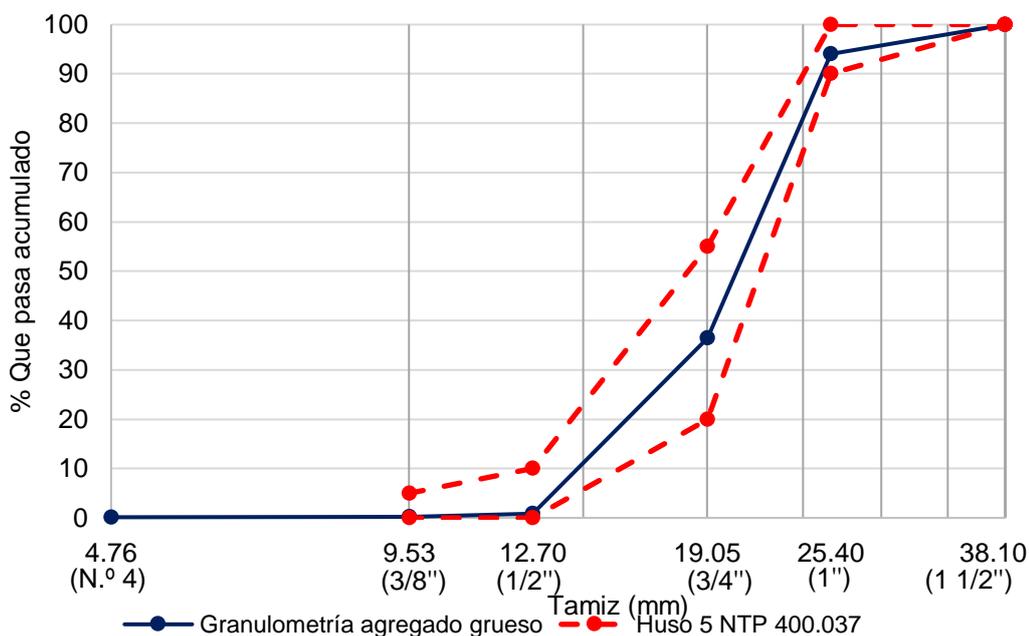
En la Tabla 11 y Figura 5 se muestra la granulometría y límites de huso 5 dado en la NTP 400.037 del agregado grueso natural.

Tabla 11. Granulometría de Agregado Grueso Natural y Límite de Huso 5 NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	% de límite de huso 5 NTP 400.037	
1 1/2"	38.10	0.00	0	0	100	100	100
1"	25.40	1795.40	5.99	5.99	94.01	90	100
3/4"	19.05	17276.70	57.60	63.59	36.41	20	55
1/2"	12.70	10652.80	35.52	99.11	0.89	0	10
3/8"	9.53	202.30	0.67	99.78	0.22	0	5
Nº 4	4.76	24.60	0.08	99.86	0.14	-	-
Fondo	0.00	41.50	0.14	100.00	0.00	-	-
Total		29993.30	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Granulometría Agregado Grueso Natural vs Huso 5 NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

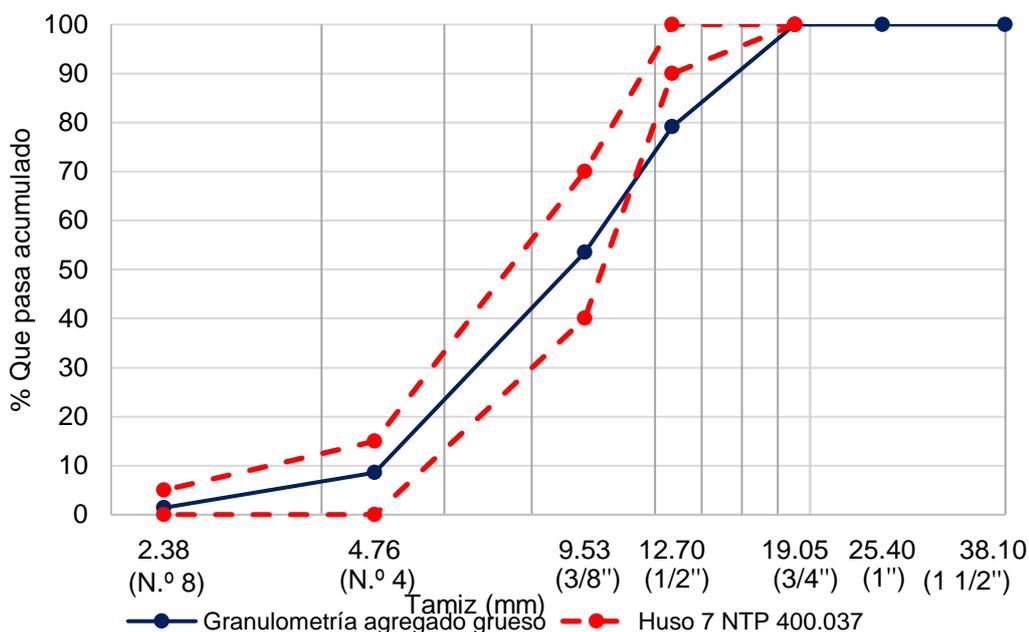
En la Tabla 12 y Figura 6 se muestra la granulometría y límites de huso 7 dado en la NTP 400.037 del agregado grueso ecológico.

Tabla 12. Granulometría de Agregado Grueso Ecológico y Límite de Huso 7 NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	% de límite de huso 7 NTP 400.037	
1 1/2"	38.10	0	0	0	100	-	-
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.70	6233.50	20.83	20.83	79.17	90	100
3/8"	9.53	7681.70	25.68	46.51	53.49	40	70
N.º 4	4.76	13453.70	44.97	91.48	8.52	0	15
N.º 8	2.38	2122.40	7.09	98.57	1.43	0	5
Fondo	0.00	427.20	1.43	100	0	-	-
Total		29918.5	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Granulometría Agregado Grueso Ecológico vs Huso NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados

Cuando se combina los agregados, se busca un mejor acomodo de las partículas, los espacios dejados por los agregados más grandes son ocupados por otros de menor tamaño, logrando minimizar los vacíos que posteriormente serán llenados por la pasta de cemento, para ello se procede a buscar el máximo peso unitario compactado de la combinación de los agregados ya que ello nos indica que se logró un mejor acomodo de partículas.

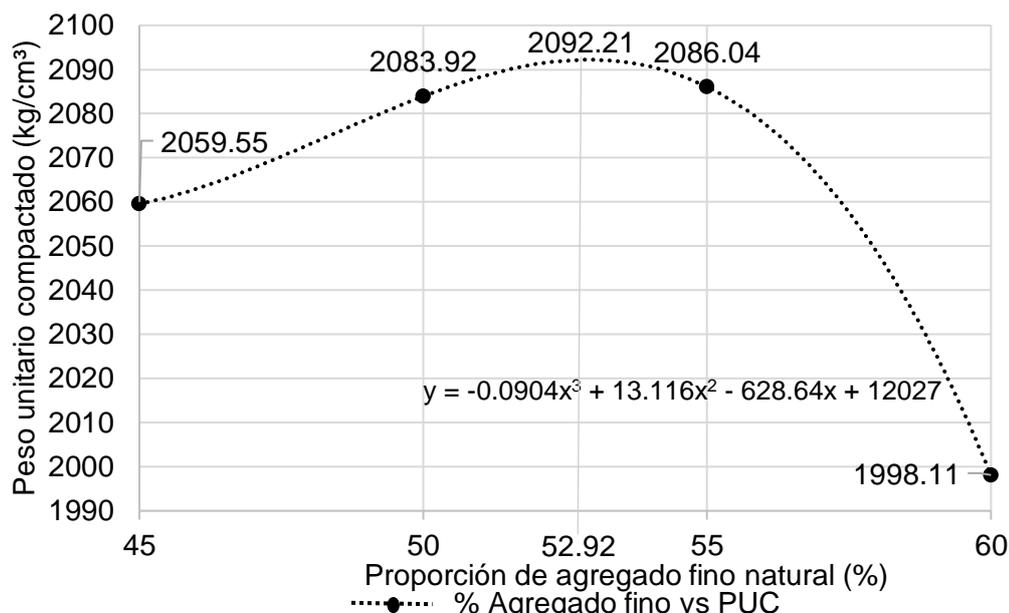
En el concreto los agregados se encuentran compactados, por ello en este ensayo se compacta y se pesa la combinación de agregados, siguiendo las condiciones y el procedimiento indicado en la NTP 400.017.

Inicialmente se parte de la combinación en porcentajes de 50% de arena y 50% de piedra, luego se varia dichos porcentajes a 45% de arena y 55% de piedra, también se varia a 55% de arena y 45% de piedra se repite el procedimiento aumentado o disminuyendo en 5% el porcentaje de agregados hasta obtener un máximo peso unitario compactado, el cual indica un mejor acomodo de partículas y menor cantidad de vacíos.

En la Figura 7, se grafica los valores de peso unitario de la combinación de agregados y el porcentaje de agregado fino natural, los valores obtenidos se

ajustan a una curva polinómica de grado 3, con ello se obtiene el máximo peso unitario y el porcentaje de agregado fino natural que son 2092.21 kg/m³ y 52.92% respectivamente.

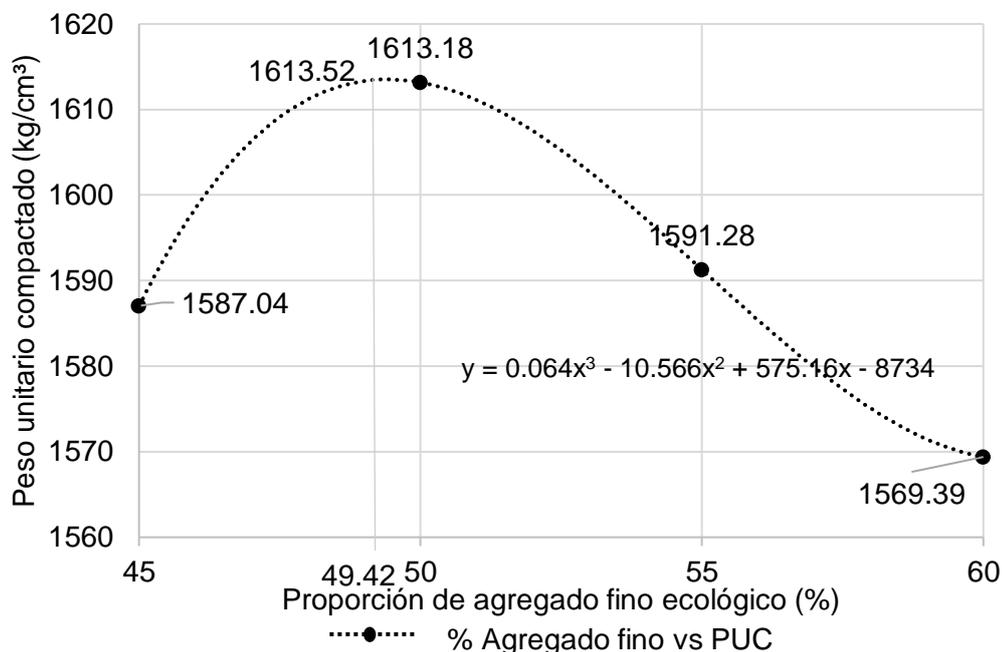
Figura 7. *Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales vs Porcentaje de Agregado Fino*



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8, se grafica los valores de peso unitario de la combinación de agregados y el % de agregado fino ecológico, los valores obtenidos se ajustan a una curva polinómica de grado 3, con ello se obtiene el máximo peso unitario y el porcentaje de agregado fino ecológico que son 1613.52 kg/m³ y 50.58% respectivamente.

Figura 8. *Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Ecológicos vs Porcentaje de Agregado Fino*



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13 se muestra el máximo peso unitario de la combinación de agregados de los agregados naturales y ecológicos, también los porcentajes de agregado fino y grueso de cada uno de ellos.

Tabla 13. *Máximo Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales y Ecológicos*

Descripción	Und	Agregados Naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Porcentaje de agregados	%	52.92	47.08	49.42	50.58
Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados	kg/m³	2092.21		1613.52	

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Resumen de características de agregados

En la Tabla 14 se presentan las propiedades obtenidas de los agregados naturales y ecológicos con sus respectivas unidades, fueron calculados de

acuerdo a la norma técnica peruana correspondiente, los detalles de cálculo se muestran en el anexo A.

Tabla 14. Resumen de Propiedades de los Agregados

Propiedad	Und	Agregados naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Procedencia		Trapiche	Unicon	Construcciones Ecológicas	
Peso unitario suelto	kg/m ³	1706	1403	1285	1247
Peso unitario compactado	kg/m ³	1830	1526	1428	1361
Peso específico de masa	kg/m ³	2605	2697	2224	2356
Peso específico de masa s.s.s.	kg/m ³	2658	2721	2389	2491
Peso específico aparente	kg/m ³	2750	2762	2663	2723
Porcentaje de absorción	%	2.03	0.87	7.40	5.72
Contenido de humedad	%	1.82	0.48	9.03	2.38
Tamaño máximo	pulg.	-	1 1/2"	-	3/4"
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1"	-	1/2"
Huso de agregado grueso NTP	-	-	Huso 5	-	Huso 7
Módulo de finura	-	2.91	7.63	3.19	6.37
Superficie específica	cm ² /gr	32.95	1.13	30.61	3.03
Material más fino que pasa la malla N.º 200	%	5.49	-	4.43	-
Desgaste por abrasión e impacto	%	-	12.13	-	29.62
Porcentaje de agregados para obtener el máximo P.U.C.	%	52.92	47.08	49.42	50.58
Máximo P.U.C. de la combinación de agregados	kg/m ³	2092		1614	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS

4.1. MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLA

En el diseño de mezcla se utilizó el método del comité 211 del ACI, variando en el cálculo del porcentaje de agregados para lo cual se consideró el máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados y ajuste por resistencia para determinar el porcentaje óptimo de agregados garantizando una mejor relación fino – grueso y demás materiales de la mezcla de concreto, obteniendo el mejor desempeño del concreto.

El método de diseño de ACI considera que la cantidad del agregado grueso en una mezcla es definida por una tabla en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino sin considerar otros factores es por ello que utilizamos el máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados y ajuste por resistencia para determinar el porcentaje óptimo de agregados.

Cuando se combina los agregados, se busca un mejor acomodo de las partículas, minimizando los vacíos que posteriormente serán llenados por la pasta de cemento, para ello se procedió a buscar el máximo peso unitario compactado de la combinación de los agregados ya que ello nos indica que se logró un mejor acomodo de partículas, se obtuvo el porcentaje de agregado fino y grueso, luego se realizó vaciados de concreto variando el porcentaje de agregados y se consideró como porcentaje óptimo de agregados el que nos dio mayor resistencia a 7 días, este último fue la proporción definitiva de agregados en cada diseño.

4.2. TIPOS DE CONCRETO DEL ESTUDIO

Definimos 3 tipos de concreto de consistencia plástica lo que determina al asentamiento de 3” a 4” de acuerdo a los materiales y proporciones mostrados a continuación.

PATRÓN: Concreto en el que usa agregados naturales y nos servirá como patrón el cual se utilizará como punto de comparación con los demás concretos.

ECO: Concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado, en el que se mantiene fija la relación agua/cemento.

ECO+ADIT: Concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado más aditivo superplastificante en 0.7% del peso de cemento, en el que se mantiene fija la relación agua/cemento.

En cada tipo se considera la relación agua/cemento 0.60,0.65, y 0.70.

En la Tabla 15 se muestran los tipos de concreto considerados en la presente investigación con su respectiva relación agua/cemento, dando un total de 9 diseños de concreto.

Tabla 15. Tipos de Concreto con Agregados Naturales y Ecológicos Objetos de Estudio

Tipo de concreto	Agua/cemento a/c
PATRÓN: Concreto con agregados naturales	0.60
	0.65
	0.70
ECO: Concreto con agregados ecológicos en el que se mantiene fija la relación agua/cemento	0.60
	0.65
	0.70
ECO+ADIT: Concreto con agregados ecológicos en el que se mantiene fija la relación agua/cemento más aditivo superplastificante con cantidad de 0.7% del peso de cemento	0.60
	0.65
	0.70

Fuente: Elaboración propia.

4.3. PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLA

A continuación, se muestra los pasos seguidos para el diseño de mezcla.

Paso 1.-Elección del asentamiento de acuerdo a lo solicitado y/o planteado.

Se puede seleccionar el asentamiento de acuerdo la consistencia requerida como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Consistencia de Concreto y su Asentamiento

Tipo	Asentamiento	
	pulg	mm
Consistencia seca	1" - 2"	25 - 50
Consistencia plástica	3" - 4"	75 - 100
Consistencia fluida	6 - 7"	150 - 175

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 41)

Paso 2.-Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso obtenido del análisis granulométrico.

Paso 3.-Estimación del agua de mezclado de las tablas dadas por el ACI 211, en función del asentamiento y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Volumen Unitario de Agua (l/m^3)

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	187	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

Paso 4.-Estimación del contenido de aire de las tablas dadas por el ACI 211, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Contenido de Aire Atrapado

TMN	Aire atrapado	TMN	Aire atrapado
3/8"	3.00%	1 1/2"	1.00%
1/2"	2.50%	2"	0.50%
3/4"	2.00%	3"	0.30%
1"	1.50%	6"	0.20%

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 89)

Paso 5.-Selección de la relación agua/cemento de acuerdo a lo solicitado y/o planteado.

Paso 6.-Cálculo de la cantidad de cemento a partir de la cantidad de agua y la relación agua/ cemento, previamente definidos.

Paso 7.-Cálculo del volumen de agregados que se obtiene de la diferencia del volumen total de mezcla definida y volumen de cemento, agua y aire.

Paso 8.-Cálculo del volumen de agregado fino en función del porcentaje en peso del agregado fino, volumen total de agregados, peso específico de agregado grueso y fino. Luego el cálculo del agregado grueso por diferencia entre el

volumen de agregados y el volumen de agregado fino, posteriormente se calcula el peso de agregado fino y grueso.

A continuación, se presenta las variables que representan las propiedades de los agregados con las cuales se encontrara las expresiones del valor de volumen de agregado fino y grueso también los valores de agregado fino y grueso.

PA : Peso de los agregados

PF : Peso del agregado fino

PG : Peso del agregado grueso

AF% : Porcentaje del agregado fino en peso

PEF : Peso específico del agregado fino

PEG : Peso específico del agregado grueso

VA : Volumen de los agregados

VF : Volumen del agregado fino

VG : Volumen del agregado grueso

-Se tiene las siguientes expresiones:

$$PA = PF + PG \dots\dots(1)$$

$$PF = (AF\%)PA \dots\dots\dots(2)$$

Reemplazando (1) en (2)

$$PF = (AF\%)(PF + PG) \dots\dots\dots(3)$$

-Se tiene las siguiente expresiones para el peso del agregado fino, el agregado grueso y volumen de agregado:

$$PF = PEF \times VF \dots\dots\dots(4)$$

$$PG = PEG \times VG \dots\dots\dots(5)$$

$$VA = VG + VF \dots\dots\dots(6)$$

-Reemplazando (6) en (5)

$$PG = PEG \times (VA - VF) \dots\dots\dots(7)$$

-Reemplazando (4) Y (7) en (3)

$$PEF \times VF = (AF\%)(PEF \times VF + PEG \times (VA - VF))$$

-Despejando tenemos del valor del volumen del agregado fino:

$$VF = \frac{AF\% \times PEG \times VA}{PEF + AF\%(PEG - PEF)}$$

-Se calcula el valor de volumen del agregado grueso mediante la siguiente expresión:

$$VG = VA - VF$$

-Se calcula el peso del agregado fino y peso del agregado grueso.

$$PF = PEF \times VF$$

$$PG = PEG \times VG$$

Paso 9.-Ajuste de la cantidad de agua por la humedad y absorción.

A continuación, se obtiene el agua final luego de la corrección por humedad y absorción, se calcula el peso húmedo del agregado fino y grueso.

-Agua agregado fino = Peso agregado fino x (%Contenido de humedad de agregado fino - %Absorción de agregado fino).

-Agua agregado grueso = Peso agregado grueso x (%contenido de humedad de agregado grueso - %Absorción de agregado grueso).

-Agua agregados = Agua agregado fino + Agua agregado grueso.

-Agua final = Volumen de agua de diseño + Volumen de agua de agregados.

Se presenta la expresión de cálculo de peso húmedo del agregado fino y grueso.

-Peso húmedo del agregado fino = peso seco x (1+%contenido de humedad agregado fino).

-Peso húmedo del agregado grueso = peso seco x (1+%contenido de humedad agregado grueso).

Paso 10.-Se realiza vaciados de prueba de 28L (1 pie³) que es aproximadamente 48 kg en peso total de materiales de mezcla, hasta definir la cantidad adecuada de materiales de diseño para obtener el asentamiento requerido, variando la cantidad de agua y cemento, manteniendo fija la relación agua/cemento.

Paso 11.-Definido la proporción de materiales para obtener el asentamiento requerido se procede a variar el porcentaje de agregados, con la finalidad de calcular la proporción de agregados que dé como resultado la mayor resistencia

a los 7 días, primeramente, se varía el porcentaje de agregados en $\pm 3\%$ y si con ello aún no se define la mayor resistencia se varia en $+6\%$ o -6% según sea necesario.

4.4. MEZCLADO DE MATERIALES DEL CONCRETO

Las mezclas se realizaron en el Laboratorio N.º 1 de Ensayo de Materiales LEM “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, el mezclado se llevó en maquina mezcladora según lo indicado en la norma NTP 339.183 (CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio) segunda ed. – 2018.

4.4.1. Mezclado de PATRÓN y ECO

Para el mezclado del concreto sin aditivos se tomó en cuenta la NTP 339.183:2018 y se consideraron los pasos que a continuación presentamos.

Paso 1.- Determinar la cantidad de materiales de acuerdo al diseño y tanda requerida.

Paso 2.- Pesar los materiales en recipientes limpios y secos, el agua de diseño se separa en porcentajes del 10% para humedecimiento de agregados, 60% para vaciar con el cemento y 30% para lavar y concentrar en la mezcla los residuos de materiales en el borde de la mezcladora.

Paso 3.- Limpiar y humedecer la mezcladora.

Paso 4.- Vaciar el total del agregado grueso.

Paso 5.- Vaciar el 10% de agua de diseño para humedecer los agregados.

Paso 6.- Mezclar hasta que el agregado grueso quede humedecido en su totalidad.

Paso 7.- Vaciar el total del agregado fino.

Paso 8.- Mezclar durante 30 segundos tiempo en el cual la mezcla queda uniforme.

Paso 9.- Vaciar el total del cemento y el 60% del agua de diseño.

Paso 10.- Mezclar por 30 segundos y luego vaciar el 30% de agua de diseño restante sin apagar la mezcladora, seguir mezclando hasta completar 3 minutos en total.

Paso 11.- Apagar la mezcladora y reposar 3 minutos.

Paso 12.- Mezclar 2 minutos adicionales.

Paso 13.- Vaciar la mezcla a la carretilla y uniformizar la mezcla con la pala para luego proceder a medir el asentamiento el cual debe estar en el rango de 3" – 4" para su aceptación y así a proceder a los demás ensayos de concreto fresco o vaciado para muestras de concreto endurecido.

4.4.2. Mezclado de ECO+ADIT

Para el mezclado del concreto con aditivo superplastificante se tomó en cuenta la NTP 339.183:2018, información del fabricante y observaciones del comportamiento de las mezclas preliminares. El aditivo actúa alrededor de los 10 minutos como mínimo de iniciado de contacto del cemento y agua, también la disgregación del agregado ecológico por la acción de mezcla excesiva; mediante pruebas de vaciado se determinó los tiempos adecuados de mezcla y reposo que a continuación se muestran.

Paso 1.- Determinar la cantidad de materiales de acuerdo al diseño y tanda requerida.

Paso 2.- Pesar los materiales en recipientes limpios y secos, el agua de diseño se separa en porcentajes del 10% para humedecimiento de agregados, 50% para vaciar con el cemento, 20% para diluir y vaciar con el aditivo superplastificante y 20% para lavar y concentrar en la mezcla los residuos de materiales en el borde de la mezcladora.

Paso 3.- Limpiar y humedecer la mezcladora.

Paso 4.- Vaciar el total del agregado grueso.

Paso 5.- Vaciar el 10% de agua de diseño para humedecer los agregados.

Paso 6.- Mezclar hasta que el agregado grueso quede humedecido en su totalidad.

Paso 7.- Vaciar el total del agregado fino.

Paso 8.- Mezclar durante 30 segundos tiempo en el cual la mezcla queda uniforme.

Paso 9.- Vaciar el total del cemento y el 50% del agua de diseño.

Paso 10.- Mezclar por 30 segundos y luego vaciar el 20% de agua de diseño con el aditivo superplastificante diluido, finalmente vaciar el 20% de agua restante sin apagar la mezcladora, seguir mezclando hasta completar 3 minutos en total.

Paso 11.- Apagar la mezcladora y reposar 4 minutos.

Paso 12.- Mezclar 3 minutos adicionales.

Paso 13.- Vaciar la mezcla a la carretilla y uniformizar la mezcla con la pala para luego proceder a medir el asentamiento el cual debe estar en el rango de 3" – 4" para su aceptación y así a proceder a los demás ensayos de concreto fresco o vaciado para muestras de concreto endurecido.

4.5. DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO

4.5.1. Diseño de mezcla de PATRÓN

En el ANEXO B 1 se detalla el proceso de diseño de mezcla de PATRÓN, a continuación se muestra la obtención del porcentaje óptimo de agregados de cada relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70, que posteriormente fueron utilizados en los diseños definitivos.

En la Tabla 19 se muestra la resistencia a compresión en 7 días para diferentes porcentaje de agregados naturales en el PATRÓN con $a/c=0.60$, en la Figura 9 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a la compresión respecto al porcentaje de agregado fino, se observa que, para obtener una mayor resistencia para PATRÓN, $a/c = 0.60$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 55.20% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 44.80%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño definitivo.

Tabla 19. Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados

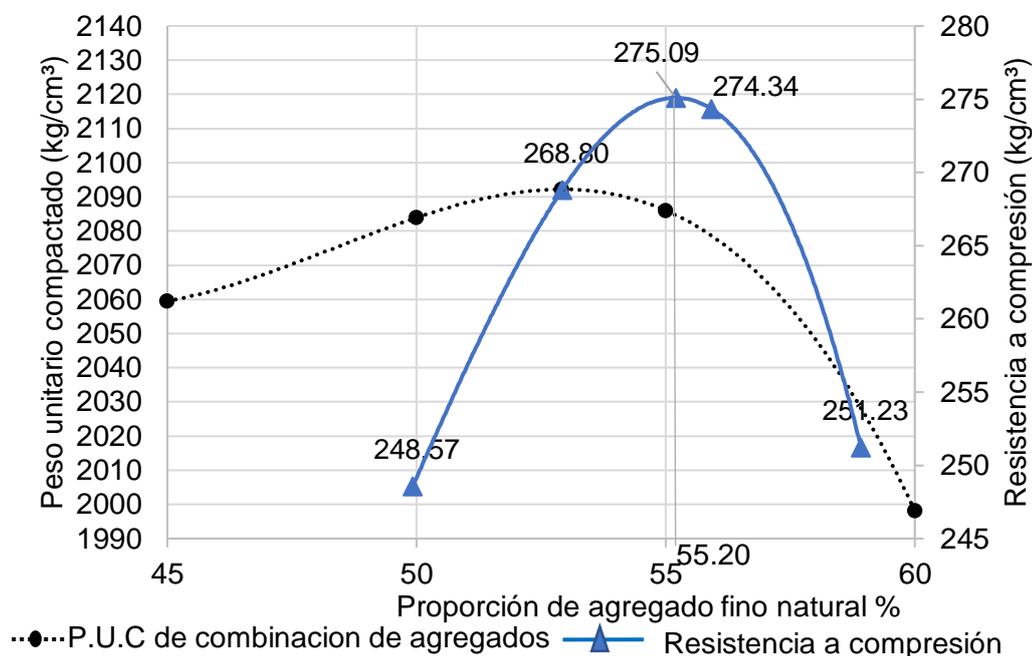
Naturales en el Concreto PATRÓN con $a/c=0.60$

Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	f'c (kg/cm ²)
49.92	50.08	248.57
52.92	47.08	268.80
55.92	44.08	274.34
58.92	41.08	251.23

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.60$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20 se muestra el diseño de PATRÓN, $a/c= 0.60$, definitivo.

Tabla 20. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.60$, Agua = 200 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.20/44.80

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo (obra)			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	6.79	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	205.22	0.62	4.18	-
Arena	990.80	0.3803	2.97	1008.84	3.03	20.56	-
Piedra	804.13	0.2982	2.41	807.99	2.42	16.47	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2328.27	1.00	-	2355.38	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 21 se muestra la resistencia a compresión en 7 días para diferentes porcentaje de agregados naturales en el PATRÓN con $a/c=0.65$, en la Figura 10 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino,

se observa que, para obtener una mayor resistencia para PATRÓN, $a/c = 0.65$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 50.99% consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 49.01%, estos porcentajes se utilizaran para el diseño definitivo.

Tabla 21. Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados

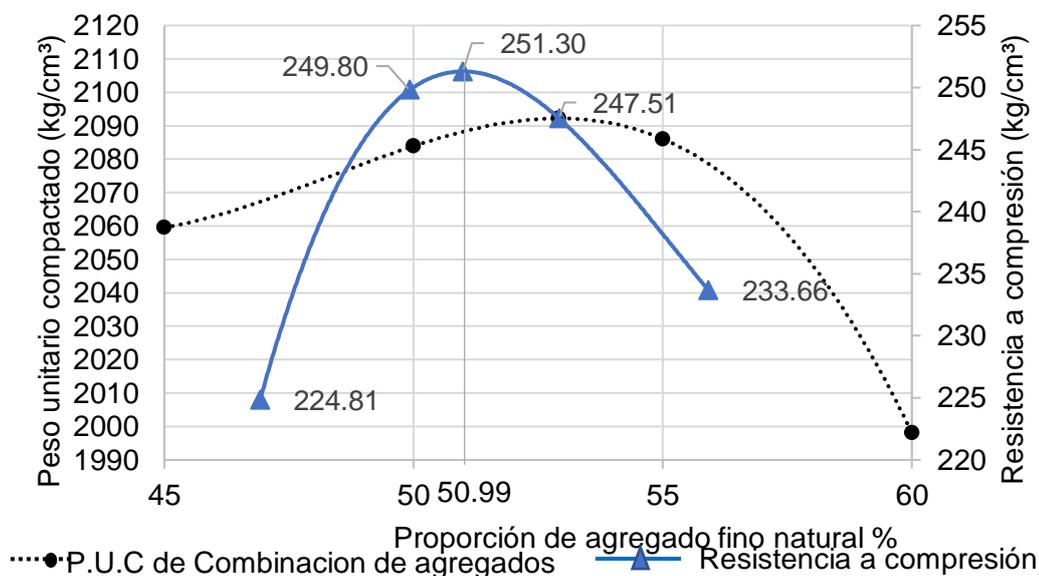
Naturales en el Concreto PATRÓN con $a/c=0.65$

Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	f'c (kg/cm ²)
46.92	53.08	224.81
49.92	50.08	249.80
52.92	47.08	247.51
55.92	44.08	233.66

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.65$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 22 se muestra el diseño de PATRÓN, $a/c= 0.65$, definitivo.

Tabla 22. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 50.99/49.01

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m^3	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	305.38	0.0976	1.00	305.38	1.00	6.22	7.19
Agua	198.50	0.1985	0.65	203.94	0.67	4.16	-
Arena	930.66	0.3573	3.05	947.60	3.10	19.31	-
Piedra	894.52	0.3317	2.93	898.82	2.94	18.31	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2329.07	1.00	-	2355.74	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 23 se muestra la resistencia a compresión en 7 días para diferentes porcentaje de agregados naturales en el concreto PATRÓN con $a/c=0.70$, en la Figura 11 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino, se observa que, para obtener una mayor resistencia para PATRÓN, $a/c = 0.70$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 53.02% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 46.98%, estos porcentajes se utilizaran para el diseño definitivo.

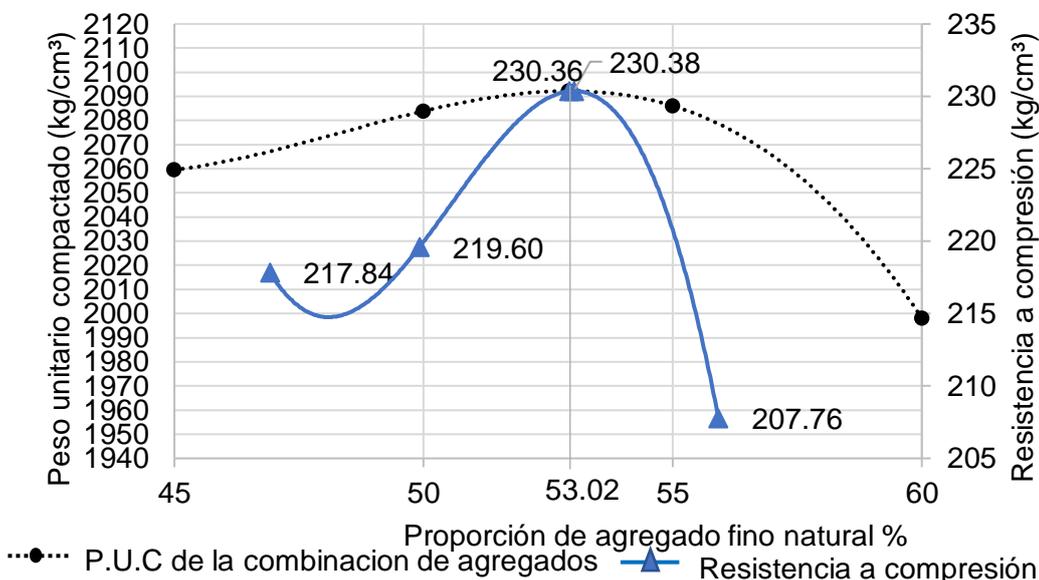
Tabla 23. Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados Naturales en el Concreto PATRÓN con $a/c=0.70$

Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	f'c (kg/cm^2)
46.92	53.08	217.84
49.92	50.08	219.60
52.92	47.08	230.36
55.92	44.08	207.76

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 24 se muestra el diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, definitivo.

Tabla 24. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.02/46.98

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	281.43	0.0899	1.00	281.43	1.00	5.74	6.62
Agua	197.00	0.1970	0.70	202.44	0.72	4.13	-
Arena	979.88	0.3762	3.48	997.71	3.55	20.34	-
Piedra	868.25	0.3219	3.09	872.42	3.10	17.79	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2326.56	1.00	-	2354.01	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Diseño de mezcla de ECO

En el anexo B 2. Se detalla el proceso de diseño de mezcla de ECO (concreto con agregados ecológicos), a continuación, se muestra la obtención del porcentaje óptimo de agregados de cada relación agua/cemento $a/c=0.60, 0.65$ y

0.70 que posteriormente fueron utilizados en los diseños definitivos con slump de 3" a 4".

En la Tabla 25 se muestra la resistencia a compresión en 7 días para diferentes porcentajes de agregados ecológicos en el ECO con $a/c=0.60$, en la Figura 12 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino ecológico, se observa que, para obtener una mayor resistencia para ECO, $a/c = 0.60$ el porcentaje óptimo de agregado fino es de 52.41% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 47.59%, estos porcentajes se utilizaran para el diseño definitivo.

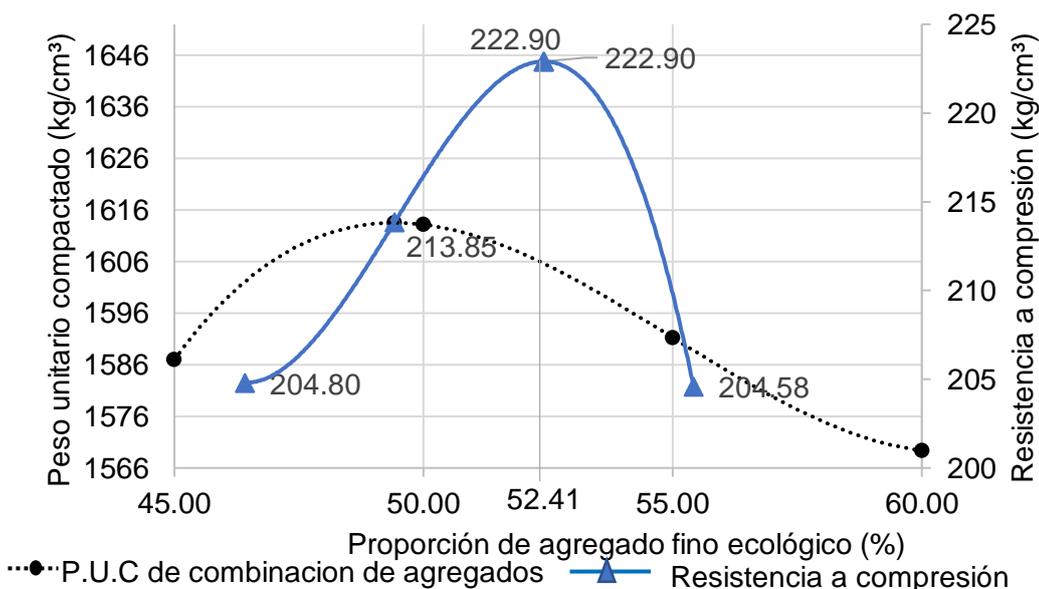
Tabla 25. Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados

Ecológicos en el Concreto ECO con $a/c=0.60$

Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	f'c (kg/cm ²)
46.42	53.58	204.80
49.42	50.58	213.85
52.42	47.58	222.90
55.42	44.58	204.58

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión ECO $a/c=0.60$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 26, se muestra el diseño definitivo de ECO para $a/c = 0.60$.

Tabla 26. Diseño de ECO, $a/c = 0.60$, Agua = 220L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 52.41/47.59

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	366.67	0.1171	1.00	366.67	1.00	8.22	8.63
Agua	220.00	0.2200	0.60	230.72	0.63	5.17	-
Arena	763.85	0.3435	2.08	832.82	2.27	18.68	-
Piedra	693.60	0.2944	1.89	710.11	1.94	15.93	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2044.11	1.00	-	2140.31	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 27 se muestra la resistencia a compresión en 7 días para diferentes porcentajes de agregados ecológicos en ECO con $a/c = 0.65$, en la Figura 13 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino ecológico, se observa que, para obtener una mayor resistencia para ECO, $a/c = 0.65$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 52.08% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 47.92%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño definitivo.

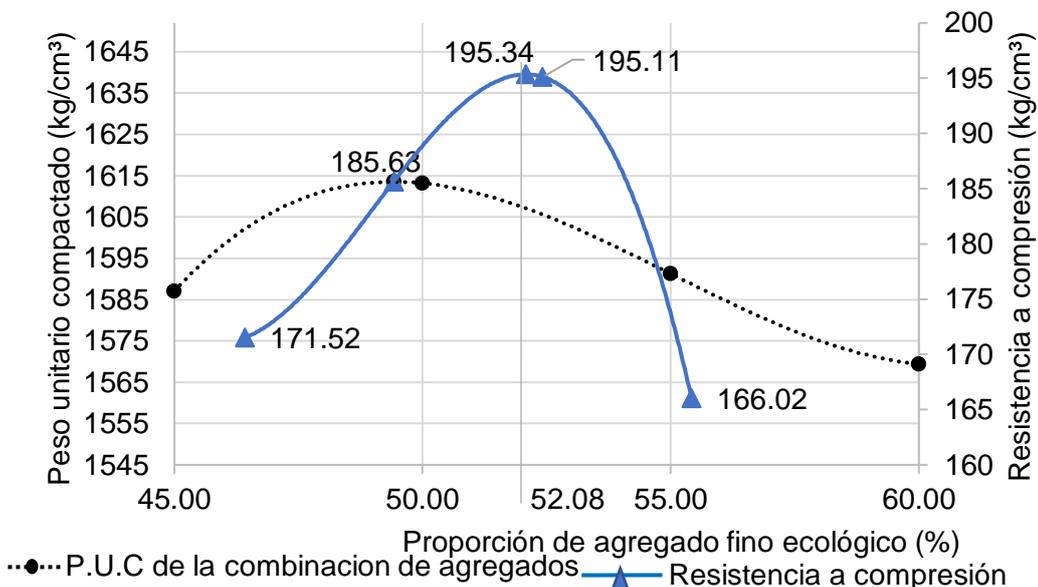
Tabla 27. Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados

Ecológicos en el Concreto ECO con $a/c = 0.65$

Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	f'c (kg/cm ²)
46.42	53.58	171.52
49.42	50.58	185.63
52.42	47.58	195.11
55.42	44.58	166.02

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. P.U.C. de la Combinación de agregados y Resistencia a Compresión de ECO a/c=0.65



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 28, se muestra el diseño definitivo de ECO para a/c= 0.65.

Tabla 28. Diseño de ECO, a/c= 0.65, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico/ % Agregado Grueso Ecológico = 52.08/47.92

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	333.85	0.1067	1.00	333.85	1.00	7.50	7.86
Agua	217.00	0.2170	0.65	228.19	0.68	5.12	-
Arena	775.23	0.3486	2.32	845.24	2.53	18.98	-
Piedra	713.31	0.3028	2.14	730.29	2.19	16.40	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2039.39	1.00	-	2137.56	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 29 se muestra la resistencia a compresión en 7 días para diferentes porcentajes de agregados ecológicos en ECO con a/c=0.70, en la Figura 14 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino ecológico, se observa que, para obtener una mayor resistencia para ECO, a/c = 0.70, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 52.35% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 47.65%, estos porcentajes se utilizaran para el diseño definitivo.

Tabla 29. Resistencia a Compresión en 7 Días para Diferentes Porcentajes de Agregados

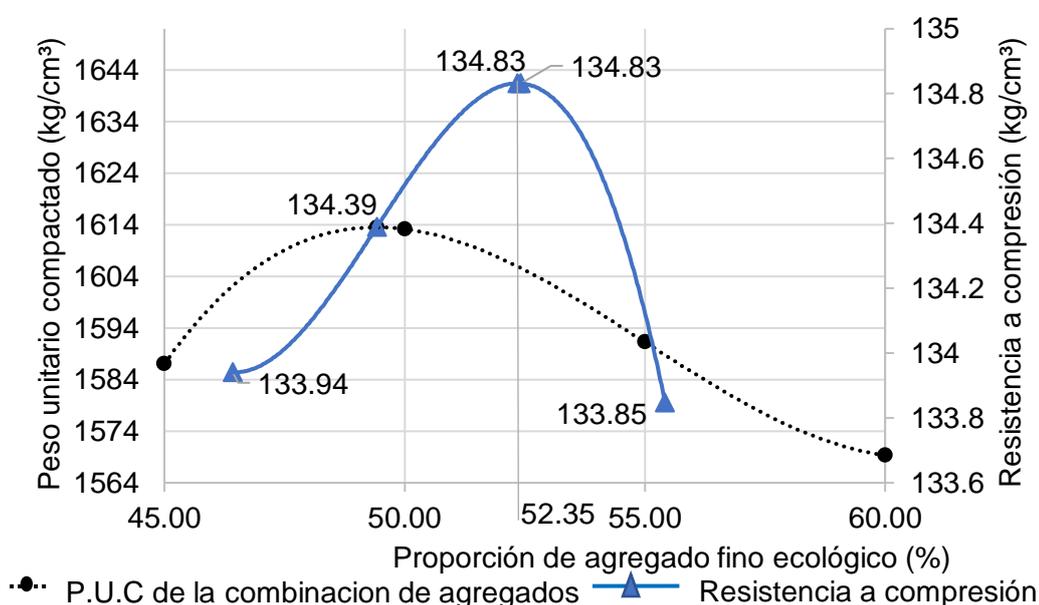
Ecológicos en el Concreto ECO con $a/c=0.70$

Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	f'c (kg/cm ²)
46.42	53.58	133.94
49.42	50.58	134.39
52.42	47.58	134.83
55.42	44.58	133.85

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión para ECO,

$a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 30, se muestra el diseño definitivo de ECO para $a/c= 0.70$.

Tabla 30. Diseño de Concreto ECO, $a/c= 0.70$, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / %

Agregado Grueso Ecológico = 52.35/47.65

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	305.71	0.0977	1.00	305.71	1.00	6.87	7.19
Agua	214.00	0.2140	0.70	225.19	0.74	5.06	-
Arena	793.47	0.3568	2.60	865.12	2.83	19.45	-
Piedra	722.23	0.3066	2.36	739.42	2.42	16.62	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2035.42	1.00	-	2135.45	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Diseño de mezcla de ECO+ADIT

El diseño de mezcla de ECO+ADIT consiste en el diseño de concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante en un porcentaje de 0.7% del peso de cemento, considerando los a/c= 0.60, 0.65 y 0.70 cuyos valores se mantienen fijos, variando la cantidad de agua y consecuentemente la cantidad de cemento para obtener el asentamiento solicitado, la proporción de agregados se consideró la calculada para el diseño de mezcla de concreto ecológico ECO.

En la Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33 se muestra el diseño definitivo de concreto con agregados ecológico más aditivo superplastificante cuya cantidad es el 0.7% del peso de cemento ECO+ADIT para a/c= 0.60, 0.65, 0.70 respectivamente.

Tabla 31. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.60, Agua = 187 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.41/47.59

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	311.67	0.0996	1.00	311.67	1.00	6.88	7.33
Agua	187.00	0.1870	0.60	198.53	0.64	4.39	-
Arena	822.03	0.3696	2.64	896.26	2.88	19.80	-
Piedra	746.43	0.3168	2.39	764.20	2.45	16.88	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	2.18	0.0020	0.01	2.18	0.01	0.05	-
Total	2069.32	1.0000	-	2172.84	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.65, Agua = 183 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.08/47.92

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	281.54	0.0899	1.00	281.54	1.00	6.22	6.62
Agua	183.00	0.1830	0.65	195.03	0.69	4.31	-
Arena	833.46	0.3748	2.96	908.72	3.23	20.08	-
Piedra	766.89	0.3255	2.72	785.14	2.79	17.35	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	1.97	0.0018	0.01	1.97	0.01	0.04	-
Total	2066.85	1.0000	-	2172.40	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Diseño de ECO+ADIT, $a/c= 0.70$, Agua = 180 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.35/47.65

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	257.14	0.0822	1.00	257.14	1.00	5.68	6.05
Agua	180.00	0.1800	0.70	192.00	0.75	4.24	-
Arena	850.75	0.3825	3.31	927.57	3.61	20.51	-
Piedra	774.37	0.3287	3.01	792.80	3.08	17.53	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	1.80	0.0016	0.01	1.80	0.01	0.04	-
Total	2064.06	1.0000	-	2171.31	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4. Resumen de diseños de mezcla

En la Tabla 34 se presenta el resumen de la cantidad de cemento, agua y porcentaje de agregados de cada tipo de concreto.

Tabla 34. Resumen de Cantidad de Cemento, Agua y Porcentaje de Agregados Para Cada Tipo de Concreto

Tipo de concreto	Agua/ cemento a/c	Cemento	Agua	Agregado fino	Agregado grueso
		kg/m ³	lt/m ³	%	%
PATRÓN	0.60	333.33	200.0	55.20	44.80
	0.65	305.38	198.5	50.99	49.01
	0.70	281.43	197.0	53.02	46.98
ECO	0.60	366.67	220.0	52.41	47.59
	0.65	333.85	217.0	52.08	47.92
	0.70	305.71	214.0	52.35	47.65
ECO+ADIT	0.60	311.67	187.0	52.41	47.59
	0.65	281.54	183.0	52.08	47.92
	0.70	257.14	180.0	52.35	47.65

Fuente: Elaboración propia.

Al usar agregados ecológicos se requiere más agua, esto se debe a la elevada absorción, menores dimensiones del agregado grueso, reducción del tamaño y generación de finos por el proceso de mezclado, textura rugosa de mortero presente en los agregados, y al utilizar agregados ecológicos más aditivo superplastificante este disminuye la cantidad de agua requerida debido a la

mejor hidratación de las partículas de cemento consecuente del efecto dispersante de dicho aditivo.

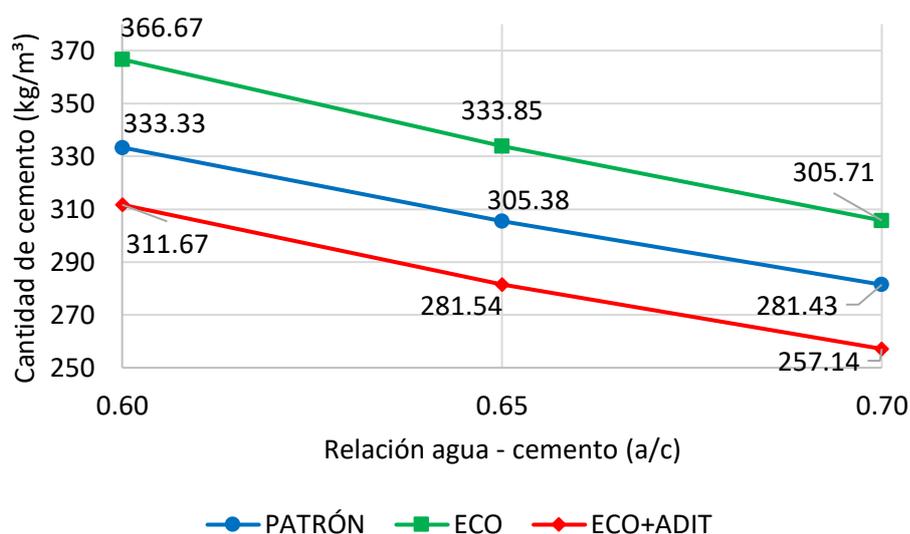
En la Tabla 35, Figura 15, Figura 16 se muestra la cantidad de agua y cemento y sus respectivas variaciones respecto del PATRÓN de los diferentes tipos de concreto para tener un asentamiento están dentro del rango de 3" a 4", se observa que para ECO al tener fija la relación a/c aumenta la cantidad de agua y cemento, y para ECO+ADIT al utilizarse aditivo superplastificante se disminuye la cantidad de agua y cemento, manteniendo fija la relación a/c.

Tabla 35. Variación en Porcentaje de la Cantidad de Cemento y Agua Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	Agua/cemento a/c	Cemento kg/m ³	Variación respecto a PATRÓN %	Agua lt/m ³	Variación respecto a PATRÓN %
PATRÓN	0.60	333.33	100.0	200.0	100.0
ECO	0.60	366.67	110.0	220.0	110.0
ECO+ADIT	0.60	311.67	93.5	187.0	93.5
PATRÓN	0.65	305.38	100.0	198.5	100.0
ECO	0.65	333.85	109.3	217.0	109.3
ECO+ADIT	0.65	281.54	92.2	183.0	92.2
PATRÓN	0.70	281.43	100.0	197.0	100.0
ECO	0.70	305.71	108.6	214.0	108.6
ECO+ADIT	0.70	257.14	91.4	180.0	91.4

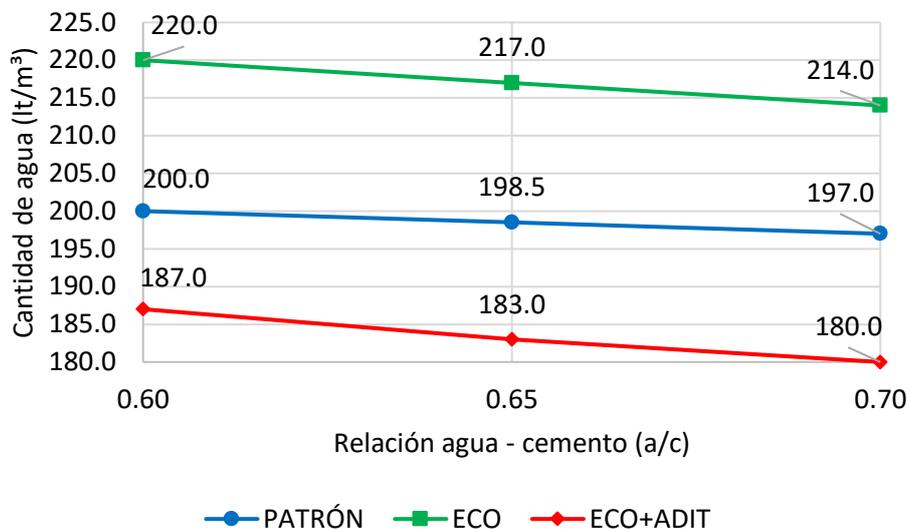
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Cantidad de Cemento de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Cantidad Agua de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan la Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39 donde se presenta el peso de materiales y volumen de materiales por metro cubico de cada tipo de diseño seco y húmedo respectivamente.

Tabla 36. *Peso de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco de Concreto*

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
Cemento	kg	333.33	305.38	281.43	366.67	333.85	305.71	311.67	281.54	257.14
Agua	lt	200.00	198.50	197.00	220.00	217.00	214.00	187.00	183.00	180.00
Arena	kg	990.80	930.66	979.88	763.85	775.23	793.47	822.03	833.46	850.75
Piedra	kg	804.13	894.52	868.25	693.60	713.31	722.23	746.43	766.89	774.37
Aire	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aditivo	kg	-	-	-	-	-	-	2.18	1.97	1.80
Total	kg	2328.27	2329.07	2326.56	2044.11	2039.39	2035.42	2069.32	2066.85	2064.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. *Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco de Concreto*

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
Cemento	m ³	0.1065	0.0976	0.0899	0.1171	0.1067	0.0977	0.0996	0.0899	0.0822
Agua	m ³	0.2000	0.1985	0.1970	0.2200	0.2170	0.2140	0.1870	0.1830	0.1800
Arena	m ³	0.3803	0.3573	0.3762	0.3435	0.3486	0.3568	0.3696	0.3748	0.3825
Piedra	m ³	0.2982	0.3317	0.3219	0.2944	0.3028	0.3066	0.3168	0.3255	0.3287
Aire	m ³	0.0150	0.0150	0.0150	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
Aditivo	m ³	-	-	-	-	-	-	0.0020	0.0018	0.0016
Total	m ³	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. *Peso de Materiales Para Cada Diseño Húmedo (obra) de Concreto*

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
Cemento	kg	333.33	305.38	281.43	366.67	333.85	305.71	311.67	281.54	257.14
Agua	lt	205.22	203.94	202.44	230.72	228.19	225.19	198.53	195.03	192.00
Arena	kg	1008.84	947.60	997.71	832.82	845.24	865.12	896.26	908.72	927.57
Piedra	kg	807.99	898.82	872.42	710.11	730.29	739.42	764.20	785.14	792.80
Aire	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aditivo	kg	-	-	-	-	-	-	2.18	1.97	1.80
Total	kg	2355.38	2355.74	2354.01	2140.31	2137.56	2135.45	2172.84	2172.40	2171.31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. *Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño Húmedo (obra) de Concreto*

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
Cemento	m ³	0.1065	0.0976	0.0899	0.1171	0.1067	0.0977	0.0996	0.0899	0.0822
Agua	m ³	0.2052	0.2039	0.2024	0.2307	0.2282	0.2252	0.1985	0.1950	0.1920
Arena	m ³	0.5808	0.5455	0.5744	0.5944	0.6033	0.6175	0.6397	0.6486	0.6621
Piedra	m ³	0.5732	0.6376	0.6189	0.5562	0.5720	0.5792	0.5986	0.6150	0.6210
Aire	m ³	0.0150	0.0150	0.0150	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
Aditivo	m ³	-	-	-	-	-	-	0.0020	0.0018	0.0016
Total	m ³	1.48	1.50	1.50	1.52	1.54	1.54	1.56	1.58	1.58

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO

La determinación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido se realizó en el Laboratorio N.º 1 de Ensayo de Materiales LEM en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, de acuerdo a lo indicado a la Norma Técnica Peruana para cada tipo de ensayo.

5.1. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Las propiedades del concreto en estado endurecido dependen en mayor o menor grado de sus características en estado fresco, como de sus procesos de mezclado, transporte, colocación, compactación y terminado es por ello que tiene importancia el estudio de las propiedades del concreto fresco. El informe detallado del cálculo de cada propiedad se muestra en el Anexo C. En la Tabla 40 se presenta la cantidad de los ensayos al concreto fresco.

Tabla 40. Cantidad de Muestras de Cada Ensayo del Concreto Fresco

Nº	ENSAYO	a/c	Nº de ensayos	Tipos de concreto	Total de ensayos
1	Asentamiento (NTP.339.035:2015)	0.60	3	3	27
		0.65	3	3	
		0.70	3	3	
2	Fluidez (NTP.339.085:2016)	0.60	2	3	18
		0.65	2	3	
		0.70	2	3	
3	Peso unitario (NTP.339.046:2019)	0.60	3	3	27
		0.65	3	3	
		0.70	3	3	
4	Contenido de aire (NTP.339.080:2017)	0.60	1	3	9
		0.65	1	3	
		0.70	1	3	
5	Exudación (NTP.339.077:2020)	0.60	1	3	9
		0.65	1	3	
		0.70	1	3	
6	Tiempo de fraguado (NTP.339.082:2017)	0.60	1	3	9
		0.65	1	3	
		0.70	1	3	
7	Temperatura (NTP.339.184:2018)	0.60	1	3	9
		0.65	1	3	
		0.70	1	3	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra los resultados de los ensayos considerados, que son: Asentamiento, fluidez, peso unitario, contenido de aire, exudación, tiempo de fraguado y temperatura.

5.1.1. Asentamiento

La Prueba de Asentamiento también llamada Slump, Prueba de Revenimiento, Ensayo del Cono de Abrams. Es la prueba más usada, que fundamentalmente mide la consistencia o grado de humedad de la mezcla.

La norma NTP 339.035 (CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland) cuarta ed. – 2015, describe el método que se aplica para determinar el asentamiento en concreto plástico.

Los concretos que tienen asentamiento menor a 15mm (0.59") pueden no ser adecuadamente plásticos y los concretos que tienen asentamientos mayores a 230mm (9") pueden no ser adecuadamente cohesivos (INACAL-NTP 339.035, 2015, pág. 3).

En la Tabla 41 se presenta la consistencia de mezcla de acuerdo a su asentamiento.

Tabla 41. *Consistencia de Mezclas de Acuerdo a su Asentamiento*

Tipo	Asentamiento	
	pulg	mm
Consistencia seca	1" - 2"	25 - 50
Consistencia plástica	3" - 4"	75 - 100
Consistencia fluida	6 - 7"	150 - 175

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 41)

En la Tabla 42 se presenta los resultados de asentamiento de cada uno de los tipos de concreto en estudio, todos cumplieron el rango de asentamiento planteado de consistencia plásticas (3" a 4"), en el Anexo C 1 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 42. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Agua (lt)	Cemento (kg/m ³)	Asentamiento	
				(pulg)	(mm)
PATRÓN	0.60	200.0	333.33	3.58	91
ECO	0.60	220.0	366.67	3.44	87
ECO+ADIT	0.60	187.0	311.67	3.75	95
PATRÓN	0.65	198.5	305.38	3.83	97
ECO	0.65	217.0	333.85	3.75	95
ECO+ADIT	0.65	183.0	281.54	3.83	97
PATRÓN	0.70	197.0	281.43	3.33	85
ECO	0.70	214.0	305.71	3.67	93
ECO+ADIT	0.70	180.0	257.14	3.67	93

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Fluidez

La fluidez es la capacidad que tiene el concreto fresco para comportarse como un fluido en determinadas circunstancias.

El índice de consistencia nos muestra la tendencia a la segregación por medición de la expansión del concreto, el ensayo de mesa de flujo no mide la trabajabilidad, por lo que un concreto con igual flujo puede tener diferente trabajabilidad.

La norma NTP 339.085 (HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la determinación de un índice de consistencia de hormigones frescos, por el método de la mesa de sacudidas) primera ed. – 2016, describe el método que se aplica para determinar el Índice de consistencia en concreto plástico.

En la Tabla 43 se presenta los resultados del ensayo de fluidez de cada uno de los tipos de concreto en estudio, en el Anexo C 2 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 43. Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Fluidez %
PATRÓN	0.60	333.33	31.07
ECO	0.60	366.67	26.53
ECO+ADIT	0.60	311.67	33.33
PATRÓN	0.65	305.38	34.27
ECO	0.65	333.85	32.87
ECO+ADIT	0.65	281.54	34.77
PATRÓN	0.70	281.43	35.17
ECO	0.70	305.71	30.50
ECO+ADIT	0.70	257.14	31.37

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Peso unitario

El peso unitario del concreto, es el peso por unidad de volumen en estado fresco, este varía según el grado de compactación, del peso específico de los componentes, del porcentaje de aire contenido.

Los concretos livianos tienen una densidad entre 1440 y 1840 kg/m³, los concretos de densidad normal varían entre 2000 y 2600 kg/m³, mientras que los concretos pesado tienen densidad mayor a 2600 kg/m³. La densidad del concreto en estado fresco es mayor al de estado endurecido, ya que parte del agua de mezclado se evapora reduciendo el peso en 7% aproximadamente (Matallana Rodríguez, 2019, pág. 133).

La norma NTP 339.046 (CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto) tercera ed. – 2019, describe el método que se aplica para determinar el peso unitario del concreto fresco.

En la Tabla 44 se presenta los resultados del ensayo de peso unitario de cada uno de los tipos de concreto en estudio, de acuerdo a su valor son concretos con densidad normal, en el Anexo C 3 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 44. *Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto en Estado Fresco*

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Peso unitario kg/m ³
PATRÓN	0.60	333.33	2363.99
ECO	0.60	366.67	2026.02
ECO+ADIT	0.60	311.67	2099.48
PATRÓN	0.65	305.38	2365.05
ECO	0.65	333.85	2018.96
ECO+ADIT	0.65	281.54	2075.11
PATRÓN	0.70	281.43	2372.46
ECO	0.70	305.71	2012.25
ECO+ADIT	0.70	257.14	2052.51

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Contenido de aire

Es el volumen de aire contenido en la mezcla, es el aire atrapado durante la mezcla o intencionalmente incorporado.

La norma NTP 339.080 (CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión) tercera ed. – 2017, describe el método que se aplica para determinar el contenido de aire del concreto fresco.

En la Tabla 45 se presenta los resultados del ensayo de contenido de aire de cada uno de los tipos de concreto en estudio, observándose el aumento considerable de contenido de aire al utilizar agregados ecológicos.

Tabla 45. *Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto*

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Contenido de aire (%)
PATRÓN	0.60	333.33	1.30
ECO	0.60	366.67	7.00
ECO+ADIT	0.60	311.67	6.00
PATRÓN	0.65	305.38	1.40
ECO	0.65	333.85	7.30
ECO+ADIT	0.65	281.54	6.20
PATRÓN	0.70	281.43	1.60
ECO	0.70	305.71	8.50
ECO+ADIT	0.70	257.14	7.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5. Exudación

Es la salida de agua a la superficie, causada por el asentamiento de los materiales sólidos dentro del concreto fresco, dependiendo de las características de los materiales y dosificación varía el grado de exudación, así como su velocidad.

El proceso de exudación se da en las primeras horas después de colocado el concreto en un ambiente frío, húmedo y sin viento el agua exudada puede contenerse en la superficie y en un ambiente caluroso, seco y con viento el agua exudada se evapora más rápido de lo que sale produciéndose un resecado en la superficie lo que acarrea como consecuencia la formación de fisuras por contracción plástica.

La norma NTP 339.077 (CONCRETO. Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo) cuarta ed. – 2020, describe el método que se aplica para determinar la exudación del concreto fresco.

En la Tabla 46 se presenta los resultados del ensayo de exudación de cada uno de los tipos de concreto en estudio, en el Anexo C 4 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 46. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Exudación %
PATRÓN	0.60	333.33	2.39
ECO	0.60	366.67	1.92
ECO+ADIT	0.60	311.67	0.00
PATRÓN	0.65	305.38	2.28
ECO	0.65	333.85	2.01
ECO+ADIT	0.65	281.54	0.00
CAN	0.70	281.43	2.72
ECO	0.70	305.71	2.28
ECO+ADIT	0.70	257.14	0.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.6. Tiempo de fraguado

El fraguado es el proceso debido a las reacciones químicas, que ocurre después del contacto del cemento con el agua del mezclado, produce gradual desarrollo de rigidez de una mezcla cementosa.

El tiempo inicial de fragua define el límite del manejo de concreto, es el tiempo máximo que se dispone para el mezclado, transporte, colocación y acabado, y el tiempo final de fraguado indica de forma aproximada el tiempo en el que comienza el desarrollo de la resistencia mecánica.

El tiempo de fragua inicial es aquel en el que la resistencia de penetración es de 3.5 MPa (35 kg/cm² ó 500 psi) y tiempo de fraguado final aquel en el que la resistencia de penetración es de 28 MPa (280 kg/cm² ó 4000 psi).

La norma NTP 339.082 (CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración) cuarta ed. – 2017, describe el método que se aplica para determinar el tiempo de fraguado del concreto.

En la Tabla 47 se presenta los resultados del tiempo de fragua inicial TFI y tiempo de fragua final TFF de cada uno de los tipos de concreto en estudio, en el Anexo C 5 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 47. *Tiempo de Fragua Inicial y Final de los Diferentes Tipos de Concreto*

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Tiempo de fragua inicial TFI		Tiempo de fragua final TFF	
			h:m	min	h:m	min
PATRÓN	0.60	333.33	05:26	326.1	07:48	468.5
ECO	0.60	366.67	05:40	340.9	07:53	473.6
ECO+ADIT	0.60	311.67	05:38	338.9	08:13	493.2
PATRÓN	0.65	305.38	05:34	334.1	07:37	457.9
ECO	0.65	333.85	06:05	365.6	08:32	512.6
ECO+ADIT	0.65	281.54	06:13	373.9	09:13	553.3
PATRÓN	0.70	281.43	06:04	364.6	08:21	501.4
ECO	0.70	305.71	06:14	374.4	08:49	529.5
ECO+ADIT	0.70	257.14	06:27	387.7	09:33	573.1

Fuente: Elaboración propia.

5.1.7. Temperatura

La temperatura del concreto tiene influencia sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido, la temperatura elevada genera un mayor requerimiento de cantidad de agua de mezclado para un determinado asentamiento.

La temperatura del concreto fresco depende del aporte calorífico de cada uno de los materiales, la influencia de cada uno de ellos depende de su calor específico, de su masa, de su temperatura, además del calor liberado por la hidratación del

cemento, la energía añadida durante el mezclado y el calor absorbido o entregado al medio ambiente.

Se considera una temperatura media de mezcla de concreto fresco comprendido entre 10° y 29°C en climas cálidos, sin embargo, la temperatura máxima permitida es de 32°C, condicionadas por la velocidad de hidratación y endurecimiento del cemento, ya que a mayor temperatura se produce una hidratación más rápida, pero menos eficiente consecuentemente un fraguado acelerado, que da como resultado un concreto endurecido menos uniforme y pobre (Sánchez de Guzmán, 2001, pág. 124).

En clima frío la temperatura mínima del concreto fresco es de 5°C, la máxima temperatura considerando agregados calentados, agua caliente o ambos no debe ser mayor a 32°C en ningún instante del concreto fresco y para el concreto en clima cálido en caso no se considere agregados calentados, agua caliente o ambos la temperatura máxima no debe exceder de 35°C durante su producción o transporte (INACAL-NTP 339.114, 2022, pág. 31).

La norma NTP 339.184 (CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto) segunda ed. – 2018, describe el método que se aplica para determinar la temperatura del concreto.

En la Tabla 48 se presenta los resultados de la temperatura de cada uno de los tipos de concreto en estudio y la temperatura de ambiente en el momento de la medición del ensayo.

Tabla 48. Temperatura de Mezcla de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Temp. de mezcla °C	Temp. de ambiente °C
PATRÓN	0.60	333.33	19.00	16.70
ECO	0.60	366.67	21.10	18.80
ECO+ADIT	0.60	311.67	21.10	18.50
PATRÓN	0.65	305.38	19.30	16.90
ECO	0.65	333.85	20.70	18.30
ECO+ADIT	0.65	281.54	20.90	18.50
PATRÓN	0.70	281.43	19.20	17.50
ECO	0.70	305.71	20.70	18.90
ECO+ADIT	0.70	257.14	21.00	18.60

Fuente: Elaboración propia.

5.2. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE CONCRETO ENDURECIDO

El concreto es un material que experimenta un progresivo y creciente endurecimiento, pasando de estado plástico a sólido, mediante una cadena de acciones físico-químicas complejas a través del tiempo. Durante este proceso desarrolla una serie de propiedades que son aprovechadas en la construcción.

Los especímenes han sido curados hasta el momento del ensayo de acuerdo a la NTP 339.183:2018, en tanques de almacenamiento de agua saturados con hidróxido de calcio de acuerdo a los requerimientos de la NTP 334.077:2020.

En la Tabla 49 se presenta la cantidad de probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura ensayadas para obtener la resistencia a compresión cuyos valores se grafican con la variación de porcentajes de los agregados, generando una curva en la cual se obtiene el porcentaje óptimo que genera la más alta resistencia a compresión para cada relación a/c, este porcentaje óptimo de agregados se utiliza en los diseños de mezcla de concreto definitivos de PATRÓN y ECO, para los diseños de ECO+ADIT se utilizó el mismo porcentaje de agregados determinados para ECO, se ensayaron 168 probetas.

Tabla 49. Cantidad de Probetas Ensayadas a Compresión para Determinar el Porcentaje Óptimo de Agregados

Tipo de concreto	relación a/c	Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	cantidad de probetas a compresión (unid)
PATRÓN	0.6	49.92	50.08	7
		52.92	47.08	7
		55.92	44.08	7
		58.92	41.08	7
	0.65	46.92	53.08	7
		49.92	50.08	7
		52.92	47.08	7
		55.92	44.08	7
	0.7	46.92	53.08	7
		49.92	50.08	7
		52.92	47.08	7
		55.92	44.08	7
ECO	0.6	46.42	53.58	7
		49.42	50.58	7
		52.42	47.58	7
		55.42	44.58	7
	0.65	46.42	53.58	7
		49.42	50.58	7
		52.42	47.58	7
		55.42	44.58	7
	0.7	46.42	53.58	7
		49.42	50.58	7
		52.42	47.58	7
		55.42	44.58	7
Cantidad de probetas preliminares para diseño:				168

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 50 se muestra la cantidad de muestras de cada ensayo para 7, 14, 28 y 56 días. Para ensayos a compresión y tracción se utilizaron 387 y 63 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, para Absorción, densidad y vacíos permeables se cortaron a las probetas cilíndricas de tal manera que se sacaron dos muestras por probeta con dimensiones de 10 cm de diámetro por 5 cm de altura utilizándose 27 probetas, para flexión se utilizaron 54 vigas de 15x15x50cm. En total se usó 645 probetas cilíndricas considerando las probetas para diseño preliminar y 54 vigas.

Tabla 50. Cantidad de Muestras de Cada Ensayo del Concreto Endurecido para 7, 14, 28 y 56 días

Ensayo	cant. de muestras				Cant. parcial	Tipos de diseño	a/c=0.60, 0.65, 0.70	Cant. total
	7	14	28	56				
Compresión (NTP 339.034:2015)	7	7	25	4	43	3	3	387
Tracción (NTP 339.084:2017)	-	-	7	-	7	3	3	63
Flexión (NTP 339.078:2017)	-	-	6	-	6	3	3	54
Absorción, densidad y vacíos permeables (NTP 339.187:2018)	-	-	6	-	6	3	3	54

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de cada ensayo han sido sometidos a evaluación del coeficiente de variación CV, el cual tiene que ser menor que el coeficiente de variación máximo CV_{max} indicados en la NTP 339.034:2015 para ensayos de resistencia a la compresión, en la NTP 339.084:2017 para ensayos a tracción y en la NTP 339.078:2017 para ensayos a flexión.

Se realizó la detección de valores atípicos, ya que es importante para obtener información confiable, descartando valores atípicos, y obteniendo parámetros de información como la media y la desviación estándar más probables, de la población en estudio, los valores atípicos se pueden dar por error de lectura o anotación de datos, falla en calibración, manejo inadecuado de equipos, entre otras.

Se utilizó el método de prueba de Grubbs, también llamada Prueba de la Desviación Estudentizada Extrema (ESD), esta prueba se utiliza para probar si son atípicos o no los valores máximo o mínimo de una muestra distribuida normalmente, consiste en calcular el valor estadístico de prueba G según sea máximo G_{max} o mínimo G_{min} , dichos valores serán menores al valor estadístico crítico G_{crit} , de lo contrario si el valor resulta atípico este es eliminado, se recalcula el promedio y la desviación estándar antes de recalcular el estadístico, repitiéndose el proceso hasta que no se detecten valores atípicos.

El valor estadístico de prueba se calcula: $G_{min} = (\bar{X} - X_{min})/s$ y $G_{max} = (X_{max} - \bar{X})/s$ y el G_{crit} se obtiene de tablas o mediante la siguiente ecuación:

$$\text{El } G_{crit} = \frac{(n-1)t_{crit}}{\sqrt{n(n-2+t_{crit}^2)}}$$

Donde:

G_{min} : Valor estadístico de prueba de Grubbs del mínimo valor de la muestra

G_{max} : Valor estadístico de prueba de Grubbs del máximo valor de la muestra

G_{crit} : Valor estadístico crítico de la prueba de Grubbs

X_{min} : Valor mínimo de la muestra

X_{max} : Valor máximo de la muestra

\bar{X} : Media

S : Desviación estándar

n : Cantidad de datos

t_{crit} : Valor crítico de la distribución t con n-2 grados de libertad y el nivel de significancia es α/n para una prueba de una cola

El informe detallado del cálculo y evaluación de datos de cada propiedad se muestra en el Anexo D, a continuación, se muestra los resultados de los ensayos considerados, que son: Resistencia a la compresión, tracción, flexión del concreto, también la densidad, absorción y porcentaje de vacíos.

5.2.1. Resistencia a la compresión del concreto

La resistencia a compresión es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos a compresión, es la propiedad con la que se diseña y se hace el control de calidad del concreto.

La norma NTP 339.034 (CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas) cuarta ed. – 2015, describe el método que se aplica para determinar la resistencia a compresión del concreto.

En la Tabla 51 se presenta los resultados de la resistencia a compresión de cada uno de los tipos de concreto en estudio a los 7, 14, 28 y 56 días, en el Anexo D 1 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 51. Resistencia a Compresión en el Tiempo de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Resistencia a compresión Kg/cm ²			
			7 días	14 días	28 días	56 días
PATRÓN	0.60	333.33	292	308	341	392
ECO	0.60	366.67	233	264	293	324
ECO+ADIT	0.60	311.67	307	312	346	355
PATRÓN	0.65	305.38	260	293	304	347
ECO	0.65	333.85	182	213	233	253
ECO+ADIT	0.65	281.54	243	257	287	292
PATRÓN	0.70	281.43	235	252	283	296
ECO	0.70	305.71	165	185	201	238
ECO+ADIT	0.70	257.14	218	230	269	277

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Resistencia a la tracción del concreto

El concreto es débil a esfuerzos de tracción, razón por lo que esta propiedad generalmente no se tiene en cuenta en el diseño de estructuras, la resistencia a la tracción del concreto es difícil de medir por medio de ensayos directos debido a la complejidad del montaje de las muestras y las incertidumbres que existen sobre los esfuerzos secundarios inducidos por los elementos que sujetan a la muestra, se estima que esta entre el 8% y el 12% de la resistencia a compresión.

En Brasil L. Carneiro y A. Bercellos desarrollaron un método indirecto llamando "tensión indirecta", en este método, la resistencia a la tracción es determinada cargando a compresión un cilindro convencional normado, a lo largo de dos líneas diametralmente opuestas, esta resistencia es aproximadamente un 15 % más alta que la determinada por ensayos a tracción directa.

La norma NTP 339.084 (CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica) tercera ed. – 2017, describe el método que se aplica para determinar la resistencia a tracción indirecta del concreto.

En la Tabla 52 se presentan los resultados de la resistencia a la tracción de los diferentes tipos de concreto, en el Anexo D 2 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 52. Resistencia a la Tracción de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Tracción T kg/cm ² 28 días
PATRÓN	0.60	333.33	35.9
ECO	0.60	366.67	29.1
ECO+ADIT	0.60	311.67	33.7
PATRÓN	0.65	305.38	31.3
ECO	0.65	333.85	25.4
ECO+ADIT	0.65	281.54	27.3
PATRÓN	0.70	281.43	29.5
ECO	0.70	305.71	24.7
ECO+ADIT	0.70	257.14	26.6

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Resistencia a la flexión del concreto

La resistencia a la flexión o módulo de rotura es el esfuerzo a la tensión máxima teórica alcanzada en la fibra del fondo de una viga de prueba, es un factor importante en estructuras de concreto simple, tal como las losas de pavimento, para carreteras, aeropuertos, pisos industriales.

La norma NTP 339.078 (CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo) tercera ed. – 2017, describe el método que se aplica para determinar la resistencia a flexión del concreto.

En la Tabla 53 se presentan los resultados de la resistencia a la flexión de los diferentes tipos de concreto, en el Anexo D 3 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 53. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Módulo de rotura Mr (Kg/cm ²) 28 días
PATRÓN	0.60	333.33	39.9
ECO	0.60	366.67	30.8
ECO+ADIT	0.60	311.67	34.4
PATRÓN	0.65	305.38	37.5
ECO	0.65	333.85	29.4
ECO+ADIT	0.65	281.54	32.2
PATRÓN	0.70	281.43	36.4
ECO	0.70	305.71	28.1
ECO+ADIT	0.70	257.14	30.6

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Absorción, densidad y vacíos permeables

-Absorción

La absorción es la capacidad que se tiene para que el agua ingrese a través de los poros permeables, ocurre principalmente por acción capilar.

-Densidad

La densidad del concreto es la masa por unidad de volumen, depende de la masa y proporción en la que participa cada uno de los diferentes materiales que constituyen el concreto.

En concreto de densidad normal, el valor de la densidad varía entre $2\,000\text{ kg/m}^3$ y 2600 kg/m^3 , la densidad también depende del estado en el que se encuentra el concreto, el concreto fresco pesa más en un 7% aproximadamente, esto se debe a que parte del agua de mezclado se evapora.

-Vacíos permeables

Los materiales con cierto grado de porosidad contienen cavidades o espacios de aire, la distribución de poros hace que algunos estén interconectados entre sí y con el exterior a estos se llama vacíos permeables, y otros que están cerrados imposibilitando el ingreso de agua, gases u otras sustancias.

La norma NTP 339.187 (CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en concreto endurecido) segunda ed. – 2018, describe el método que se aplica para determinar la densidad, absorción, y porcentaje de vacíos del concreto endurecido.

En la Tabla 54 se presentan los resultados de la Absorción, densidad y vacíos permeables de los diferentes tipos de concreto, en el Anexo D 4 se presenta el cálculo detallado.

Tabla 54. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Absorción por Inmersión %	Absorción por inmersión+ ebullición %	Densidad seca gr/cm ³	Densidad después de inmersión gr/cm ³	Densidad después de inmersión +ebullición gr/cm ³	Densidad aparente gr/cm ³	Vacíos permeables %
PATRÓN	0.60	333.33	7.17	7.29	2.23	2.39	2.39	2.66	16.26
	0.65	305.38	6.69	6.88	2.25	2.40	2.41	2.67	15.49
	0.70	281.43	7.22	7.36	2.23	2.39	2.39	2.67	16.40
ECO	0.60	366.67	13.21	13.99	1.85	2.09	2.11	2.50	25.88
	0.65	333.85	13.31	14.66	1.79	2.02	2.05	2.42	26.18
	0.70	305.71	13.78	14.78	1.80	2.04	2.06	2.44	26.52
ECO+ADIT	0.60	311.67	12.03	12.48	1.93	2.17	2.17	2.55	24.13
	0.65	281.54	12.12	13.03	1.87	2.09	2.11	2.46	24.30
	0.70	257.14	12.38	13.03	1.91	2.15	2.16	2.55	24.92

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MATERIALES DEL CONCRETO

Teniendo la cantidad de cada material por metro cubico y el precio unitario, se obtiene el precio parcial de cada material y la sumatoria da como resultado el costo total de materiales por metro cubico, el cual se obtuvo para cada tipo de concreto objeto del presente estudio.

En los precios unitarios se han incluido el impuesto general a las ventas y costo de transporte hasta el punto de obra en Lima, se han obtenido de cotizaciones a proveedores y se presenta en la Tabla 55.

Tabla 55. Precio Unitario de Materiales en Obra

Material	Unidad	Precio unitario (S/)
Cemento	Bolsa (42.5kg)	24.00
Agua	m ³	7.00
Agregado fino natural	m ³	45.21
Agregado grueso natural	m ³	49.93
Agregado fino ecológico	m ³	29.16
Agregado grueso ecológico	m ³	26.80
Aditivo superplastificante	Bidón (20lt)	240.90

Fuente: Elaboración propia.

6.1. COSTO DE PATRÓN

En la Tabla 56 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de PATRÓN, a/c=0.60.

Tabla 56. Costo para la Preparación de 1m³ de PATRÓN, a/c=0.60.

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	333.3333	0.56	188.24	
Agua	m ³	0.2000	7.00	1.40	
Agregado fino natural	m ³	0.3803	45.21	17.19	221.72
Agregado grueso natural	m ³	0.2982	49.93	14.89	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 57 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de PATRÓN, a/c=0.65.

Tabla 57. Costo para la Preparación de 1m³ de PATRÓN, a/c=0.65.

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	305.3846	0.56	172.45	
Agua	m ³	0.1985	7.00	1.39	
Agregado fino natural	m ³	0.3573	45.21	16.15	206.56
Agregado grueso natural	m ³	0.3317	49.93	16.56	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 58 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de PATRÓN, a/c=0.70.

Tabla 58. Costo para la Preparación de 1m³ de PATRÓN, a/c=0.70.

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	281.4286	0.56	158.92	
Agua	m ³	0.1970	7.00	1.38	
Agregado fino natural	m ³	0.3762	45.21	17.01	193.38
Agregado grueso natural	m ³	0.3219	49.93	16.07	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

6.2. COSTO DE ECO

En la Tabla 59 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de ECO, a/c=0.60.

Tabla 59. Costo para la Preparación de 1m³ de ECO, a/c=0.60.

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	366.6667	0.56	207.06	
Agua	m ³	0.2200	7.00	1.54	
Agregado fino ecológico	m ³	0.3435	29.16	10.02	226.51
Agregado grueso ecológico	m ³	0.2944	26.80	7.89	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 60 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de ECO, a/c=0.65.

Tabla 60. Costo para la Preparación de 1m³ de ECO, a/c=0.65.

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	333.8462	0.56	188.52	
Agua	m ³	0.2170	7.00	1.52	
Agregado fino ecológico	m ³	0.3486	29.16	10.17	208.32
Agregado grueso ecológico	m ³	0.3028	26.80	8.12	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 61 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de ECO, a/c=0.70.

Tabla 61. Costo para la Preparación de 1m³ de ECO, a/c=0.70.

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	305.7143	0.56	172.64	
Agua	m ³	0.2140	7.00	1.50	
Agregado fino ecológico	m ³	0.3568	29.16	10.40	192.76
Agregado grueso ecológico	m ³	0.3066	26.80	8.22	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

6.3. COSTO DE ECO+ADIT

En la Tabla 62 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de ECO+ADIT, a/c=0.60.

Tabla 62. Costo para la Preparación de 1m³ de ECO+ADIT, a/c=0.60.

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	311.6667	0.56	176.00	
Agua	m ³	0.1870	7.00	1.31	
Agregado fino ecológico	m ³	0.3696	29.16	10.78	220.47
Agregado grueso ecológico	m ³	0.3168	26.80	8.49	
Aditivo	kg	2.1817	10.95	23.89	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 63 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de ECO+ADIT, a/c=0.65.

Tabla 63. Costo para la Preparación de 1m³ de ECO+ADIT, a/c=0.65

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	281.5385	0.56	158.99	
Agua	m ³	0.1830	7.00	1.28	
Agregado fino ecológico	m ³	0.3748	29.16	10.93	201.50
Agregado grueso ecológico	m ³	0.3255	26.80	8.72	
Aditivo	kg	1.9708	10.95	21.58	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 64 se muestra el costo para la preparación de 1m³ de ECO+ADIT, a/c=0.70.

Tabla 64. Costo para la Preparación de 1m³ de ECO+ADIT, a/c=0.70

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)	Precio total (S/)
Cemento	kg	257.1429	0.56	145.21	
Agua	m ³	0.1800	7.00	1.26	
Agregado fino ecológico	m ³	0.3825	29.16	11.15	186.14
Agregado grueso ecológico	m ³	0.3287	26.80	8.81	
Aditivo	kg	1.8000	10.95	19.71	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 65 se muestra el resumen de costos de los diferentes tipos de concreto.

Tabla 65. Resumen de Costos de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipos de concreto	Costo S./m³
PATRÓN / 0.6 / 333.33	221.72
ECO / 0.6 / 366.67	226.51
ECO+ADIT / 0.6 / 311.67	220.47
PATRÓN / 0.65 / 305.38	206.56
ECO / 0.65 / 333.85	208.32
ECO+ADIT / 0.65 / 281.54	201.50
PATRÓN / 0.7 / 281.43	193.38
ECO / 0.7 / 305.71	192.76
ECO+ADIT / 0.7 / 257.14	186.14

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 66 se muestra el costo de materiales y la resistencia a compresión a 28 y 56 días respectivamente de los diferentes tipos de concreto.

Tabla 66. Costo de Materiales y la Resistencia a Compresión en 28 Días de Cada Tipo de Concreto

Tipos de concreto	Resistencia a compresión 28 días kg/m³	Resistencia a compresión 56 días kg/m³	Costo S./m³
PATRÓN / 0.6 / 333.33	341	392	221.72
ECO / 0.6 / 366.67	293	324	226.51
ECO+ADIT / 0.6 / 311.67	346	355	220.47
PATRÓN / 0.65 / 305.38	304	347	206.56
ECO / 0.65 / 333.85	233	253	208.32
ECO+ADIT / 0.65 / 281.54	287	292	201.50
PATRÓN / 0.7 / 281.43	283	296	193.38
ECO / 0.7 / 305.71	201	238	192.76
ECO+ADIT / 0.7 / 257.14	269	277	186.14

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VII: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizará los resultados obtenidos de los ensayos a los que fueron sometidos los agregados, los ensayos al concreto fresco, al concreto endurecido y la comparación de costos de la producción unitaria de cada uno de los tipos de concreto estudiado, se estudiara los cambios del concreto con agregado natural al utilizar agregados ecológicos provenientes de concreto reciclado.

7.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS

El agregado fino natural procede de la cantera trapiche, el agregado grueso natural de UNICON, el agregado fino ecológico y grueso ecológico proceden de planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS a continuación se presenta el análisis de los resultados de los ensayos a los agregados.

7.1.1. Peso unitario

Los valores de peso unitario suelto y compactado de los agregados fino y grueso se muestran en la Tabla 67 y Tabla 68, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 67. *Peso Unitario de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado*

Fino Natural

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Fino	%	Fino	%	Δ%
Peso unitario suelto	kg/m ³	1706	100.0	1285	75.4	-24.6
Peso unitario compactado	kg/m ³	1830	100.0	1428	78.0	-22.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68. *Peso Unitario de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al*

Agregado Grueso Natural

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Grueso	%	Grueso	%	Δ%
Peso unitario suelto	kg/m ³	1403	100.0	1247	88.9	-11.1
Peso unitario compactado	kg/m ³	1526	100.0	1361	89.2	-10.8

Fuente: Elaboración propia.

El PUS del agregado fino ecológico se reduce en 24.6% y el PUC se reduce en 22.0% respecto al agregado fino natural.

El PUS del agregado grueso ecológico se reduce en 11.1% y el PUC se reduce en 10.8% respecto al agregado grueso natural.

La reducción del PUS y PUC del agregado ecológico respecto al Agregado natural se debe principalmente a la composición de cada uno, el agregado ecológico es la combinación de agregados naturales y mortero, teniendo esta combinación menor peso específico en comparación con el peso específico de los agregados naturales (14% menor en el agregado fino como se muestra en la Tabla 69 y 13% menor en el agregado grueso como se muestra en la Tabla 70).

7.1.2. Peso específico

Los valores de peso específico de masa, peso específico de masa saturado superficialmente seco y peso específico aparente de los agregados fino y grueso se muestran en la Tabla 69 y Tabla 70, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 69. *Peso Específico de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Fino	%	Fino	%	Δ%
Peso específico de masa	kg/m ³	2605	100.0	2224	85.4	-14.6
Peso específico de masa s.s.s.	kg/m ³	2658	100.0	2389	89.9	-10.1
Peso específico aparente	kg/m ³	2750	100.0	2663	96.8	-3.2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70. *Peso Específico de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Grueso	%	Grueso	%	Δ%
Peso específico de masa	kg/m ³	2697	100.0	2356	87.4	-12.6
Peso específico de masa s.s.s.	kg/m ³	2721	100.0	2491	91.6	-8.4
Peso específico aparente	kg/m ³	2762	100.0	2723	98.6	-1.4

Fuente: Elaboración propia.

El peso específico en masa, el peso específico de masa saturado superficialmente seco y el peso específico aparente del agregado fino ecológico se reduce en un 14.6%, 10.1% y 3.2% respecto del agregado fino natural y del agregado grueso ecológico se reduce en un 12.6%, 8.4% y 1.4% respecto del agregado grueso natural.

El menor peso específico en masa, de masa saturado superficialmente seco y el aparente del agregado ecológico fino y grueso se debe al mortero que compone dichos agregados, ya que este tiene menor densidad que los agregados naturales.

El peso específico de masa tiene mayor variación (14.6% en el agregado fino y 12.6% en el agregado grueso), esto se debe a que el volumen considerado también incluye los poros permeables e impermeables, y los agregados ecológicos tienen mayor cantidad de poros presentes en el mortero.

El peso específico de masa saturado superficialmente seco tiene variación intermedia (10.1% en el agregado fino y 8.4% en el agregado grueso), esto se debe a que también se considera el peso del agua en los poros permeables, y los agregados ecológicos tienen mayor cantidad de poros presentes en el mortero.

El peso específico aparente tiene mucho menos variación (3.2% en el agregado fino y 1.4% en el agregado grueso), esto se debe a que se considera solo el volumen ocupado por las partículas y de los poros impermeables, mas no los poros permeables.

De acuerdo a la densidad de los agregados se clasifican en agregado liviano cuya densidad de masa del agregado fino es menor a 1120 kg/m^3 , del agregado grueso menor a 880 kg/m^3 el agregado pesado tiene una densidad mayor a 3300 kg/m^3 (INACAL-NTP 400.011, 2020, pág. 4) y el agregado normal tiene una densidad aproximada entre 1120 kg/m^3 y 3300 kg/m^3 (Matallana Rodríguez, 2019, pág. 66).

7.1.3. Porcentaje de absorción

Los valores del porcentaje de absorción de los agregados fino y grueso se muestran en la Tabla 71 y Tabla 72, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 71. *Porcentaje de Absorción de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Fino Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Fino	%	Fino	%	Δ%
Porcentaje de absorción	%	2.03	100.0	7.40	364.0	264.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72. *Porcentaje de Absorción de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Grueso	%	Grueso	%	Δ%
Porcentaje de absorción	%	0.87	100.0	5.72	658.1	558.1

Fuente: Elaboración propia.

El Porcentaje de absorción del agregado fino ecológico aumenta en 264.0% respecto al agregado fino natural y del agregado grueso ecológico aumenta en 558.1% respecto al agregado grueso natural.

El agregado fino ecológico presenta mayor absorción que el agregado grueso ecológico, esto se debe a que el primero concentra una mayor cantidad de pasta daba la facilidad de fraccionarse más respecto al agregado natural.

El valor elevado del porcentaje de absorción de los agregados ecológicos está determinado principalmente por el mortero presente, ya que este tiene elevada cantidad de poros permeables, y sería una propiedad desfavorable de los agregados ecológicos ya que influyen negativamente en las propiedades del concreto fresco y endurecido, como el aumento rápido de la consistencia en un inicio del concreto fresco debido a la alta velocidad inicial de la absorción.

7.1.4. Granulometría

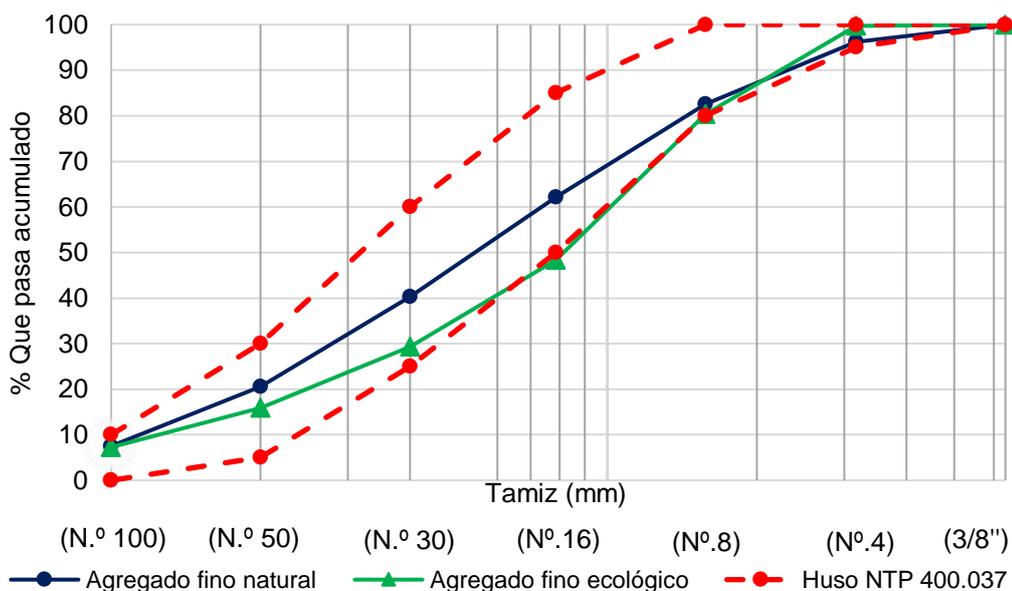
El ensayo de granulometría del agregado fino natural y ecológico dio como resultado los porcentajes que pasa acumulado los cuales se muestra en la Tabla 73, en la cual también se muestra el porcentaje de límite de requerimiento según NTP 400.037, estos valores se han graficado en la curva granulométrica de la Figura 17.

Tabla 73. Granulometría de Agregado Fino Natural y Ecológico, Límite de Huso NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	% Que pasa acumulado agregado natural	% Que pasa acumulado agregado ecológico	% de límite de huso NTP 400.037	
3/8"	9.50	100	100	100	100
Nº 4	4.75	96.20	99.70	95	100
Nº 8	2.36	82.51	80.39	80	100
Nº 16	1.18	62.09	48.38	50	85
Nº 30	0.60	40.27	29.35	25	60
Nº 50	0.30	20.61	15.86	5	30
Nº 100	0.15	7.51	7.27	0	10
Fondo	0.00	0	0.00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Curva Granulométrica Agregado Fino Natural y Ecológico vs Huso NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

La granulometría del agregado fino natural está dentro de los límites de los valores de curva granulométrica, el agregado fino ecológico, también tiene la tendencia de dichos límites, aunque por un mínimo valor es menor al límite en el tamiz N.º 16, se observa que el agregado fino ecológico tiene mayores dimensiones que el agregado fino natural.

Se considera que el agregado fino natural cumple con los límites requeridos por la NTP 400.037, mientras que el ecológico no, aunque es importante recalcar

que solo se debe al tamiz N.º 16 y es por un mínimo valor, con lo que se tiene agregados con una buena distribución de partículas según el tamaño.

Se observa que el agregado fino natural no retiene más del 45% en dos tamices consecutivos, mientras que el agregado fino ecológico retiene más del 45% en dos tamices consecutivos, tamiz N.º 16 retiene 32.01% por lo que sumado con al tamiz mayor N.º 8 que retiene 19.31% da un 51.32% y con el tamiz menor N.º 30 que retiene 19.03% da un 51.04%.

El ensayo de granulometría del agregado grueso natural y ecológico dio como resultado los porcentajes que pasa acumulado los cuales se muestra en la Tabla 74, en la cual también se muestra el porcentaje de límite de requerimiento según NTP 400.037, estos valores se han graficado en la curva granulométrica de la Figura 18.

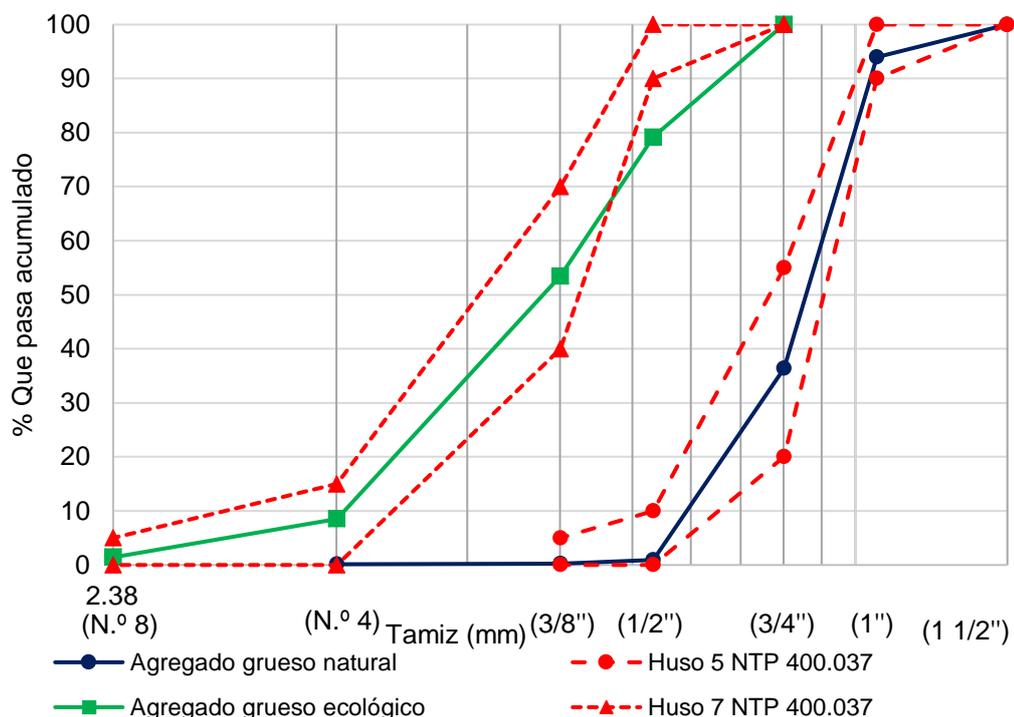
Tabla 74. *Granulometría de Agregado Grueso Natural y Ecológico, Límite de Husos 5 y 7 NTP*

400.037

Tamiz	Abertura (mm)	% Que pasa acumulado agregado natural	% Que pasa acumulado agregado ecológico	% de límite de huso 5 NTP 400.037		% de límite de huso 7 NTP 400.037	
1 1/2"	38.10	100	100	100	100	-	-
1"	25.40	94.01	100.00	90	100	-	-
3/4"	19.05	36.41	100.00	20	55	100	100
1/2"	12.70	0.89	79.17	0	10	90	100
3/8"	9.53	0.22	53.49	0	5	40	70
Nº 4	4.76	0.14	8.52	-	-	0	15
N.º 8	2.38	0.00	1.43	-	-	0	5
Fondo	0.00	0.00	0	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Granulometría Agregado Grueso Natural y Ecológico vs Huso 5 y 7 NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

La granulometría del agregado grueso natural está dentro de los límites de los valores de curva granulométrica de huso 5 de la NTP 400.037, la granulometría del agregado grueso ecológico se ajusta a los límites de huso 7 de la NTP 400.037, aunque teniendo al tamiz de 1/2" fuera del límite de dicho huso. Se observa que el agregado grueso ecológico tiene menores dimensiones que el agregado grueso natural esto podría generar que se requiera mayor cantidad de agua de mezcla.

Se considera que el agregado grueso natural cumple con los límites requeridos del huso 5 de la NTP 400.037, mientras que el ecológico no al huso 7 de la NTP 400.037 aunque es importante recalcar que solo se debe al tamiz N.º 1/2 y es por un mínimo valor, con lo que se tiene agregados con una buena distribución de partículas según el tamaño.

7.1.5. Módulo de finura

Los valores de módulo de finura de los agregados fino y grueso se muestran en la Tabla 75 y Tabla 76, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 75. Módulo de Finura de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al*Agregado Fino Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Fino	%	Fino	%	$\Delta\%$
Módulo de finura	-	2.91	100.0	3.19	109.7	9.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76. Módulo de Finura de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al*Agregado Grueso Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Grueso	%	Grueso	%	$\Delta\%$
Módulo de finura	-	7.63	100.0	6.37	83.4	-16.6

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de finura del agregado fino ecológico aumenta en 9.7% respecto al agregado fino natural, esto se debe a que el agregado fino ecológico tiene mayor cantidad de fracciones gruesas y menos fracciones finas. Se indica que el módulo de finura de una arena adecuada esta entre el 2.3 y 3.1, por lo que el agregado fino natural está dentro del valor adecuado y el agregado ecológico es mayor que este intervalo, aunque la diferencia es mínima, en esta situación queda evaluar si es conveniente el comportamiento del concreto con dicho agregado fino ecológico.

El módulo de finura del agregado grueso ecológico disminuye en 16.6% respecto al agregado grueso natural, esto se debe a que el agregado grueso ecológico presenta una granulometría de huso diferente con menor medida de tamices.

7.1.6. Superficie específica

Los valores de la superficie especifican de los agregados fino y grueso se muestran en la Tabla 77 y Tabla 78, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 77. Superficie Específica de los Agregados Finos y Porcentaje de Variación Respecto al*Agregado Fino Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Fino	%	Fino	%	$\Delta\%$
Superficie específica	cm ² /gr	32.95	100.0	30.61	92.9	-7.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78. Superficie Específica de los Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al*Agregado Grueso Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Grueso	%	Grueso	%	$\Delta\%$
Superficie específica	cm ² /gr	1.13	100.0	3.03	267.4	167.4

Fuente: Elaboración propia.

La superficie específica del agregado fino ecológico disminuye en 7.1% respecto al agregado fino natural, esto se debe a que el agregado fino ecológico tiene mayor cantidad de fracciones gruesas y menos fracciones finas. Esta reducción de superficie específica aporta a un menor uso de aglomerante para obtener un concreto trabajable. Para el agregado grueso ecológico aumenta en 167.4% respecto al agregado grueso natural, esto se debe a que el agregado grueso ecológico presenta una granulometría de huso diferente con menor medida de tamices. Este aumento de superficie específica aporta a un mayor uso de aglomerante para obtener un concreto trabajable.

7.1.7. Material más fino que pasa la malla N° 200

Los valores de material más fino que pasa malla N° 200 de los agregados finos se muestran en la Tabla 79, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 79. Material más Fino que Pasa la Malla N.º 200 de los Agregados Finos y Porcentaje de*Variación Respecto al Agregado Fino Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Fino	%	Fino	%	$\Delta\%$
Material más fino que pasa la malla N.º 200	%	5.49	100.0	4.43	80.8	-19.2

Fuente: Elaboración propia.

El material más fino que pasa la malla N.º 200 del agregado fino ecológico disminuye en 19.2% respecto al agregado fino natural, esto se debe a que el agregado fino ecológico tiene poca presencia de finos, limos y arcillas, la norma NPT 400.037 nos indica, que para concreto con agregados naturales dicho valor de ser menor al 3% si es concreto sometido a abrasión, menor a 5% si es concreto no sometido a abrasión, para agregados reciclados dicho valor es menor al 5% si es concreto sometido a abrasión, menor a 7% si es concreto no sometido a abrasión. El agregado fino natural no cumple con el máximo permitido, mientras que el agregado ecológico si cumple hasta para concreto sometido a abrasión según la NTP 400.037.

7.1.8. Desgaste por abrasión e impacto

Los valores de porcentaje de desgaste de los agregados gruesos se muestran en la Tabla 80, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 80. *Porcentaje de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregados Gruesos y Porcentaje de Variación Respecto al Agregado Grueso Natural*

Propiedad	Und	Agregado natural		Agregado ecológico		Var. en %
		Grueso	%	Grueso	%	Δ%
Desgaste por abrasión e impacto	%	12.13	100.0	29.62	244.2	144.2

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de desgaste por abrasión e impacto del agregado grueso ecológico aumenta en 144.2% respecto al agregado grueso natural, esto se debe a que el agregado grueso ecológico es material heterogéneo, y el mortero se desgasta más al ser sometido a abrasión e impacto, El porcentaje de desgaste por abrasión e impacto del agregado grueso natural y ecológico son menores al 50% que es el valor máximo requerido según NTP 400.037.

7.1.9. Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados

Los valores del máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados se muestran en la Tabla 81, donde también se tiene el porcentaje y la variación porcentual de los agregados ecológicos respecto al agregado natural.

Tabla 81. *Máximo P.U.C. de los Agregados Naturales y Ecológicos, Porcentaje de Variación**Respecto al Agregado Natural*

Propiedad	Und	Agregados naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Porcentaje de agregados para obtener el máximo P.U.C.	%	52.92	47.08	49.42	50.58
Máximo P.U.C. de la combinación de agregados	kg/m ³	2092		1614	
Porcentaje de variación	%	100.0		77.1	
Variación en porcentaje	%			-22.9	

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados naturales es de 52.92% de fino y 47.08% de grueso y de agregados ecológicos es de 49.42% de fino y 50.58% de grueso, estos porcentajes se utilizaron en el diseño preliminar para ajustar el porcentaje adecuado de agregados en la mezcla de concreto, posteriormente estos valores se actualizan por los que dan mayor resistencia a compresión.

De los agregados ecológicos disminuye en 22.9% respecto a los agregados naturales, esto se debe al menor peso unitario compactado de los agregados ecológicos definido por la presencia de mortero.

7.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

7.2.1. Asentamiento

El asentamiento de cada concreto en estudio se ajustó al valor de 3" a 4", para lograr este asentamiento en cada tipo de diseño respecto al concreto PATRÓN (concreto con agregados naturales) se procedió a lo siguiente:

-El ECO con respecto a PATRÓN fue necesario más agua y cemento en la mezcla para tener un asentamiento de 3" a 4", y mantener la relación a/c de 0.60, 0.65 y 0.70 de ambos tipos de concreto respectivamente.

-El ECO+ADIT con respecto a PATRÓN se redujo la cantidad de agua y cemento al agregar aditivo superplastificante a la mezcla para tener un asentamiento de 3" a 4" en la relación a/c de 0.60, 0.65 y 0.70 en ambos tipos de concreto respectivamente.

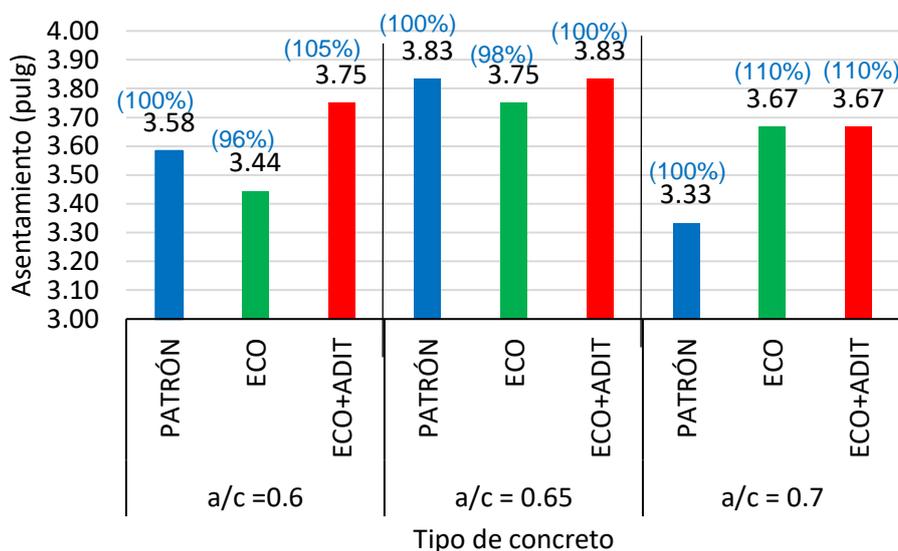
En la Tabla 82, Figura 19 y Figura 20 se muestra el asentamiento de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, todos los valores de asentamiento están dentro del rango de 3” a 4” es indicativo que es mezcla de consistencia plástica tal como se propuso.

Tabla 82. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m³)	Asentamiento		Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
			(pulg)	(mm)		
PATRÓN	0.60	333.33	3.58	91	100.0	-
ECO	0.60	366.67	3.44	87	96.1	-3.9
ECO+ADIT	0.60	311.67	3.75	95	104.7	4.7
PATRÓN	0.65	305.38	3.83	97	100.0	-
ECO	0.65	333.85	3.75	95	97.8	-2.2
ECO+ADIT	0.65	281.54	3.83	97	100.0	0.0
PATRÓN	0.70	281.43	3.33	85	100.0	-
ECO	0.70	305.71	3.67	93	110.0	10.0
ECO+ADIT	0.70	257.14	3.67	93	110.0	10.0

Fuente: Elaboración propia.

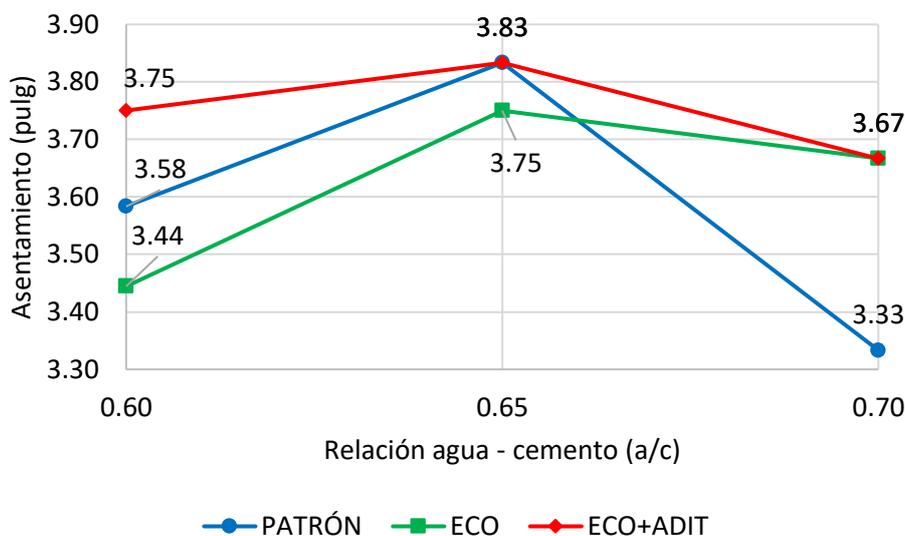
Figura 19. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20 se muestra el asentamiento de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 20. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

7.2.2. Fluidez

Se compara la fluidez de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación a/c = 0.60 se tiene que la fluidez de PATRÓN es de 31.07%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 26.53% y 33.33% lo que representan una variación de -14.6% y 7.3% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.65 se tiene que la fluidez de PATRÓN es de 34.27%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 32.87% y 34.77% lo que representan una variación de -4.1% y 1.5% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.70 se tiene que la fluidez de PATRÓN es de 35.17%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 30.50% y 31.37% lo que representan una variación de -13.3% y -10.8% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 83 y Figura 21 se muestra la fluidez de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que disminuye para ECO(concreto con agregados ecológicos con a/c fijo) y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante)

la fluidez aumenta para $a/c=0.60$ (107.03%) y se va reduciendo al aumentar la relación a/c , como vemos para $a/c=0.65$ tiene el valor de 101.5% y para $a/c=0.70$ el valor es de 89.2%.

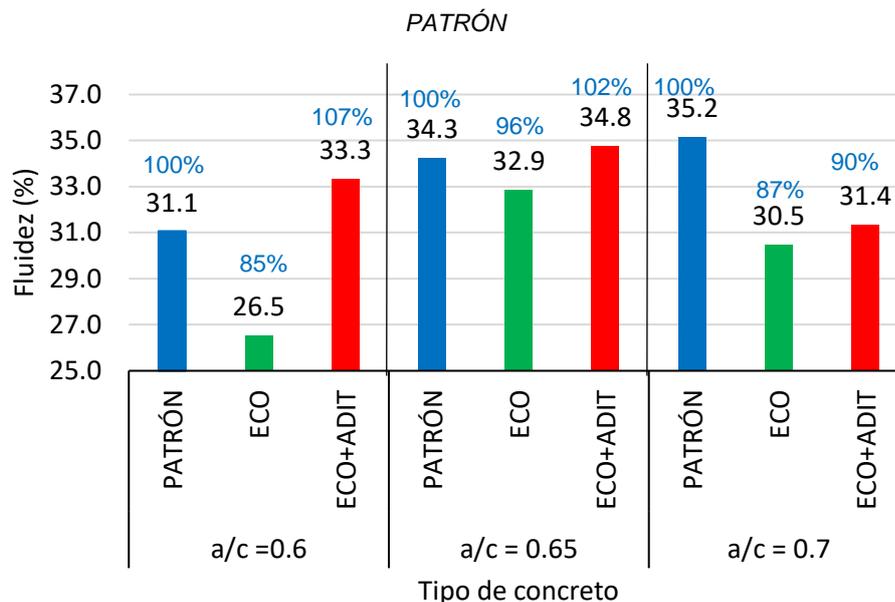
Para similar consistencia con asentamiento de 3" a 4" la fluidez disminuye en el concreto con agregados ecológicos, esto también se debe a la elevada absorción (aun después de mezclado el agregado ecológico continúa absorbiendo agua), menores dimensiones del agregado grueso, reducción del tamaño y generación de finos por el proceso de mezclado, textura rugosa de mortero adherido en los agregados, y al usar agregados ecológicos más aditivo superplastificante se recupera en cierto porcentaje la fluidez debido a la mejor hidratación de las partículas de cemento consecuente del efecto dispersante de dicho aditivo.

Tabla 83. *Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN*

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m^3	Fluidez %	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	31.07	100.0	-
ECO	0.60	366.67	26.53	85.4	-14.6
ECO+ADIT	0.60	311.67	33.33	107.3	7.3
PATRÓN	0.65	305.38	34.27	100.0	-
ECO	0.65	333.85	32.87	95.9	-4.1
ECO+ADIT	0.65	281.54	34.77	101.5	1.5
PATRÓN	0.70	281.43	35.17	100.0	-
ECO	0.70	305.71	30.50	86.7	-13.3
ECO+ADIT	0.70	257.14	31.37	89.2	-10.8

Fuente: Elaboración propia.

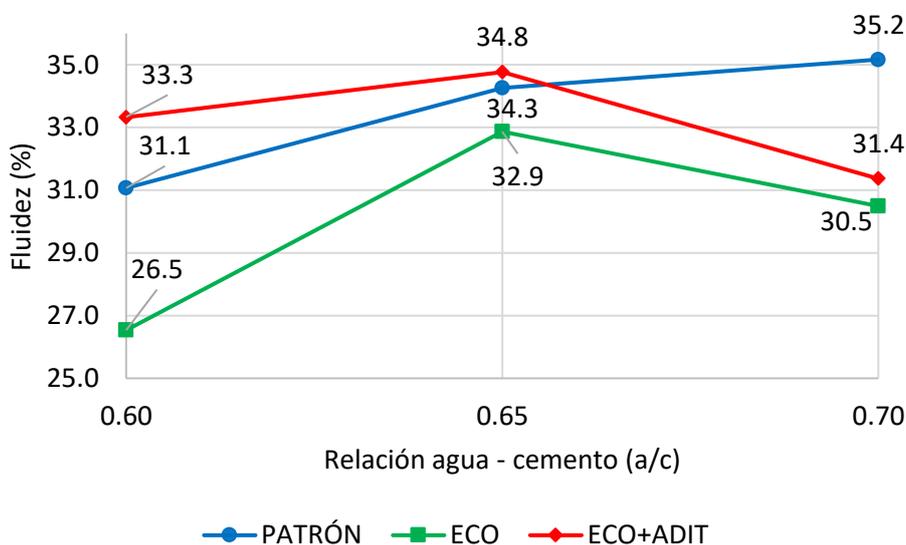
Figura 21. *Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a*



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22 se muestra la fluidez de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 22. *Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c*



Fuente: Elaboración propia.

7.2.3. Peso unitario

Se compara el peso unitario de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que el peso unitario para PATRÓN es de 2363.99 kg/m^3 siendo un concreto de densidad normal, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 2026.02 kg/m^3 y 2099.48 kg/m^3 lo que representan una disminución de 14.2% y 11.2% respectivamente respecto al PATRÓN, estos valores están por debajo de la densidad de concreto normal.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que el peso unitario para PATRÓN es de 2365.05 kg/m^3 siendo un concreto de densidad normal, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 2018.96 kg/m^3 y 2075.11 kg/m^3 lo que representa una disminución de 14.6% y 12.3% respectivamente respecto al PATRÓN, estos valores están por debajo de la densidad de concreto normal.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el peso unitario para PATRÓN es de 2372.46 kg/m^3 siendo un concreto de densidad normal, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 2012.25 kg/m^3 y 2052.51 kg/m^3 lo que representa una disminución de 15.2% y 13.5% respectivamente respecto al PATRÓN, estos valores están por debajo de la densidad de concreto normal.

En la Tabla 84 y en la Figura 23 se muestra el peso unitario de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa una reducción del peso unitario de los concretos con agregados ecológicos (ECO), y al adicionar aditivo superplastificante (ECO+ADIT) esta reducción disminuye levemente respecto al concreto con agregados naturales PATRÓN, esta reducción del peso unitario se debe principalmente a la menor densidad del mortero adherido de los agregados ecológicos y también al alto porcentaje de contenido de aire que se genera en la pasta en el proceso de mezclado.

Tabla 84. Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a

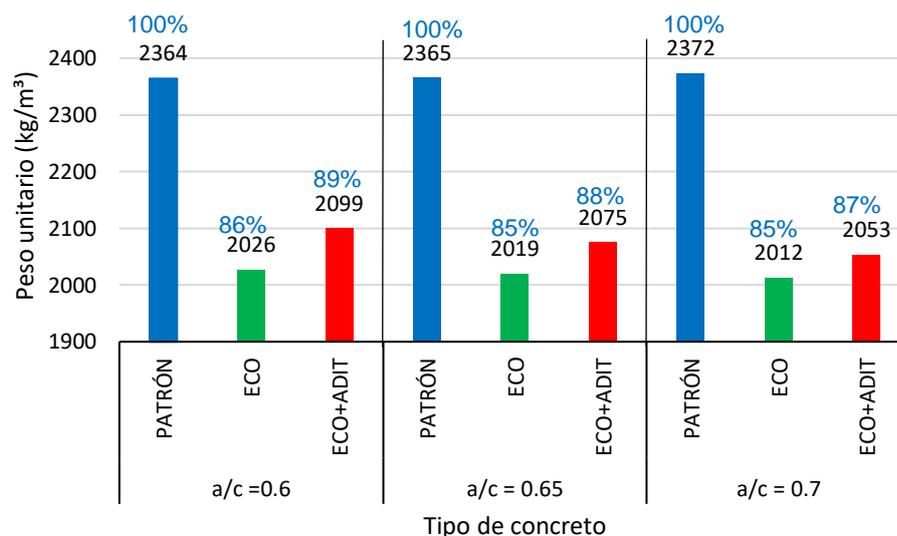
PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Peso unitario kg/m ³	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	2363.99	100.0	-
ECO	0.60	366.67	2026.02	85.7	-14.3
ECO+ADIT	0.60	311.67	2099.48	88.8	-11.2
PATRÓN	0.65	305.38	2365.05	100.0	-
ECO	0.65	333.85	2018.96	85.4	-14.6
ECO+ADIT	0.65	281.54	2075.11	87.7	-12.3
PATRÓN	0.70	281.43	2372.46	100.0	-
ECO	0.70	305.71	2012.25	84.8	-15.2
ECO+ADIT	0.70	257.14	2052.51	86.5	-13.5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto

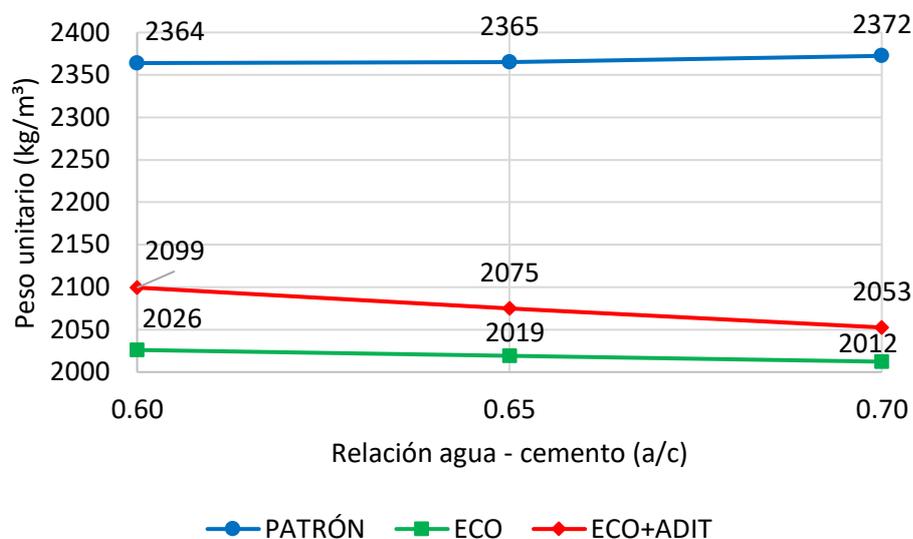
a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 24 se muestra el peso unitario de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 24. *Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c*



Fuente: Elaboración propia.

7.2.4. Contenido de aire

Se compara el contenido de aire de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que el contenido de aire de PATRÓN es de 1.3%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 7.00% y 6.00% lo que representan un aumento de 438.5% y 361.5% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que el contenido de aire de PATRÓN es de 1.4%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 7.30% y 6.20% lo que representan un aumento de 421.4% y 342.9% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el contenido de aire de PATRÓN es de 1.6%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 8.50% y 7.00% lo que representan un aumento de 431.3% y 337.5% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 85 y Figura 25 se muestra el contenido de aire de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que el contenido de aire aumenta considerablemente para ECO y ECO+ADIT respecto al concreto con agregados naturales PATRÓN, este aumento se debe en parte a

las menores dimensiones del agregado grueso, y a la liberación de aire por saturación de la pasta adherida al agregado grueso ecológico en el proceso de mezcla ya que no se saturó previamente.

Tabla 85. Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación

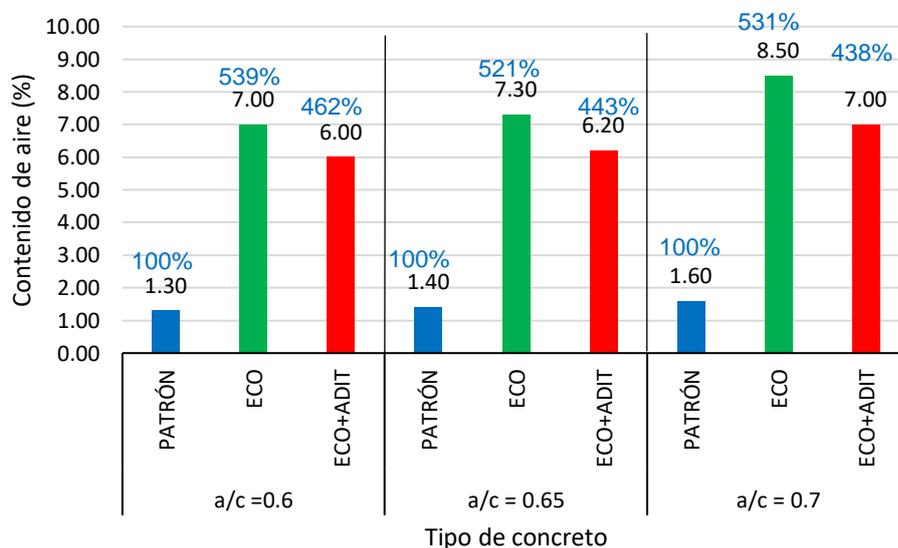
Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Contenido de aire (%)	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	1.30	100.0	-
ECO	0.60	366.67	7.00	538.5	438.5
ECO+ADIT	0.60	311.67	6.00	461.5	361.5
PATRÓN	0.65	305.38	1.40	100.0	-
ECO	0.65	333.85	7.30	521.4	421.4
ECO+ADIT	0.65	281.54	6.20	442.9	342.9
PATRÓN	0.70	281.43	1.60	100.0	-
ECO	0.70	305.71	8.50	531.3	431.3
ECO+ADIT	0.70	257.14	7.00	437.5	337.5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación

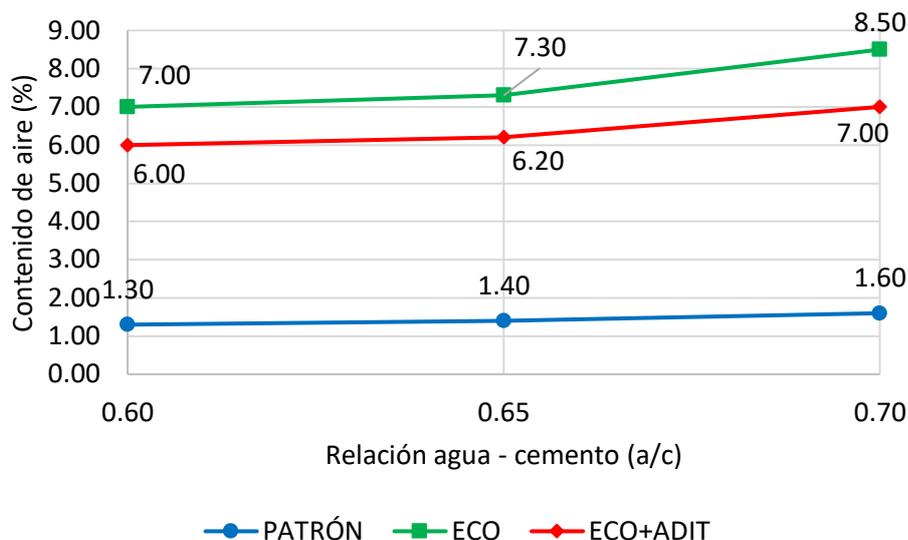
Respecto a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 26 se muestra el contenido de aire de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 26. Contenido de Aire de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

7.2.5. Exudación

Se compara la exudación de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación a/c = 0.60 se tiene que la exudación de PATRÓN es de 2.39%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 1.92% y 0.00% lo que representan una variación de -19.7% y -100.0% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.65 se tiene que la exudación de PATRÓN es de 2.28%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 2.01% y 0.00% lo que representan una variación de -12.0% y -100.0% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.70 se tiene que la exudación de PATRÓN es de 2.72%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 2.28% y 0.00% lo que representan una variación de -16.5% y -100.0% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 86 y Figura 27 se muestra la exudación de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que la exudación disminuye para ECO(concreto con agregados ecológicos) esta disminución se debe al uso de agregado grueso ecológico sin saturar, lo que

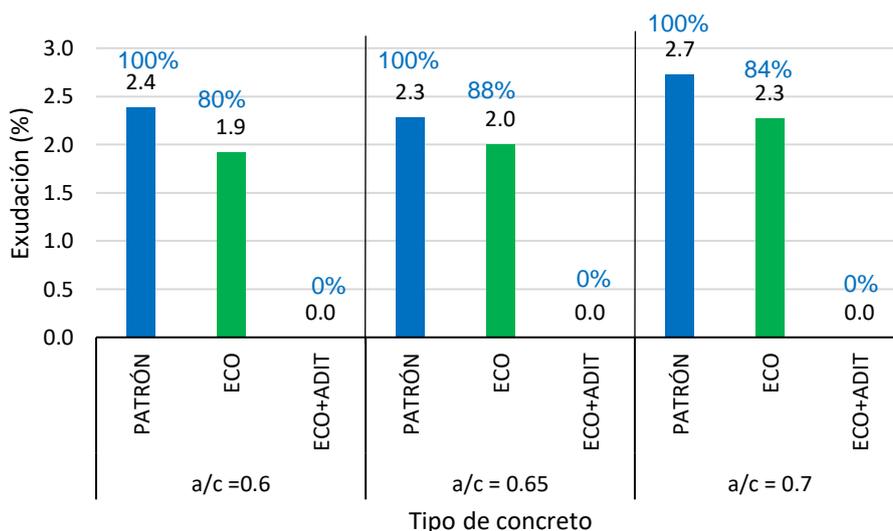
absorbió el agua durante y después de la mezcla, y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la exudación se reduce en un 100% respecto a PATRÓN esta disminución se debe al uso del aditivo superplastificante que ha reducido la cantidad de agua usada debido a su efecto dispersante permitiendo una mejor hidratación y al uso de agregado grueso ecológico sin saturar, que absorbió el agua durante y después de la mezcla.

Tabla 86. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/cm ³	Exudación %	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	2.39	100.0	-
ECO	0.60	366.67	1.92	80.3	-19.7
ECO+ADIT	0.60	311.67	0.00	0.0	-100.0
PATRÓN	0.65	305.38	2.28	100.0	-
ECO	0.65	333.85	2.01	88.0	-12.0
ECO+ADIT	0.65	281.54	0.00	0.0	-100.0
PATRÓN	0.70	281.43	2.72	100.0	-
ECO	0.70	305.71	2.28	83.5	-16.5
ECO+ADIT	0.70	257.14	0.00	0.0	-100.0

Fuente: Elaboración propia.

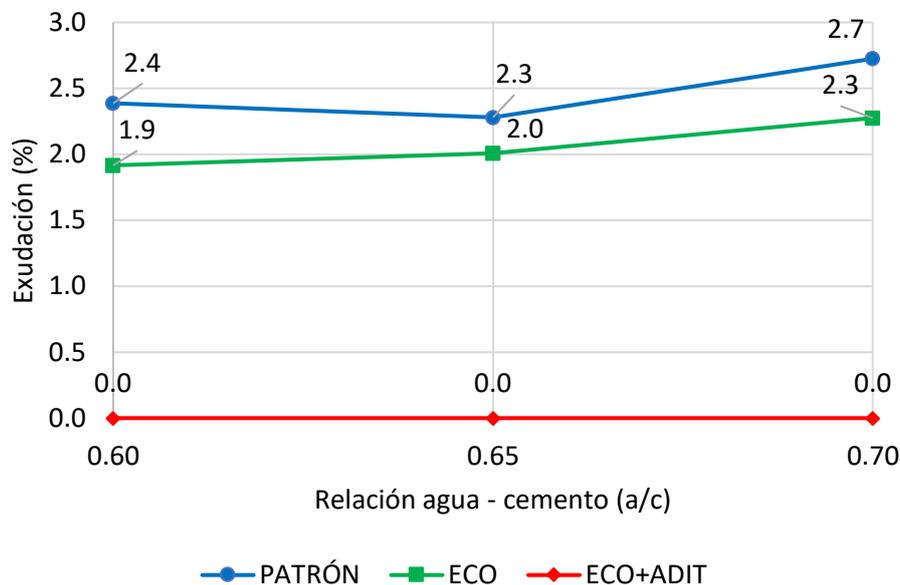
Figura 27. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28 se muestra exudación de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 28. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

7.2.6. Tiempo de fraguado

Se compara el tiempo de fraguado inicial y final de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación a/c = 0.60 se tiene que el tiempo de fraguado inicial TFI de PATRÓN es de 326.1 minutos, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 340.9 y 338.9 minutos lo que representan 104.6% y 103.9% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.60 se tiene que el tiempo de fraguado final TFF de PATRÓN es de 468.5 minutos, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 473.6 y 493.2 minutos lo que representan 101.1% y 105.3% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.65 se tiene que el tiempo de fraguado inicial TFI de PATRÓN es de 334.1 minutos, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 365.6 y 373.9 minutos lo que representan 109.4% y 111.9% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que el tiempo de fraguado final TFF de PATRÓN es de 457.9 minutos, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 512.6 y 553.3 minutos lo que representan 111.9% y 120.8% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el tiempo de fraguado inicial TFI de PATRÓN es de 364.6 minutos, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 374.4 y 387.7 minutos lo que representan 102.7% y 106.3% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el tiempo de fraguado final TFF de PATRÓN es de 501.4 minutos, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 529.5 y 573.1 minutos lo que representan 105.6% y 114.3% respectivamente respecto al PATRÓN.

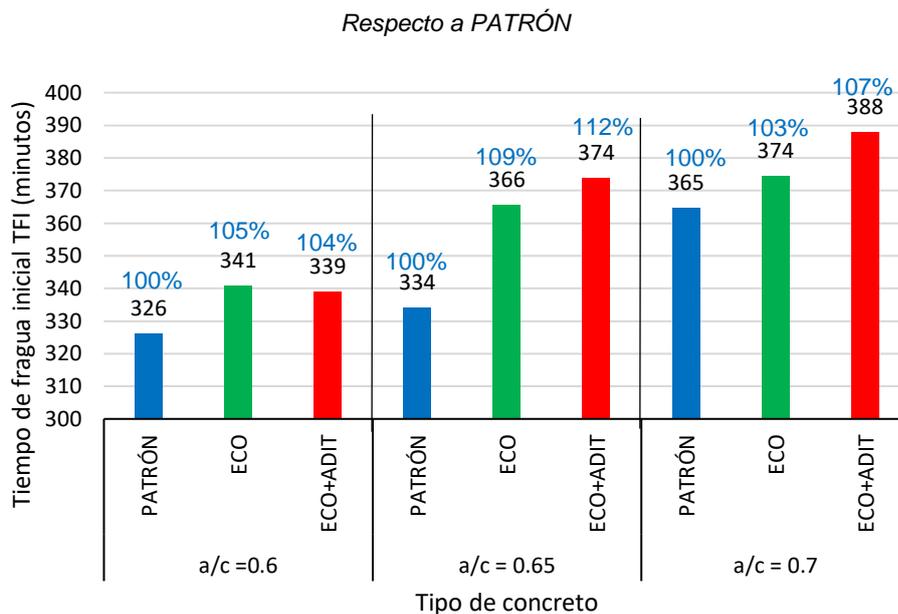
En la Tabla 87, Figura 29 y Figura 30 se muestra el tiempo de fragua inicial y final de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que el tiempo de fragua inicial y final aumenta para ECO (concreto con agregados ecológicos) y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) respecto al concreto con agregados naturales PATRÓN.

Tabla 87. Tiempo de Fragua Inicial y Final de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Tiempo de fragua inicial TFI		Variación de TFI respecto a PATRÓN %	Tiempo de fragua final TFF		Variación de TFF respecto a PATRÓN %
			h:m	min		h:m	min	
PATRÓN	0.60	333.33	05:26	326.1	100.0	07:48	468.5	100.0
ECO	0.60	366.67	05:40	340.9	104.6	07:53	473.6	101.1
ECO+ADIT	0.60	311.67	05:38	338.9	103.9	08:13	493.2	105.3
PATRÓN	0.65	305.38	05:34	334.1	100.0	07:37	457.9	100.0
ECO	0.65	333.85	06:05	365.6	109.4	08:32	512.6	111.9
ECO+ADIT	0.65	281.54	06:13	373.9	111.9	09:13	553.3	120.8
PATRÓN	0.70	281.43	06:04	364.6	100.0	08:21	501.4	100.0
ECO	0.70	305.71	06:14	374.4	102.7	08:49	529.5	105.6
ECO+ADIT	0.70	257.14	06:27	387.7	106.3	09:33	573.1	114.3

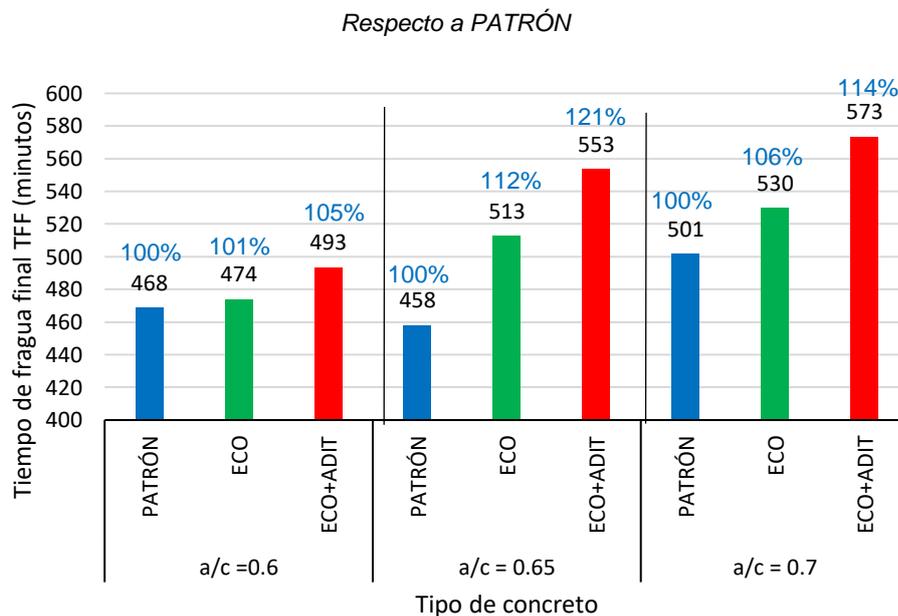
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Tiempo de Fragua Inicial de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación



Fuente: Elaboración propia.

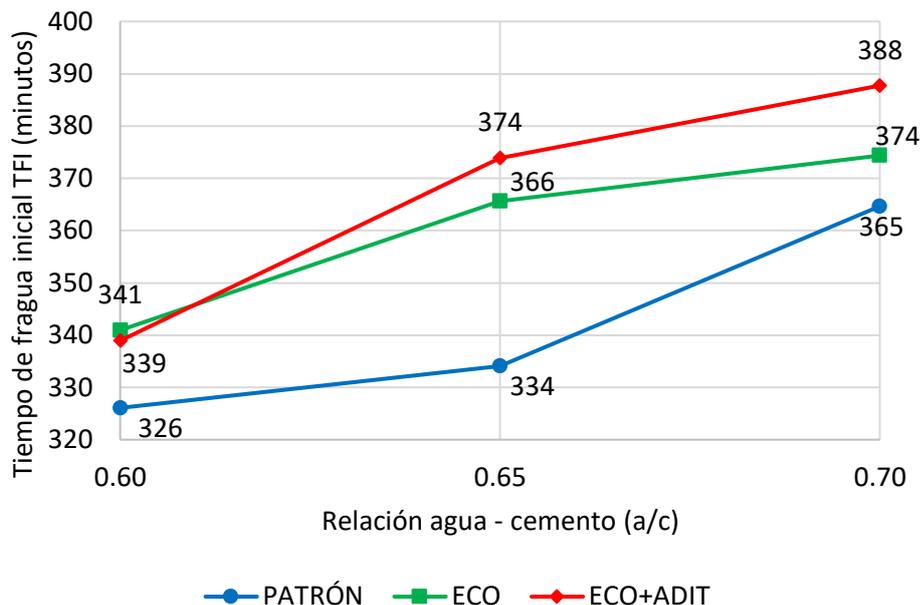
Figura 30. Tiempo de Fragua Final de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31 se muestra el tiempo de fraguado inicial TFI de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

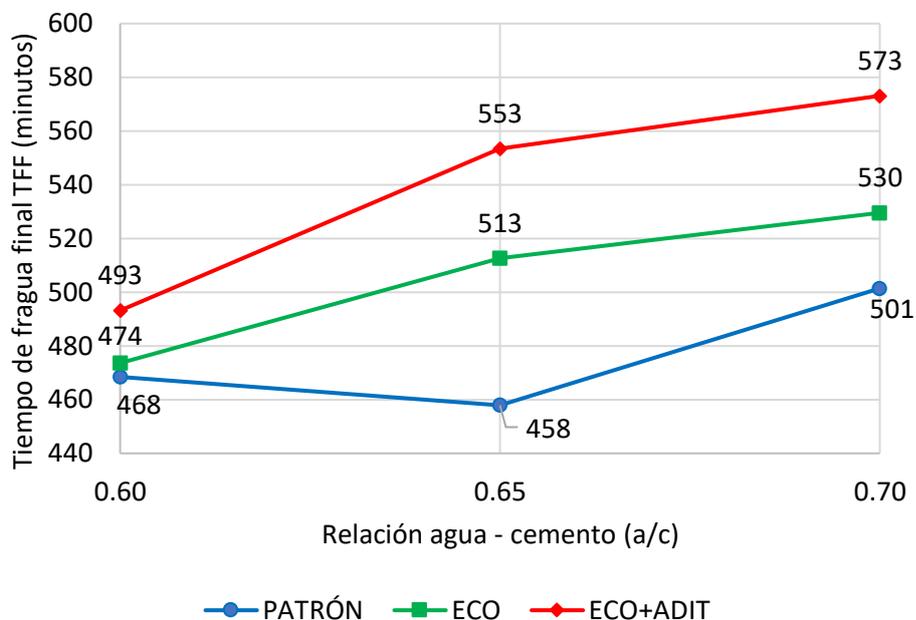
Figura 31. Tiempo de Fraguado Inicial TFI de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 32 se muestra el tiempo de fraguado final TFF de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 32. Tiempo de Fraguado Final TFF de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 88 se muestra el resumen de porcentajes de variación de las propiedades del concreto fresco utilizando agregados ecológicos respecto al PATRÓN.

Tabla 88. Resumen de % de Variaciones de las Propiedades del Concreto Fresco Utilizando Agregados Ecológicos Respecto del Patrón

Propiedad	Tipo de diseño	Variación respecto de PATRÓN en %				
		Mín.		Máx.		Promedio
		%	a/c	%	a/c	%
ASENTAMIENTO	ECO	-3.9	0.60	10.0	0.70	1.3
	ECO+ADIT	0.0	0.65	10.0	0.70	4.9
FLUIDEZ	ECO	-14.6	0.60	-4.1	0.65	-10.6
	ECO+ADIT	-10.8	0.70	7.3	0.60	-0.7
PESO UNITARIO	ECO	-15.2	0.70	-14.3	0.60	-14.7
	ECO+ADIT	-13.5	0.70	-11.2	0.60	-12.3
CONTENIDO DE AIRE	ECO	421.4	0.65	438.5	0.60	430.4
	ECO+ADIT	337.5	0.70	361.5	0.60	347.3
EXUDACIÓN	ECO	-19.7	0.60	-12.0	0.65	-16.1
	ECO+ADIT	-100.0	0.60	-100.0	0.70	-100.0
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL	ECO	2.7	0.70	9.4	0.65	5.6
	ECO+ADIT	3.9	0.60	11.9	0.65	7.4
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL	ECO	1.1	0.60	11.9	0.65	6.2
	ECO+ADIT	5.3	0.60	20.8	0.65	13.5

Fuente: Elaboración propia.

7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO

7.3.1. Resistencia a la compresión

Se compara la resistencia a compresión de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que la resistencia para PATRÓN a los 7, 14, 28 y 56 días es de 292, 308, 341 y 392 kg/cm^2 . Para el ECO se tiene resistencias de 233, 264, 293 y 324 kg/cm^2 , lo que representa un 79.7%, 85.6%, 86.1% y 82.6% respecto del PATRÓN. Para el ECO+ADIT se tiene resistencias de 307, 312, 346 y 355 kg/cm^2 , lo que representa un 105.0%, 101.3%, 101.6% y 90.6% respecto del PATRÓN.

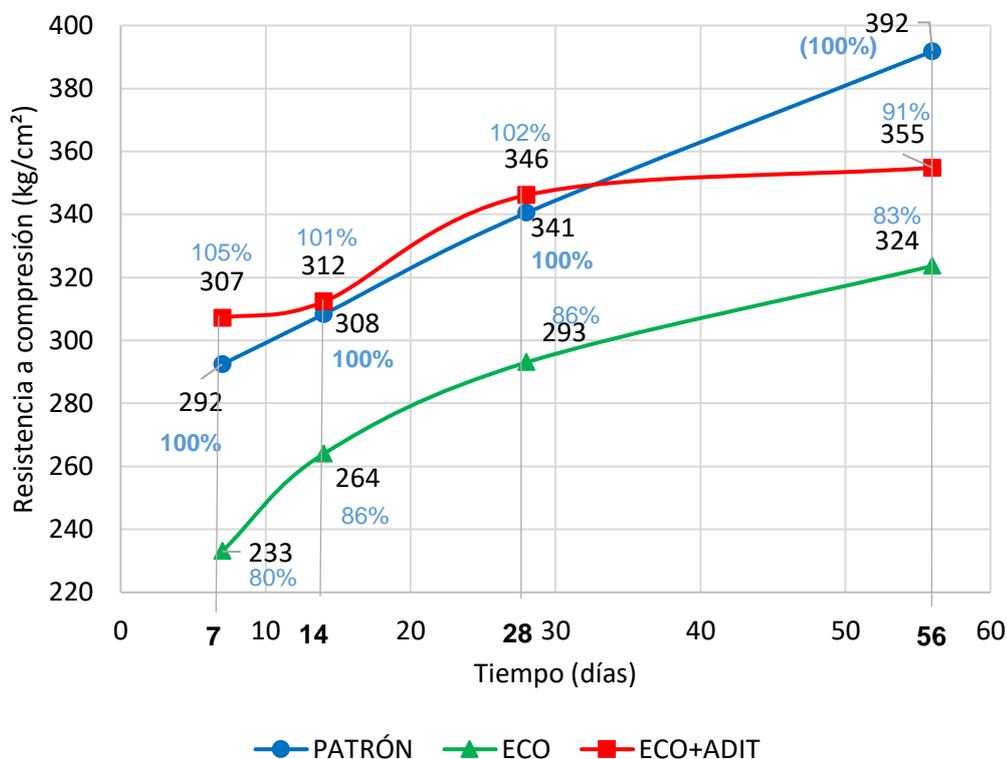
En la Tabla 89 y Figura 33 se muestra la resistencia a compresión y el porcentaje de variación respecto a PATRÓN para 7, 14, 28 y 56 días, se observa que, para ECO (concreto con agregados ecológicos) la resistencia a compresión disminuye y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la resistencia inicialmente supera mínimamente al PATRÓN, pero al pasar el tiempo (56 días) esta es menor.

Tabla 89. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.60

Tipo de concreto	Cemento kg/m ³	Indicador	7 días	14 días	28 días	56 días
PATRÓN	333.33	Compresión (kg/cm ²)	292	308	341	392
		% respecto de PATRÓN	100.0	100.0	100.0	100.0
ECO	366.67	Compresión (kg/cm ²)	233	264	293	324
		% respecto de PATRÓN	79.7	85.6	86.1	82.6
ECO+ADIT	311.67	Compresión (kg/cm ²)	307	312	346	355
		% respecto de PATRÓN	105.0	101.3	101.6	90.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, a/c = 0.60



Fuente: Elaboración propia.

Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que la resistencia para PATRÓN a los 7, 14, 28 y 56 días es de 260, 293, 304 y 347 kg/cm^2 . Para el ECO se tiene resistencias de 182, 213, 233 y 253 kg/cm^2 , lo que representa un 70.3%, 72.5%, 76.7% y 72.9% respecto del PATRÓN. Para el ECO+ADIT se tiene resistencias de 243, 257, 287 y 292 kg/cm^2 , lo que representa un 93.5%, 87.8%, 94.2% y 84.4% respecto del PATRÓN.

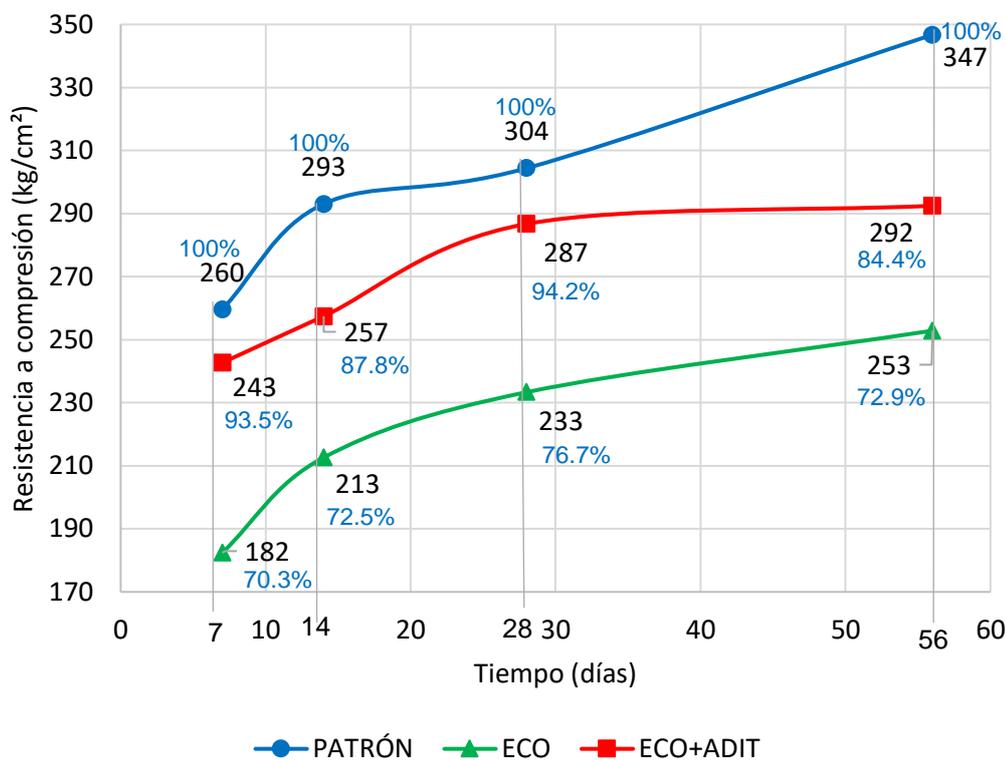
En la Tabla 90 y Figura 34 se muestra la resistencia a compresión y el porcentaje de variación respecto a PATRÓN para 7, 14, 28 y 56 días, se observa que, para ECO (concreto con agregados ecológicos) la resistencia a compresión disminuye, pero para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la resistencia se recupera no llegando al valor de la resistencia del PATRÓN.

Tabla 90. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, $a/c = 0.65$

Tipo de concreto	Cemento kg/m^3	Indicador	7 días	14 días	28 días	56 días
PATRÓN	305.38	Compresión (kg/cm^2)	260	293	304	347
		% respecto de PATRÓN	100.0	100.0	100.0	100.0
ECO	333.85	Compresión (kg/cm^2)	182	213	233	253
		% respecto de PATRÓN	70.3	72.5	76.7	72.9
ECO+ADIT	281.54	Compresión (kg/cm^2)	243	257	287	292
		% respecto de PATRÓN	93.5	87.8	94.2	84.4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, $a/c = 0.65$



Fuente: Elaboración propia.

Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que la resistencia para PATRÓN a los 7, 14, 28 y 56 días es de 235, 252, 283 y 296 kg/cm². Para el ECO se tiene resistencias de 165, 185, 201 y 238 kg/cm², lo que representa un 70.4%, 73.2%, 70.8% y 80.5% respecto del PATRÓN. Para el ECO+ADIT se tiene resistencias de 218, 230, 269 y 277 kg/cm², lo que representa un 93.0%, 91.4%, 94.9% y 93.7% respecto del PATRÓN.

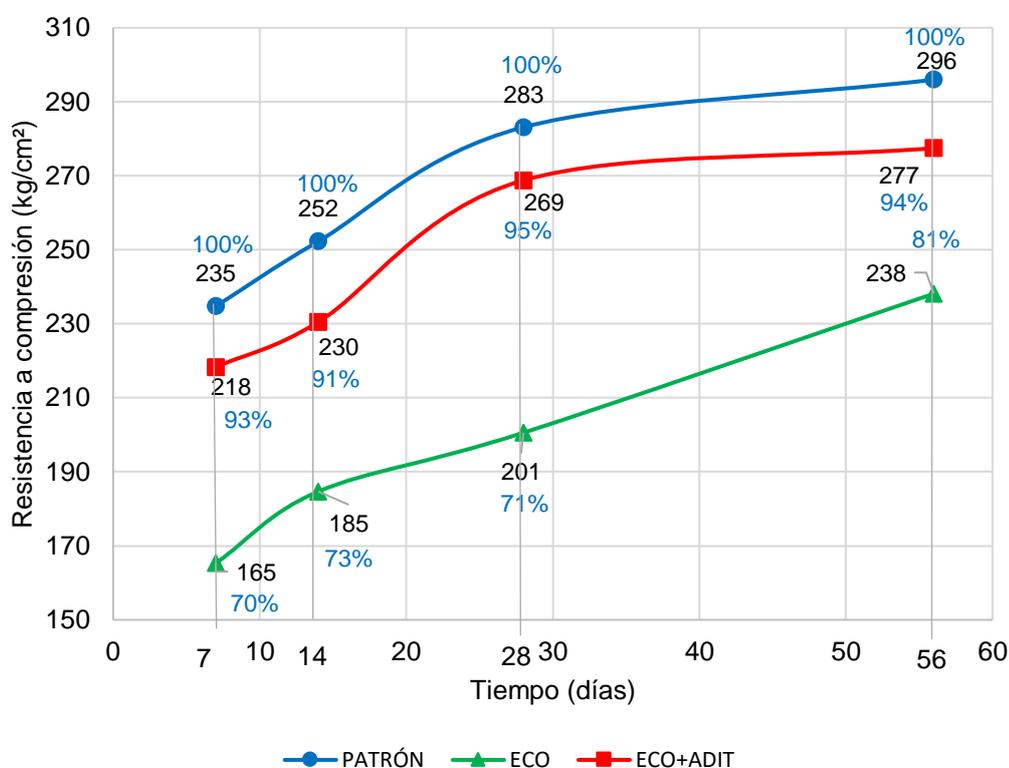
En la Tabla 91 y Figura 35 se muestra la resistencia a compresión y el porcentaje de variación respecto a PATRÓN para 7, 14, 28 y 56 días, se observa que, para ECO (concreto con agregados ecológicos) la resistencia a compresión disminuye, pero para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la resistencia se recupera no llegando al valor de la resistencia del PATRÓN.

Tabla 91. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, $a/c = 0.70$

Tipo de concreto	Cemento kg/m^3	Indicador	7 días	14 días	28 días	56 días
PATRÓN	281.43	Compresión (kg/cm^2)	235	252	283	296
		% respecto de PATRÓN	100.0	100.0	100.0	100.0
ECO	305.71	Compresión (kg/cm^2)	165	185	201	238
		% respecto de PATRÓN	70.4	73.2	70.8	80.5
ECO+ADIT	257.14	Compresión (kg/cm^2)	218	230	269	277
		% respecto de PATRÓN	93.0	91.4	94.9	93.7

Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Resistencia a Compresión y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN, $a/c = 0.70$



Fuente: Elaboración propia.

Se analiza para 28 días la variación de la resistencia de cada tipo de concreto:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que la resistencia para PATRÓN es de 341 kg/cm^2 mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 293 y 346 kg/cm^2 lo que representan una variación de -13.9% y 1.6% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que la resistencia para PATRÓN es de 304 kg/cm^2 mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 233 y 287

kg/cm² lo que representan una variación de -23.3% y -5.8% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.70 se tiene que la resistencia para PATRÓN es de 283 kg/cm² mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 201 y 269 kg/cm² lo que representan una variación de -29.2% y -5.1% respectivamente respecto al PATRÓN.

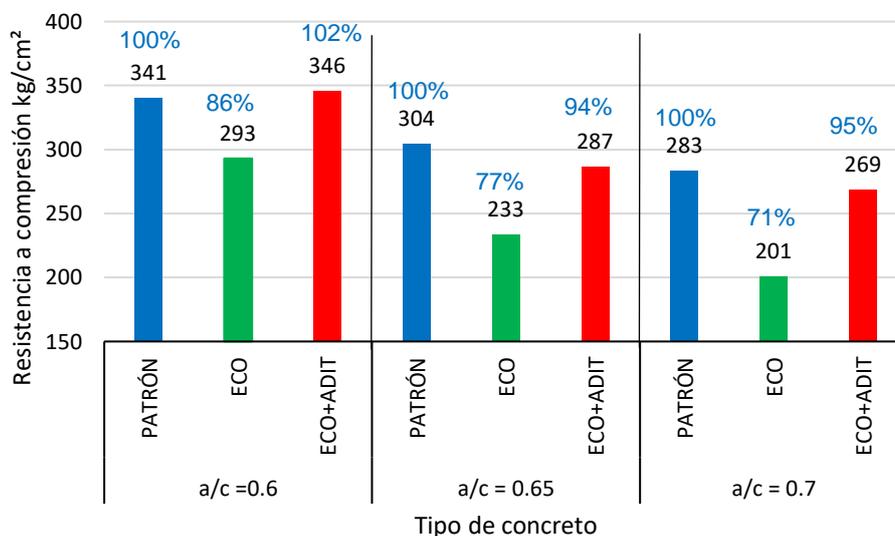
En la Tabla 92 y la Figura 36 se muestra la resistencia a compresión a 28 días y en la Tabla 93 y Figura 37 se muestra la resistencia a compresión a 56 días de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que la resistencia disminuye para ECO (concreto con agregados ecológicos) y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la resistencia a compresión se recupera no llegando a la resistencia del PATRÓN.

Tabla 92. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a 28 Días

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Resistencia a compresión en 28 días kg/cm ²	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	341	100.0	-
ECO	0.60	366.67	293	86.1	-13.9
ECO+ADIT	0.60	311.67	346	101.6	1.6
PATRÓN	0.65	305.38	304	100.0	-
ECO	0.65	333.85	233	76.7	-23.3
ECO+ADIT	0.65	281.54	287	94.2	-5.8
PATRÓN	0.70	281.43	283	100.0	-
ECO	0.70	305.71	201	70.8	-29.2
ECO+ADIT	0.70	257.14	269	94.9	-5.1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a los 28 Días



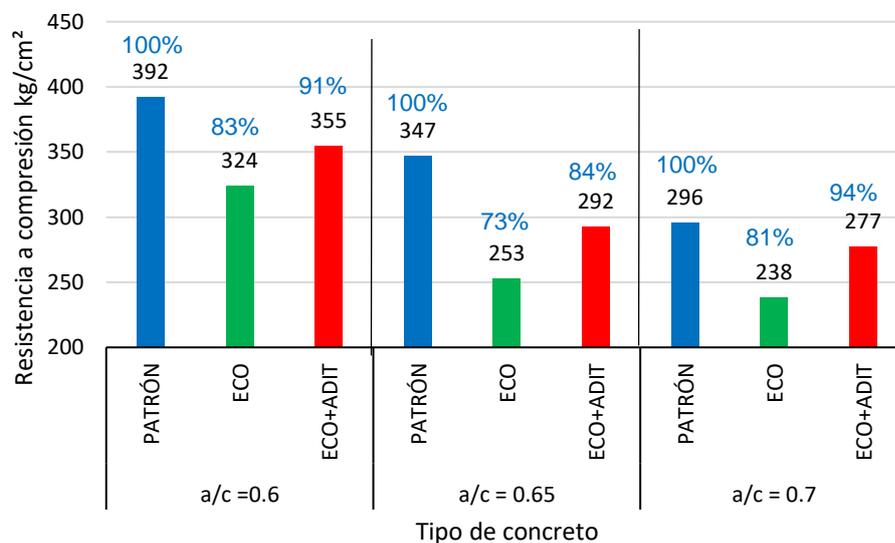
Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a 56 Días

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m³	Resistencia a compresión en 56 días kg/cm²	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	392	100.0	-
ECO	0.60	366.67	324	82.6	-17.4
ECO+ADIT	0.60	311.67	355	90.6	-9.4
PATRÓN	0.65	305.38	347	100.0	-
ECO	0.65	333.85	253	72.9	-27.1
ECO+ADIT	0.65	281.54	292	84.4	-15.6
PATRÓN	0.70	281.43	296	100.0	-
ECO	0.70	305.71	238	80.5	-19.5
ECO+ADIT	0.70	257.14	277	93.7	-6.3

Fuente: Elaboración propia

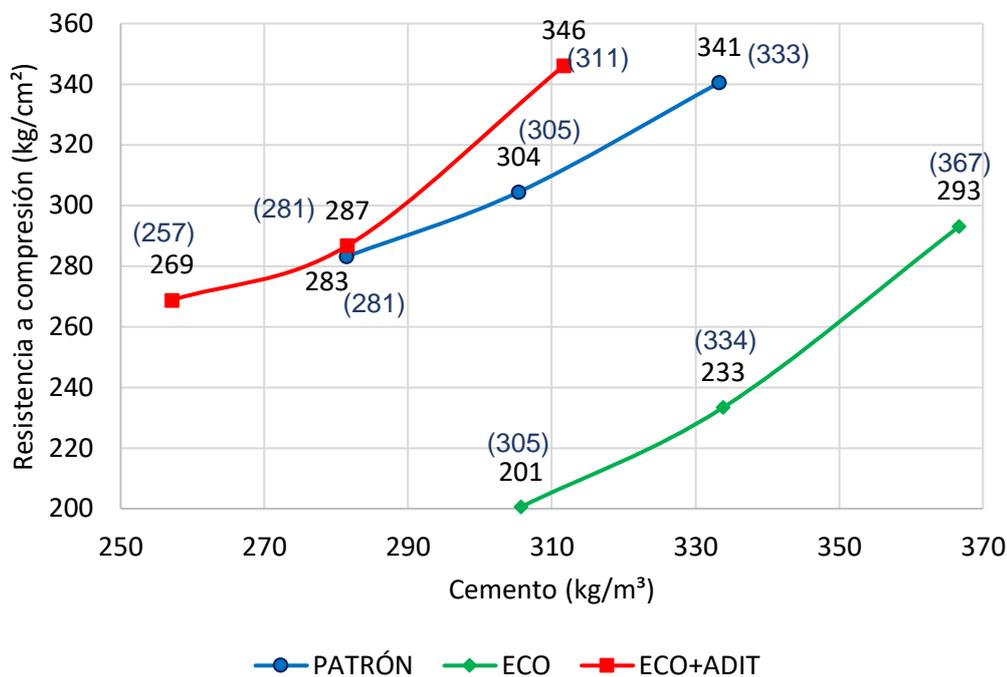
Figura 37. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a 56 Días



Fuente: Elaboración propia

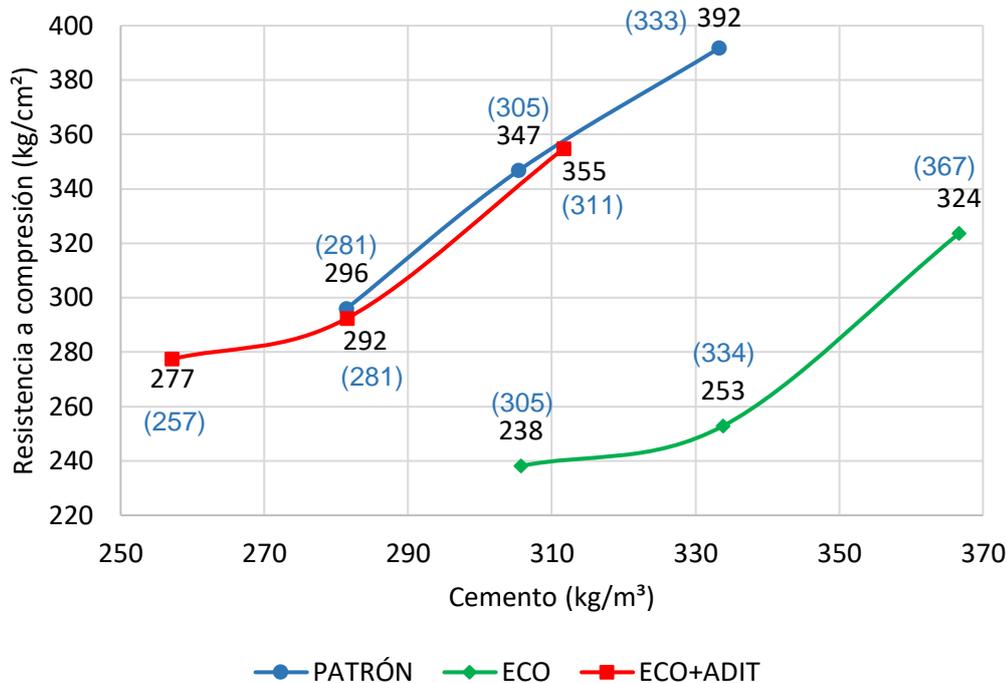
En la Figura 38 y la Figura 39 y se muestra la resistencia a compresión a 28 y 56 días respectivamente vs la cantidad de cemento de los diferentes tipos de concreto, se observa la disminución de la resistencia de concreto con agregados ecológicos (ECO) para cantidades similares de cemento, lo que evidencia que la disminución de resistencia a compresión es principalmente por el uso de agregados ecológicos. Para el concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante (ECO+ADIT) la resistencia se recupera y hasta supera a la resistencia del PATRÓN para la misma cantidad de cemento ensayadas en 28 días, pero a 56 días es menor a PATRÓN por una pequeña diferencia.

Figura 38. Resistencia a Compresión a 28 Días vs la Cantidad de Cemento de los Diferentes Tipos de Concreto



Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Resistencia a Compresión a 56 Días vs la Cantidad de Cemento de los Diferentes Tipos de Concreto



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 40 y Figura 41 se muestra la resistencia a la compresión a los 28 y 56 días respectivamente de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 40. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto a los 28 Días Para Cada

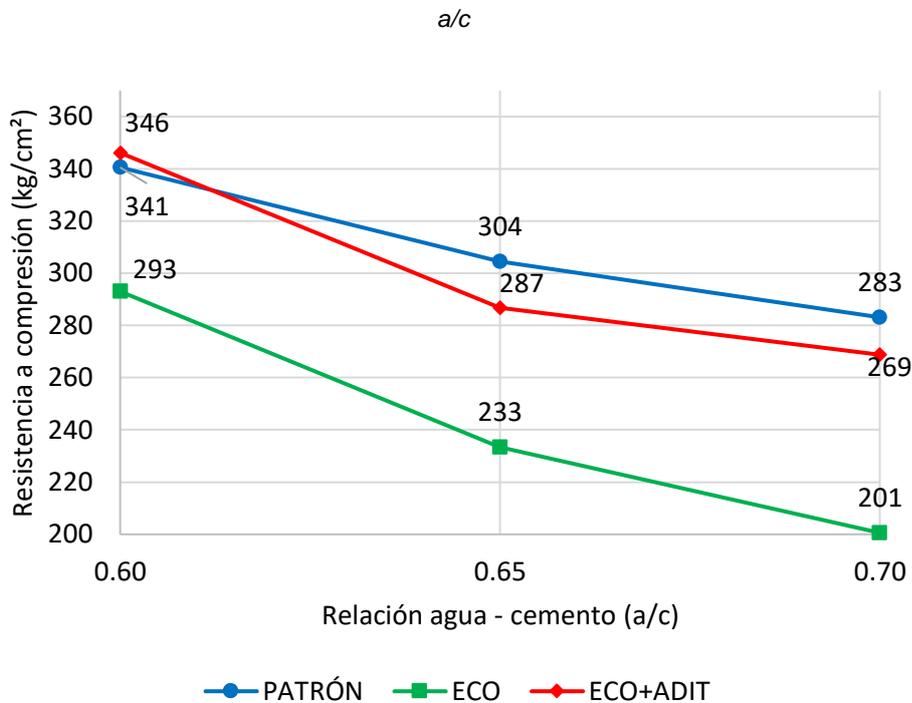
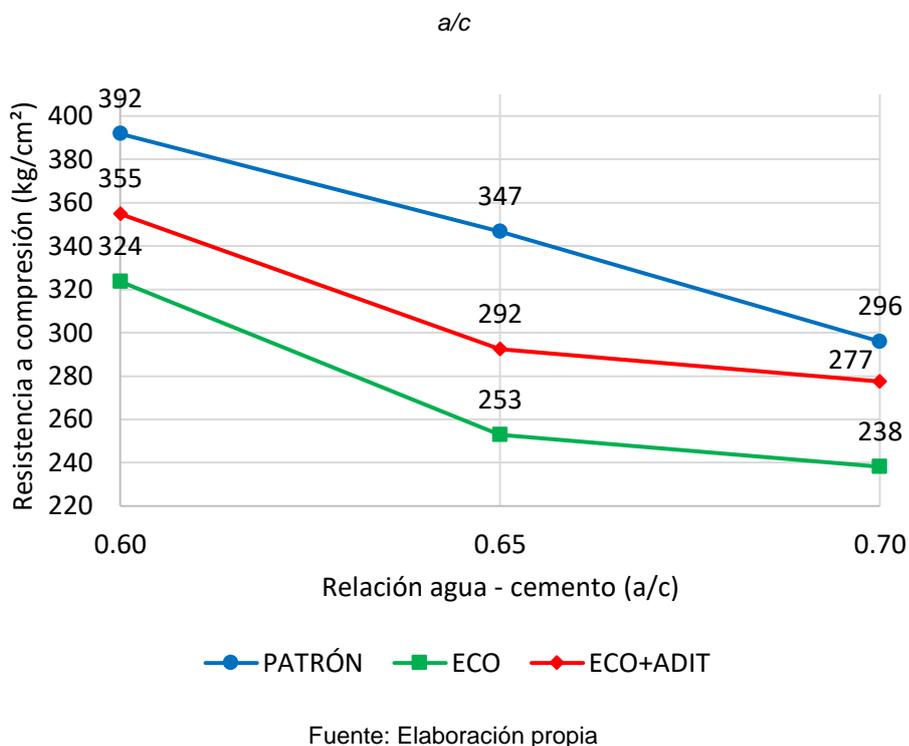


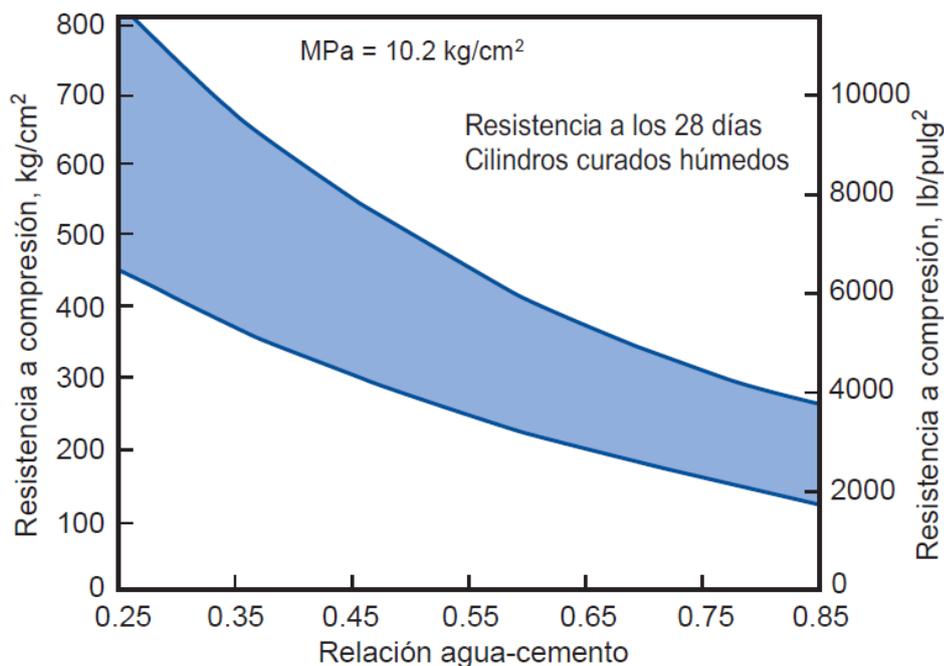
Figura 41. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto a los 56 Días Para Cada



En general se tiene que para ECO (concreto con agregados ecológicos) la resistencia a compresión disminuye, esto se debe a la menor resistencia mecánica, mayor absorción, de los agregados ecológicos y el mayor contenido de aire generado en la pasta, pero para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la resistencia se recupera casi al valor de PATRÓN por la acción del aditivo superplastificante que permite una mejor hidratación del cemento.

En la Figura 42 se presenta un rango de variación de resistencias a compresión para concreto de cemento portland sin aire incluido.

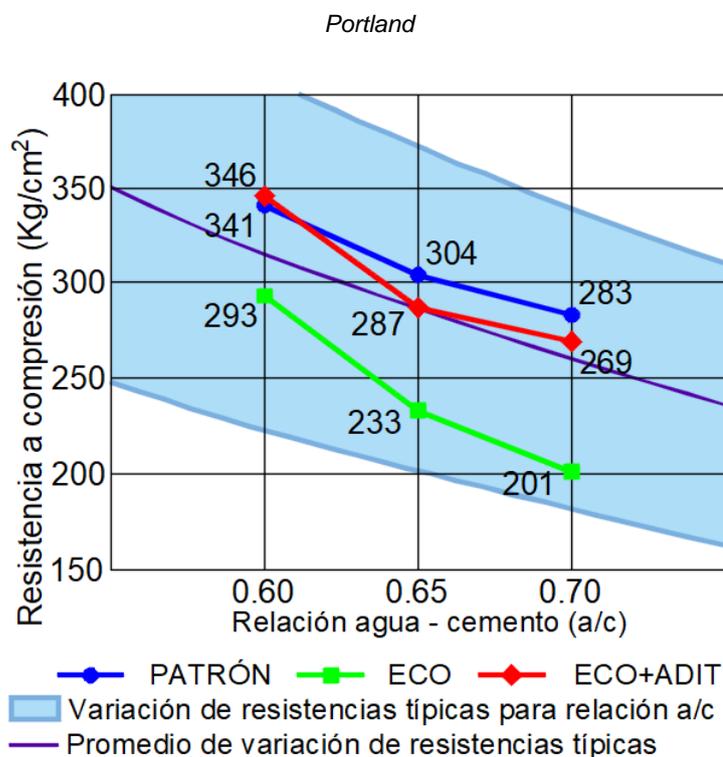
Figura 42. Variación de Resistencias a Compresión Para Relación Agua-Cemento de Concreto Sin Aire Incluido de Cemento Portland Basadas en Más de 100 Diferentes Mezclas de Concreto entre 1985 y 1999



Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 8)

En la Figura 43 se presenta la resistencias a compresión de PATRÓN, ECO Y ECO+ADIT en grafica de variación de resistencias a compresión de concreto sin aire incluido de cemento portland. Se observa que las resistencias a compresión de PATRÓN Y ECO+ADIT están por encima del promedio de resistencias típicas y ECO está por debajo, las resistencias de los 3 tipos de concreto están dentro del rango de resistencias típicas.

Figura 43. Superposición de Resistencias a Compresión de PATRÓN, ECO Y ECO+ADIT en Grafica de Variación de Resistencias a Compresión de Concreto Sin Aire Incluido de Cemento



Fuente: Elaboración propia.

7.3.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

Se compara la resistencia a la tracción por compresión diametral de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto al PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que la resistencia a la tracción por compresión diametral de PATRÓN es de 35.9 kg/cm^2 , mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 29.1 y 33.7 kg/cm^2 lo que representan una variación de -19.0% y -6.1% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que la resistencia a la tracción por compresión diametral de PATRÓN es de 31.3 kg/cm^2 , mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 25.4 y 27.3 kg/cm^2 lo que representan una variación de -18.9% y -13.0% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que la resistencia a la tracción por compresión diametral de PATRÓN es de 29.5 kg/cm^2 , mientras que para el ECO

y ECO+ADIT tiene el valor de 24.7 y 26.6 kg/cm² lo que representan una variación de -16.3% y -10.1% respectivamente respecto al PATRÓN.

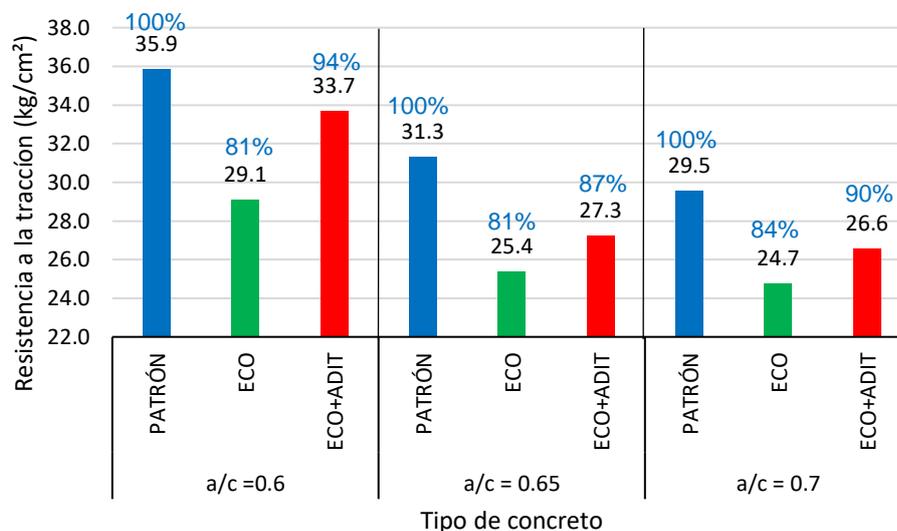
En la Tabla 94 y Figura 44 se muestra la resistencia a la tracción por compresión diametral de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que la resistencia a la tracción por compresión diametral para ECO (concreto con agregados ecológicos) disminuye esto se debe a las propiedades desfavorables de los agregados ecológicos y el alto porcentaje de aire contenido en la pasta, y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la resistencia a la tracción por compresión diametral se disminuye en menor medida respecto a PATRÓN .

Tabla 94. Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Tracción T kg/cm ² 28 días	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	35.9	100.0	-
ECO	0.60	366.67	29.1	81.0	-19.0
ECO+ADIT	0.60	311.67	33.7	93.9	-6.1
PATRÓN	0.65	305.38	31.3	100.0	-
ECO	0.65	333.85	25.4	81.1	-18.9
ECO+ADIT	0.65	281.54	27.3	87.0	-13.0
PATRÓN	0.70	281.43	29.5	100.0	-
ECO	0.70	305.71	24.7	83.7	-16.3
ECO+ADIT	0.70	257.14	26.6	89.9	-10.1

Fuente: Elaboración propia.

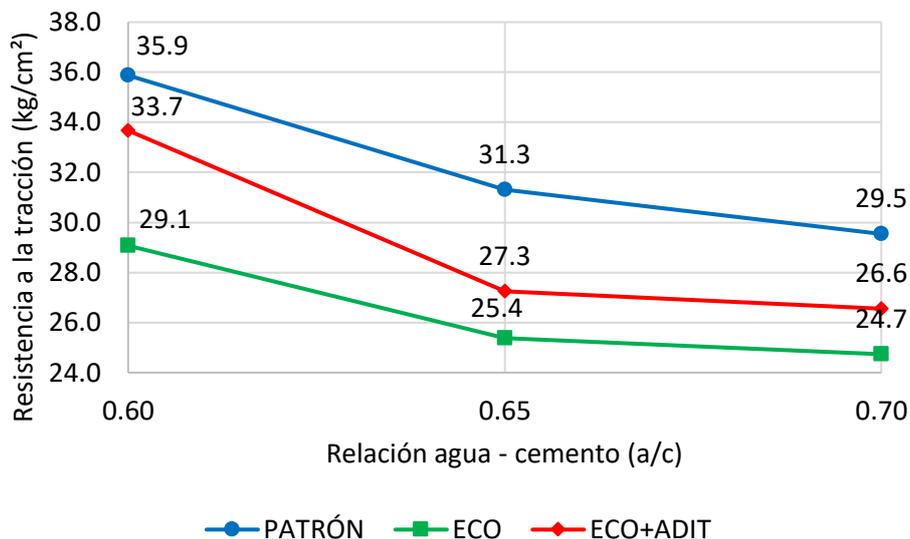
Figura 44. Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN a los 28 Días



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 45 se muestra la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 45. Resistencia a la Tracción de los Diferentes Tipos de Concreto a los 28 Días Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

7.3.3. Resistencia a la flexión

Se compara la resistencia a la flexión de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que la resistencia a la flexión de PATRÓN es de 39.9 kg/cm^2 , mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 30.8 y 34.4 kg/cm^2 lo que representan una variación de -22.7% y -13.7% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que la resistencia a la flexión de PATRÓN es de 37.5 kg/cm^2 , mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 29.4 y 32.2 kg/cm^2 lo que representan una variación de -21.6% y -14.2% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que la resistencia a la flexión de PATRÓN es de 36.4 kg/cm^2 , mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 28.1 y 30.6 kg/cm^2 lo que representan una variación de -22.7% y -16.0% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 95 y Figura 46 se muestra la resistencia a la flexión de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que la resistencia a la flexión para ECO (concreto con agregados ecológicos) disminuye esto se debe a las propiedades desfavorables de los agregados ecológicos y el alto porcentaje de aire contenido en la pasta, y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la resistencia a la flexión se disminuye en menor medida respecto a PATRÓN.

Tabla 95. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación

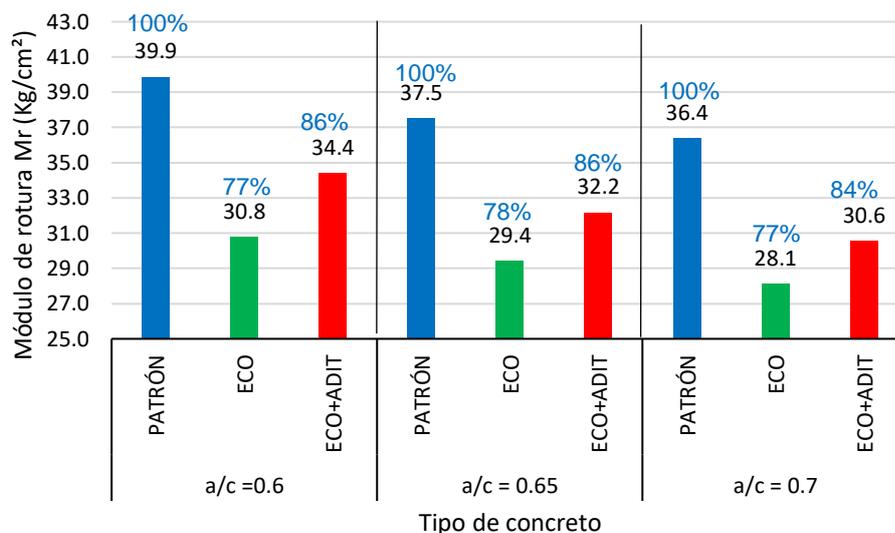
Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Módulo de rotura Mr (Kg/cm ²) 28 días	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	39.9	100.0	-
ECO	0.60	366.67	30.8	77.3	-22.7
ECO+ADIT	0.60	311.67	34.4	86.3	-13.7
PATRÓN	0.65	305.38	37.5	100.0	-
ECO	0.65	333.85	29.4	78.4	-21.6
ECO+ADIT	0.65	281.54	32.2	85.8	-14.2
PATRÓN	0.70	281.43	36.4	100.0	-
ECO	0.70	305.71	28.1	77.3	-22.7
ECO+ADIT	0.70	257.14	30.6	84.0	-16.0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación

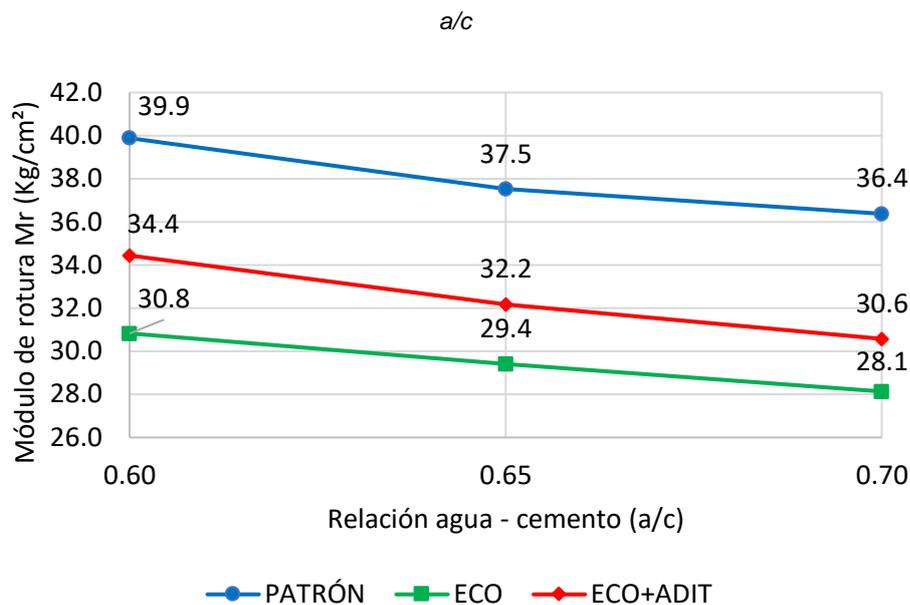
Respecto a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 47 se muestra la Resistencia a la Flexión a los 28 días de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 47. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto a los 28 Días Para Cada



7.3.4. Absorción, densidad y vacíos permeables

7.3.4.1. Absorción

Se compara la absorción de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que la absorción de PATRÓN es de 7.29%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 13.99 y 12.48% lo que representan una variación de 91.9%, y 71.2% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que la absorción de PATRÓN es de 6.88%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 14.66 y 13.03% lo que representan una variación de 113.1%, y 89.4% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que la absorción de PATRÓN es de 7.36%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 14.78 y 13.03% lo que representan una variación de 100.9%, y 77.1% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 96 y Figura 48 se muestra la absorción de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que la

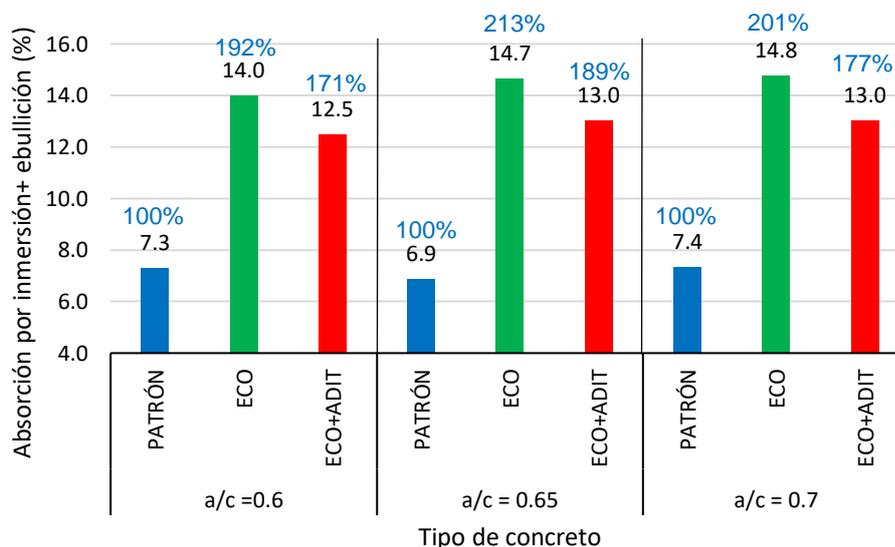
absorción para ECO (concreto con agregados ecológicos) aumenta, esto se debe a la mayor absorción de los agregados ecológicos y el alto porcentaje de aire que este genera en la pasta fresca, y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) la absorción aumenta en menor medida respecto a PATRÓN.

Tabla 96. Absorción de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m³)	Absorción por inmersión+ebullición %	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	7.29	100.0	-
ECO	0.60	366.67	13.99	191.9	91.9
ECO+ADIT	0.60	311.67	12.48	171.2	71.2
PATRÓN	0.65	305.38	6.88	100.0	-
ECO	0.65	333.85	14.66	213.1	113.1
ECO+ADIT	0.65	281.54	13.03	189.4	89.4
PATRÓN	0.70	281.43	7.36	100.0	-
ECO	0.70	305.71	14.78	200.9	100.9
ECO+ADIT	0.70	257.14	13.03	177.1	77.1

Fuente: Elaboración propia.

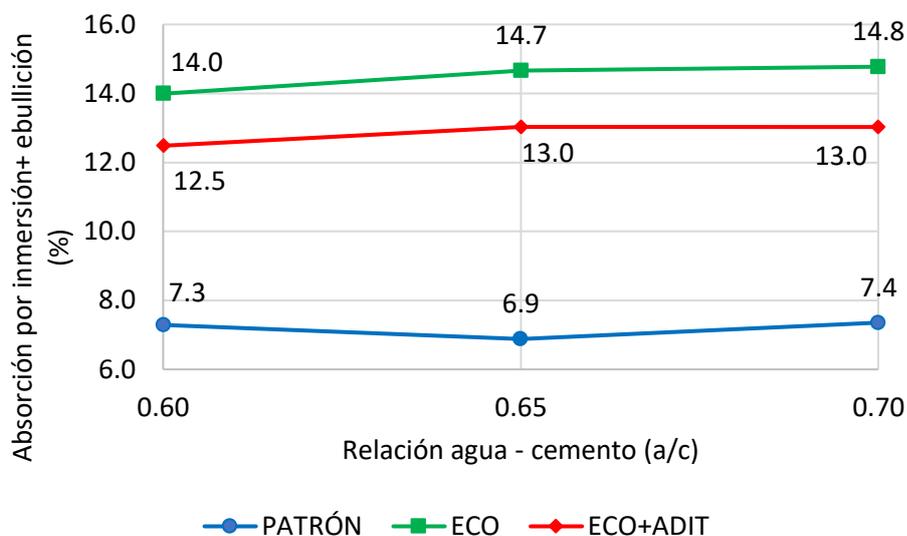
Figura 48. Absorción de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 49 se muestra Absorción de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 49. Absorción de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

7.3.4.2. Densidad

Se compara la densidad de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación a/c = 0.60 se tiene que la densidad de PATRÓN es de 2.23 gr/cm³, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 1.85 y 1.93 gr/cm³ lo que representan una variación de -17.0% y -13.3% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.65 se tiene que la densidad de PATRÓN es de 2.25 gr/cm³, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 1.79 y 1.87 gr/cm³ lo que representan una variación de -20.7% y -17.2% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.70 se tiene que la densidad de PATRÓN es de 2.23 gr/cm³, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 1.80 y 1.91 gr/cm³ lo que representan una variación de -19.5% y -14.2% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 97 y Figura 50 se muestra la densidad de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que la densidad para ECO (concreto con agregados ecológicos) disminuye, debido a la menor densidad de los agregados ecológicos y al alto porcentaje de aire que este genera en la pasta fresca y para ECO+ADIT (concreto con agregados

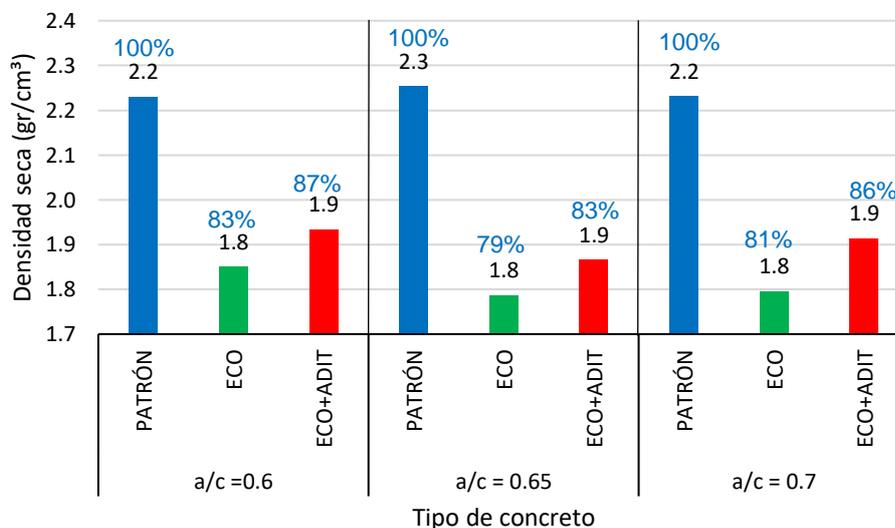
ecológicos más aditivo superplastificante) la densidad disminuye en menor medida respecto a PATRÓN.

Tabla 97. Densidad de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Densidad seca gr/cm ³	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	2.23	100.0	-
ECO	0.60	366.67	1.85	83.0	-17.0
ECO+ADIT	0.60	311.67	1.93	86.7	-13.3
PATRÓN	0.65	305.38	2.25	100.0	-
ECO	0.65	333.85	1.79	79.3	-20.7
ECO+ADIT	0.65	281.54	1.87	82.8	-17.2
PATRÓN	0.70	281.43	2.23	100.0	-
ECO	0.70	305.71	1.80	80.5	-19.5
ECO+ADIT	0.70	257.14	1.91	85.8	-14.2

Fuente: Elaboración propia.

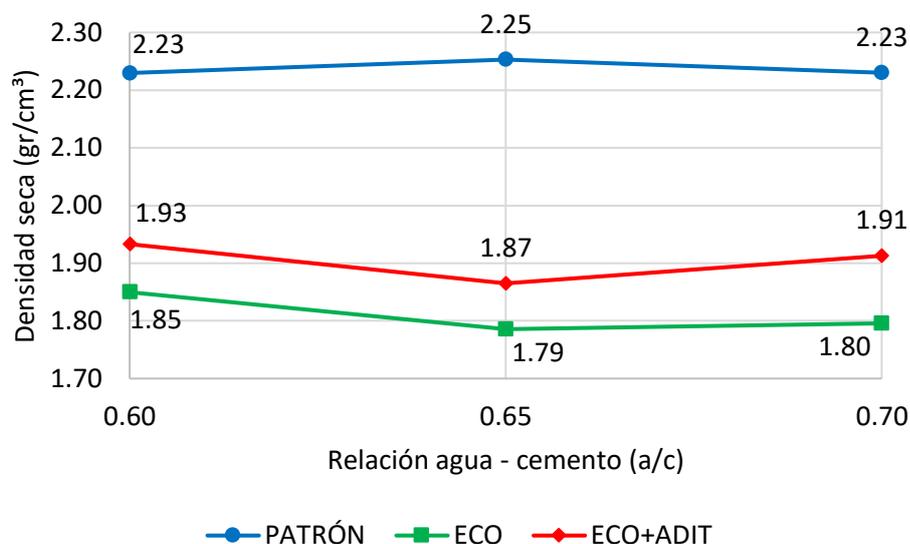
Figura 50. Densidad de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 51 se muestra la Densidad de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 51. Densidad de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

7.3.4.3. Vacíos permeables

Se compara los vacíos permeables o porosidad de cada tipo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación a/c = 0.60 se tiene que los vacíos permeables de PATRÓN son de 16.26%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 25.88, 24.13% lo que representan una variación de 59.2% y 48.4% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.65 se tiene que los vacíos permeables de PATRÓN son de 15.49%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 26.18 y 24.30% lo que representan una variación de 69.0, 56.9% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación a/c = 0.70 se tiene que los vacíos permeables de PATRÓN son de 16.40%, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 26.52 y 24.92% lo que representan una variación de 61.8 y 52.0% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 98 y Figura 52 se muestra el porcentaje de vacíos permeables de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que los vacíos permeables para ECO (concreto con agregados ecológicos) aumenta, esto se debe a la mayor porosidad de los agregados

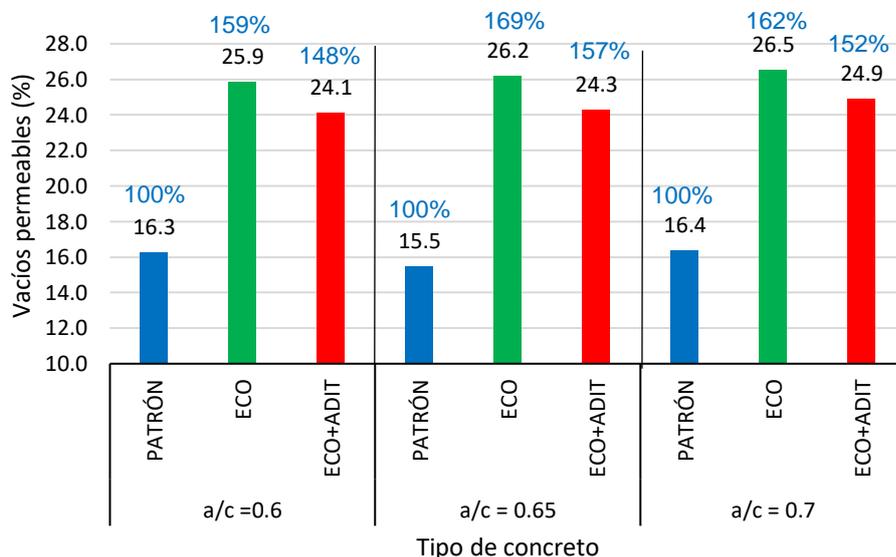
ecológicos y por el alto porcentaje de aire que se genera en la pasta fresca, y para ECO+ADIT (concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante) los vacíos permeables aumentan en menor medida respecto a PATRÓN.

Tabla 98. Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Vacíos permeables %	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN	0.60	333.33	16.26	100.0	-
ECO	0.60	366.67	25.88	159.2	59.2
ECO+ADIT	0.60	311.67	24.13	148.4	48.4
PATRÓN	0.65	305.38	15.49	100.0	-
ECO	0.65	333.85	26.18	169.0	69.0
ECO+ADIT	0.65	281.54	24.30	156.9	56.9
PATRÓN	0.70	281.43	16.40	100.0	-
ECO	0.70	305.71	26.52	161.8	61.8
ECO+ADIT	0.70	257.14	24.92	152.0	52.0

Fuente: Elaboración propia.

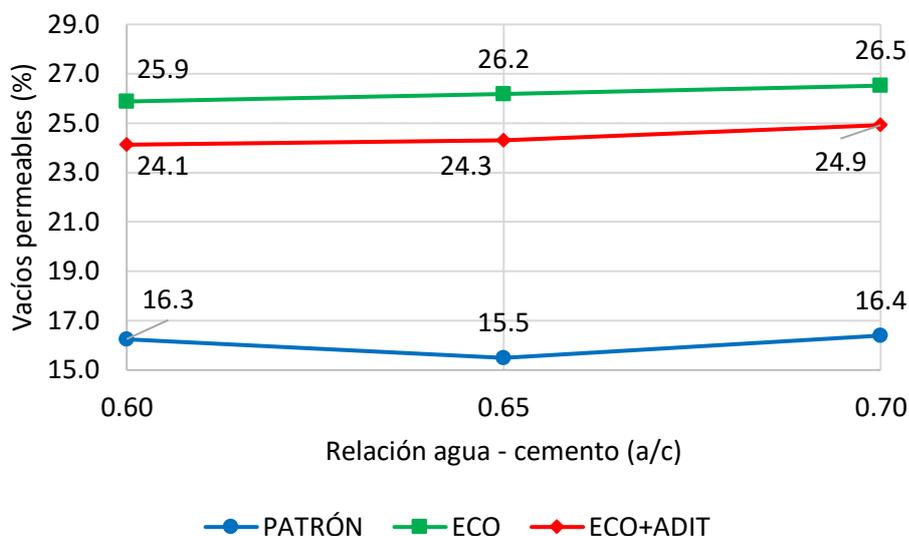
Figura 52. Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 53 se muestra los vacíos permeables de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 53. Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 99 se presenta el resumen de porcentaje de variaciones de las propiedades del concreto endurecido utilizando agregados ecológicos respecto del patrón donde se evidencia la variación en todas las propiedades estudiadas.

Tabla 99. Resumen de Porcentaje de Variaciones de las Propiedades del Concreto Endurecido Utilizando Agregados Ecológicos Respecto de PATRÓN

Propiedad	Tipo de diseño	Variación respecto de PATRÓN en %				
		Mín.		Máx.		Promedio
		%	a/c	%	a/c	%
COMPRESIÓN 28 DÍAS	ECO	-29.2	0.70	-13.9	0.60	-22.1
	ECO+ADIT	-5.8	0.65	1.6	0.60	-3.1
COMPRESIÓN 56 DÍAS	ECO	-27.1	0.65	-17.4	0.60	-21.3
	ECO+ADIT	-15.6	0.65	-6.3	0.70	-10.4
TRACCIÓN 28 DÍAS	ECO	-19.0	0.60	-16.3	0.70	-18.1
	ECO+ADIT	-13.0	0.65	-6.1	0.60	-9.7
FLEXIÓN 28 DÍAS	ECO	-22.7	0.70	-21.6	0.65	-22.3
	ECO+ADIT	-16.0	0.70	-13.7	0.60	-14.6
ABSORCIÓN 28 DÍAS	ECO	91.9	0.60	113.1	0.65	102.0
	ECO+ADIT	71.2	0.60	89.4	0.65	79.2
DENSIDAD 28 DÍAS	ECO	-20.7	0.65	-17.0	0.60	-19.1
	ECO+ADIT	-17.2	0.65	-13.3	0.60	-14.9
VACÍOS PERMEABLES 28 DÍAS	ECO	59.2	0.60	69.0	0.65	63.3
	ECO+ADIT	48.4	0.60	56.9	0.65	52.4

Fuente: Elaboración propia.

El transporte de agua en el concreto viene determinado por el tipo, tamaño distribución e interconexión de los poros y fisuras lo que determinan la absorción y vacíos permeables, condicionando decisivamente la durabilidad del concreto ya que una vez que el agua ingresa desde la superficie mojada, esta circula por el concreto en función de los vacíos permeables, transportando sustancias agresivas disueltas y también si está saturado tendrá mayor volumen de agua que sometidos a las heladas representa un mayor deterioro del concreto (GT-2/5 "Hormigón Reciclado", 2006, pág. 111).

El aumento de la permeabilidad disminuye la resistencia al congelamiento y deshielo del concreto, aumenta la resaturación, aumenta la penetración de sulfatos, de iones cloruro y otros ataques químicos (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 10).

La absorción respecto de PATRÓN, para ECO aumento en promedio en un 102% y para ECO+ADIT aumento en promedio 79.2%. Los vacíos permeables respecto de PATRÓN, para ECO aumento en promedio 63.3% y para ECO+ADIT aumento en promedio 52.4%. estos aumentos permiten el mayor transporte de agua facilita la penetración de sulfatos, iones cloruro y otro químicos perjudiciales para el concreto y elementos de refuerzo de acero afectando decisivamente la durabilidad.

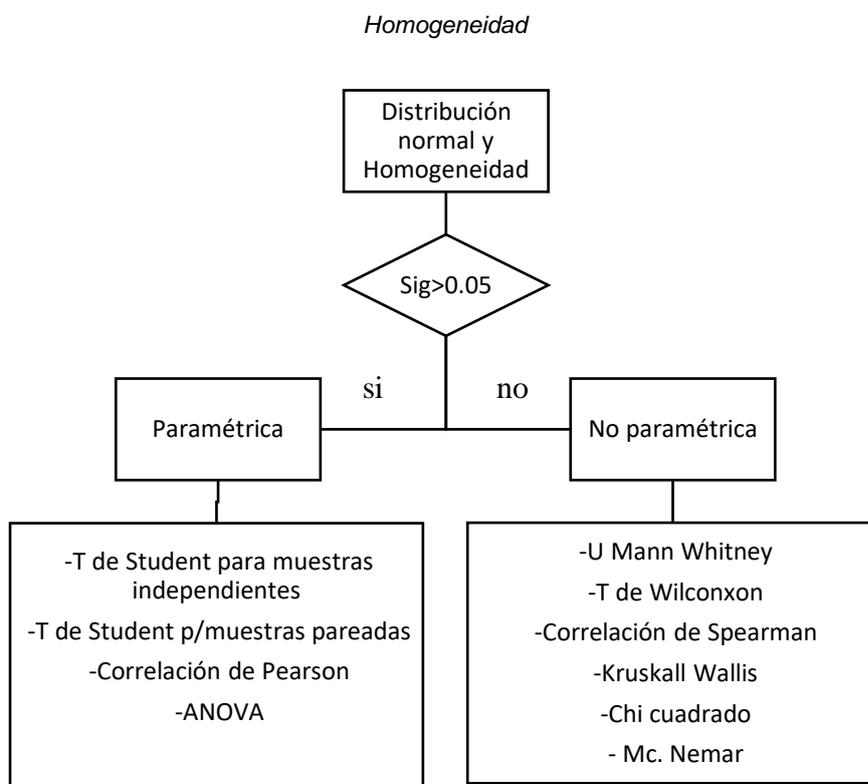
7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

7.4.1. Procedimiento para la prueba de hipótesis

En la estadística existen dos grandes campos, la estadística descriptiva y la estadística inferencial, en este punto ya estamos desarrollando la estadística inferencial es decir la contrastación de hipótesis.

Para la contratación de hipótesis se elige pruebas clasificadas en paramétricas y no paramétricas estas dependen de la normalidad y homogeneidad de la muestra cómo se presenta en la Figura 54.

Figura 54. Pruebas Estadísticas de Contrastación de Hipótesis de Acuerdo a Distribución Normal y Homogeneidad



Fuente: (Bautista Diaz, Victoria Rodríguez, Vargas Estrella, & Hernández Chamosa, C. Celeste, 2020)

Cada prueba paramétrica y no paramétrica tienen un equivalente de acuerdo al tipo de datos de la muestra de investigación como se presenta en la Tabla 100

Tabla 100. Prueba Estadística Paramétrica y su Equivalente no Paramétrica de Acuerdo al Tipo de

Datos de Investigación

Descripción	Existe normalidad y homogeneidad	No existe normalidad y homogeneidad
	Paramétricas	No paramétricas
- 2 medias independientes (numérica vs categórica)	T de Student para muestras independientes	U Mann Whitney
- 2 medias relacionadas (antes - después)	T de Student para muestras pareadas	T de Wilcoxon
- Numérica vs numérica	Pearson	Spearman
- > 2 medias (numérica vs categórica)	Anova	Kruskall Wallis
- 2 variables (categórica vs categórica)	No existe	Chi cuadrado
- 2 proporciones	No existe	Mc Nemar

Fuente: (Bautista Diaz, Victoria Rodríguez, Vargas Estrella, & Hernández Chamosa, C. Celeste, 2020)

En el caso de nuestra investigación tenemos muestras independientes por lo que si los datos tienen distribución normal y homogénea se aplica la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes de lo contrario se aplica la prueba no paramétrica U Mann Whitney.

La metodología de análisis estadístico de esta investigación es la comparación de medias para muestras independientes.

El tema general es el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregados ecológicos de concreto reciclado, se realizará la contrastación de hipótesis solamente de los resultados de las propiedades de concreto endurecido con el software IBM SPSS Statistics versión 27.0.1.

Consideraciones metodológicas:

-Problema general :

¿Cuál será el efecto de utilizar agregados ecológicos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido?

-Hipótesis

Las propiedades físicas y mecánicas de concreto en estado endurecido varían al utilizar agregados ecológicos respecto del uso de agregados naturales.

-Variable

Propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido, utilizando agregados ecológicos y naturales.

-Tipo de investigación

Cuantitativa.

-Población

Concreto diseñado con agregados naturales y ecológicos para $a/c=0.60$, 0.65 y 0.70 .

-Muestra

Se tiene 477 probetas y 54 vigas para los ensayos de las diferentes propiedades de concreto endurecido, las cuales se mostraron en la Tabla 50.

-Instrumentos: ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido.

-Prueba de hipótesis

Se plantean las siguientes hipótesis de forma general las cuales se aplicarán para cada propiedad:

-Hipótesis nula: el valor promedio de la propiedad en estudio **es igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos.

-Hipótesis alterna: el valor promedio de la propiedad en estudio **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos.

Para la prueba de hipótesis se realizaron previamente la prueba de normalidad y homogeneidad para definir la prueba paramétrica o no paramétrica de la contrastación de hipótesis.

-Prueba de normalidad

Se agrupa los datos de acuerdo a la relación a/c, día de ensayo y diseño de PATRÓN, ECO y ECO+ADIT para prueba de normalidad de cada muestra y se plantea la hipótesis nula H_0 y alterna H_1 :

H_0 : Los datos analizados siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos analizados no siguen una distribución normal.

Se tiene el test de Kolmogorov - Smirnov para datos cuya tamaño muestral es mayor a 30 datos y el test de Shapiro – Wilk cuando la muestra es pequeña con tamaño muestral menor a 30 datos.

Respecto al nivel de significancia Sig. (p valor) se tiene:

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (los datos analizados siguen una distribución normal).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (los datos analizados no siguen una distribución normal).

Para las muestras que siguen una distribución normal se procede a realizar la prueba de homogeneidad y para la muestras que no siguen una distribución normal se procede a realizar la contrastación de hipótesis con pruebas no paramétricas.

-Prueba de homogeneidad

Se agrupa los datos de acuerdo a la relación a/c, día y diseño de ensayo para comparar las varianzas del PATRON con ECO y PATRÓN CON ECO+ADIT. Se plantea la hipótesis nula H_0 y alterna H_1 donde se tiene que si la varianza de los grupos es igual entonces los grupos son homogéneos y si las varianza de los grupos no son iguales entonces los grupos no son homogéneos:

H_0 : La varianza de los grupos son iguales.

H_1 : La varianza de los grupos no son iguales.

Se tiene el test de Levene de igualdad de varianzas para la prueba de homogeneidad.

Respecto al nivel de significancia Sig. (p valor) se tiene.

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (los grupos analizados son homogéneos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (los grupos analizados no son homogéneos).

Para los grupos que tiene homogeneidad de varianzas se procede a realizar la contrastación de hipótesis con pruebas paramétricas y para los grupos que no tienen homogeneidad de varianzas se procede a realizar la contrastación de hipótesis con pruebas no para métricas.

-Contrastación de hipótesis

Se agrupa los datos de acuerdo a la relación a/c, día y diseño de ensayo para comparar las medias de PATRÓN con ECO y PATRÓN CON ECO+ADIT. Se plantea la hipótesis nula H_0 y alterna H_1 las cuales se aplicarán para cada propiedad:

-Hipótesis nula H_0 : el valor promedio de la propiedad en estudio **es igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos

-Hipótesis alterna H_1 : el valor promedio de la propiedad en estudio **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos.

Luego de realizar la prueba de normalidad y homogeneidad se realiza la contrastación de hipótesis, para la prueba paramétrica o no paramétrica de la contrastación de hipótesis.

Para muestras en las cuales se aplica prueba paramétrica se tiene el test T de Student para igualdad de medias.

Para muestras en las cuales se aplica prueba no paramétrica se tiene el test de Mann-Whitney para igualdad de medias.

Respecto al nivel de significancia Sig. (p valor) se tiene:

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que el valor promedio de la propiedad en estudio **es igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para

afirmar que el valor promedio de la propiedad en estudio **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

A continuación se presenta la prueba de normalidad, homogeneidad y contrastación de hipótesis de cada una de las propiedades de concreto endurecido.

7.4.2. Prueba de hipótesis de resistencia a la compresión

7.4.2.1. Datos de resistencia a compresión

En la Tabla 101 se presenta la identificación de cada una de las muestras de concreto para resistencia a compresión de acuerdo a la relación a/c, día de ensayo y tipo de diseño, y como datos de muestra tenemos a la cantidad, media, desviación estándar y media de error estándar de la resistencia a compresión.

Tabla 101. Identificación y Datos de Muestras de Resistencia a Compresión

Nº	Identificadores			Datos de muestras			
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Cant.	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
1	0.60	7	PATRÓN	7	292.423	14.125	5.339
2	0.60	7	ECO	7	233.037	13.744	5.195
3	0.60	7	ECO+ADIT	7	307.173	23.099	8.730
4	0.60	14	PATRÓN	7	308.307	15.355	5.803
5	0.60	14	ECO	7	263.982	10.577	3.998
6	0.60	14	ECO+ADIT	7	312.271	26.428	9.989
7	0.60	28	PATRÓN	25	340.518	9.212	1.842
8	0.60	28	ECO	25	293.022	13.497	2.699
9	0.60	28	ECO+ADIT	25	346.115	14.929	2.986
10	0.60	56	PATRÓN	4	391.804	6.261	3.130
11	0.60	56	ECO	4	323.632	12.549	6.274
12	0.60	56	ECO+ADIT	4	354.825	19.202	9.601
13	0.65	7	PATRÓN	7	259.638	11.712	4.427
14	0.65	7	ECO	7	182.417	16.788	6.345
15	0.65	7	ECO+ADIT	7	242.685	20.224	7.644
16	0.65	14	PATRÓN	7	293.083	14.270	5.394
17	0.65	14	ECO	7	212.624	8.991	3.398
18	0.65	14	ECO+ADIT	7	257.441	19.780	7.476
19	0.65	28	PATRÓN	25	304.413	15.100	3.020
20	0.65	28	ECO	25	233.360	14.739	2.948
21	0.65	28	ECO+ADIT	25	286.726	14.529	2.906
22	0.65	56	PATRÓN	4	346.742	21.256	10.628
23	0.65	56	ECO	4	252.867	11.055	5.527
24	0.65	56	ECO+ADIT	4	292.493	18.452	9.226
25	0.70	7	PATRÓN	7	234.714	7.645	2.889
26	0.70	7	ECO	7	165.287	7.791	2.945
27	0.70	7	ECO+ADIT	7	218.307	2.771	1.047
28	0.70	14	PATRÓN	7	252.257	8.318	3.144
29	0.70	14	ECO	7	184.670	9.604	3.630
30	0.70	14	ECO+ADIT	7	230.460	5.492	2.076
31	0.70	28	PATRÓN	25	283.121	8.784	1.757
32	0.70	28	ECO	25	200.574	15.605	3.121
33	0.70	28	ECO+ADIT	25	268.778	5.205	1.041
34	0.70	56	PATRÓN	4	295.963	6.444	3.222
35	0.70	56	ECO	4	238.139	2.161	1.081
36	0.70	56	ECO+ADIT	4	277.464	3.799	1.899

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2.2. Prueba de normalidad de resistencia a compresión

Se muestra la Tabla 102 donde se presenta el resultado de prueba de normalidad de las muestras de resistencia a compresión, al tener que el nivel de significancia sig. > 0.05 en todas las muestras estas tienen distribución normal.

Tabla 102. Prueba de Normalidad de Muestras de Resistencia a la Compresión

Nº	Identificadores			Shapiro-Wilk			si Sig.>0.05 tiene Dis. normal
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Estadístico	gl	Sig.	
1	0.60	7	PATRÓN	0.906	7	0.368	Normal
2	0.60	7	ECO	0.887	7	0.261	Normal
3	0.60	7	ECO+ADIT	0.888	7	0.263	Normal
4	0.60	14	PATRÓN	0.967	7	0.874	Normal
5	0.60	14	ECO	0.911	7	0.406	Normal
6	0.60	14	ECO+ADIT	0.980	7	0.957	Normal
7	0.60	28	PATRÓN	0.953	25	0.292	Normal
8	0.60	28	ECO	0.971	25	0.678	Normal
9	0.60	28	ECO+ADIT	0.944	25	0.184	Normal
10	0.60	56	PATRÓN	0.862	4	0.268	Normal
11	0.60	56	ECO	0.818	4	0.139	Normal
12	0.60	56	ECO+ADIT	0.901	4	0.436	Normal
13	0.65	7	PATRÓN	0.950	7	0.731	Normal
14	0.65	7	ECO	0.907	7	0.377	Normal
15	0.65	7	ECO+ADIT	0.902	7	0.346	Normal
16	0.65	14	PATRÓN	0.961	7	0.831	Normal
17	0.65	14	ECO	0.952	7	0.751	Normal
18	0.65	14	ECO+ADIT	0.956	7	0.786	Normal
19	0.65	28	PATRÓN	0.979	25	0.873	Normal
20	0.65	28	ECO	0.934	25	0.105	Normal
21	0.65	28	ECO+ADIT	0.978	25	0.852	Normal
22	0.65	56	PATRÓN	0.905	4	0.456	Normal
23	0.65	56	ECO	0.943	4	0.671	Normal
24	0.65	56	ECO+ADIT	0.975	4	0.870	Normal
25	0.70	7	PATRÓN	0.937	7	0.612	Normal
26	0.70	7	ECO	0.955	7	0.778	Normal
27	0.70	7	ECO+ADIT	0.934	7	0.584	Normal
28	0.70	14	PATRÓN	0.948	7	0.709	Normal
29	0.70	14	ECO	0.887	7	0.259	Normal
30	0.70	14	ECO+ADIT	0.936	7	0.604	Normal
31	0.70	28	PATRÓN	0.984	25	0.955	Normal
32	0.70	28	ECO	0.977	25	0.818	Normal
33	0.70	28	ECO+ADIT	0.976	25	0.808	Normal
34	0.70	56	PATRÓN	0.920	4	0.537	Normal
35	0.70	56	ECO	0.967	4	0.821	Normal
36	0.70	56	ECO+ADIT	0.959	4	0.771	Normal

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2.3. Prueba de homogeneidad de resistencia a compresión

Se muestra la Tabla 103 donde se presenta el resultado de prueba de Homogeneidad de resistencia a compresión, las muestras que tienen el nivel de significancia sig. > 0.05 son homogéneas y las que tienen el nivel de significancia sig. < 0.05 no son homogéneas.

Tabla 103. Prueba de Homogeneidad de Resistencia a Compresión Respecto de PATRÓN

Nº	Identificadores			Levene de igualdad de varianzas		
	a/c	Día	Diseño	Est. de Levene	Sig.	si Sig.>0.05 es homogénea
1	0.60	7	ECO	0.067	0.799	Homogénea
2	0.60	7	ECO+ADIT	1.393	0.261	Homogénea
3	0.60	14	ECO	1.410	0.258	Homogénea
4	0.60	14	ECO+ADIT	1.081	0.319	Homogénea
5	0.60	28	ECO	5.788	0.020	No Homogénea
6	0.60	28	ECO+ADIT	9.394	0.004	No Homogénea
7	0.60	56	ECO	10.590	0.017	No Homogénea
8	0.60	56	ECO+ADIT	2.400	0.172	Homogénea
9	0.65	7	ECO	2.514	0.139	Homogénea
10	0.65	7	ECO+ADIT	4.994	0.045	No Homogénea
11	0.65	14	ECO	0.965	0.345	Homogénea
12	0.65	14	ECO+ADIT	1.259	0.284	Homogénea
13	0.65	28	ECO	0.036	0.850	Homogénea
14	0.65	28	ECO+ADIT	0.054	0.817	Homogénea
15	0.65	56	ECO	0.848	0.393	Homogénea
16	0.65	56	ECO+ADIT	0.001	0.971	Homogénea
17	0.70	7	ECO	0.280	0.607	Homogénea
18	0.70	7	ECO+ADIT	1.377	0.263	Homogénea
19	0.70	14	ECO	0.363	0.558	Homogénea
20	0.70	14	ECO+ADIT	0.373	0.553	Homogénea
21	0.70	28	ECO	7.657	0.008	No Homogénea
22	0.70	28	ECO+ADIT	5.092	0.029	No Homogénea
23	0.70	56	ECO	4.186	0.087	Homogénea
24	0.70	56	ECO+ADIT	1.357	0.288	Homogénea

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2.4. Contrastación de hipótesis de resistencia a compresión

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la resistencia a compresión **es igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la resistencia a compresión **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

En Tabla 104 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras de distribución normal y homogénea a la cual se aplica la prueba paramétrica T Student.

Tabla 104. *Contrastación de Hipótesis de Resistencia a Compresión Aplicando la Prueba**Paramétrica T Student*

Nº	Identificadores			Prueba T student			
	a/c	Día	Diseño	t	gl	sig. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
1	0.60	7	ECO	7.972	12	0.000	diferente
2	0.60	7	ECO+ADIT	-1.441	12	0.175	igual
3	0.60	14	ECO	6.290	12	0.000	diferente
4	0.60	14	ECO+ADIT	-0.343	12	0.737	igual
8	0.60	56	ECO+ADIT	3.662	6	0.011	diferente
9	0.65	7	ECO	9.981	12	0.000	diferente
11	0.65	14	ECO	12.621	12	0.000	diferente
12	0.65	14	ECO+ADIT	3.866	12	0.002	diferente
13	0.65	28	ECO	16.836	48	0.000	diferente
14	0.65	28	ECO+ADIT	4.220	48	0.000	diferente
15	0.65	56	ECO	7.836	6	0.000	diferente
16	0.65	56	ECO+ADIT	3.855	6	0.008	diferente
17	0.70	7	ECO	16.829	12	0.000	diferente
18	0.70	7	ECO+ADIT	5.339	12	0.000	diferente
19	0.70	14	ECO	14.074	12	0.000	diferente
20	0.70	14	ECO+ADIT	5.786	12	0.000	diferente
23	0.70	56	ECO	17.016	6	0.000	diferente
24	0.70	56	ECO+ADIT	4.946	6	0.003	diferente

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 105 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras no homogéneas por lo que se aplicó la prueba no paramétrica Mann-Whitney.

Tabla 105. *Contrastación de Hipótesis de Resistencia a Compresión Aplicando la Prueba No**Paramétrica Mann-Whitney*

Nº	Identificadores			Prueba de Mann-Whitney				
	a/c	Día	Diseño	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asin. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
5	0.60	28	ECO	0.000	325.000	-6.063	0.000	Diferente
6	0.60	28	ECO+ADIT	234.000	559.000	-1.523	0.128	Igual
7	0.60	56	ECO	0.000	10.000	-2.309	0.021	Diferente
10	0.65	7	ECO+ADIT	12.000	40.000	-1.597	0.110	Igual
21	0.70	28	ECO	0.000	325.000	-6.063	0.000	Diferente
22	0.70	28	ECO+ADIT	46.000	371.000	-5.171	0.000	Diferente

Fuente: Elaboración propia.

Para todos los diseños de ECO la resistencia a compresión varía respecto de PATRÓN.

Para los diseños de ECO+ADIT relación a/c = 0.60 en 7, 14 y 28 días, y para la relación a/c = 0.65 en 7 días, la resistencia a compresión no varía respecto de PATRÓN, mientras que para todos los demás diseños si varía.

7.4.3. Prueba de hipótesis de la resistencia a la tracción por compresión diametral

7.4.3.1. Datos de resistencia a la tracción

En la Tabla 106 se presenta la identificación de cada una de las muestras de concreto para resistencia a la tracción de acuerdo a la relación a/c, día de ensayo y tipo de diseño, y como datos de muestra tenemos a la cantidad, media, desviación estándar y media de error estándar de la resistencia a tracción.

Tabla 106. Identificación y Datos de Muestras de Resistencia a Tracción

Nº	Identificadores			Datos de muestras			
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Cant.	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
1	0.60	28	PATRÓN	7	35.874	2.919	1.103
2	0.60	28	ECO	7	29.070	3.416	1.291
3	0.60	28	ECO+ADIT	6	33.670	1.324	0.540
4	0.65	28	PATRÓN	7	31.317	2.474	0.935
5	0.65	28	ECO	7	25.386	2.532	0.957
6	0.65	28	ECO+ADIT	7	27.250	1.925	0.728
7	0.70	28	PATRÓN	7	29.540	1.538	0.581
8	0.70	28	ECO	7	24.736	3.036	1.147
9	0.70	28	ECO+ADIT	7	26.554	1.048	0.396

Fuente: Elaboración propia.

7.4.3.2. Prueba de normalidad de resistencia a tracción

Se muestra la Tabla 107 donde se presenta el resultado de prueba de normalidad de las muestras de resistencia a compresión, al tener que el nivel de significancia sig. > 0.05 en todas las muestras estas tienen distribución normal.

Tabla 107. Prueba de Normalidad de Muestras de Resistencia a la Tracción

Nº	Identificadores			Shapiro-Wilk			si Sig.>0.05 tiene Dis. normal
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Estadístico	gl	Sig.	
1	0.60	28	PATRÓN	0.969	7	0.891	Normal
2	0.60	28	ECO	0.841	7	0.102	Normal
3	0.60	28	ECO+ADIT	0.825	6	0.097	Normal
4	0.65	28	PATRÓN	0.971	7	0.902	Normal
5	0.65	28	ECO	0.828	7	0.076	Normal
6	0.65	28	ECO+ADIT	0.861	7	0.155	Normal
7	0.70	28	PATRÓN	0.954	7	0.766	Normal
8	0.70	28	ECO	0.903	7	0.351	Normal
9	0.70	28	ECO+ADIT	0.975	7	0.930	Normal

Fuente: Elaboración propia.

7.4.3.3. Prueba de homogeneidad de resistencia a la tracción

Se muestra la Tabla 108 donde se presenta el resultado de prueba de Homogeneidad de resistencia a tracción, todas las muestras son homogéneas ya que tienen nivel de significancia sig. > 0.05.

Tabla 108. Prueba de Homogeneidad de Resistencia a Tracción Respecto de PATRÓN

Nº	Identificadores			Levene de igualdad de varianzas		
	a/c	Día	Diseño	Est. de Levene	Sig.	si Sig.>0.05 es homogénea
1	0.60	28	ECO	0.990	0.339	Homogénea
2	0.60	28	ECO+ADIT	1.532	0.242	Homogénea
3	0.65	28	ECO	0.023	0.882	Homogénea
4	0.65	28	ECO+ADIT	0.563	0.468	Homogénea
5	0.70	28	ECO	4.646	0.052	Homogénea
6	0.70	28	ECO+ADIT	1.892	0.194	Homogénea

Fuente: Elaboración propia.

7.4.3.4. Contrastación de hipótesis de resistencia a Tracción

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la resistencia a tracción **es igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la resistencia a tracción **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

En Tabla 109 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras de distribución normal y homogénea a la cual se aplica la prueba paramétrica T Student.

Tabla 109. Contrastación de Hipótesis de Resistencia a Tracción Aplicando la Prueba Paramétrica

T Student

Nº	Identificadores			Prueba T student			
	a/c	Día	Diseño	t	gl	sig. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
1	0.60	28	ECO	4.006	12	0.002	diferente
2	0.60	28	ECO+ADIT	1.698	11	0.118	igual
3	0.65	28	ECO	4.434	12	0.001	diferente
4	0.65	28	ECO+ADIT	3.433	12	0.005	diferente
5	0.70	28	ECO	3.735	12	0.003	diferente
6	0.70	28	ECO+ADIT	4.243	12	0.001	diferente

Fuente: Elaboración propia.

Para todos los diseños de ECO la resistencia a tracción varía respecto de PATRÓN.

Para el diseño de ECO+ADIT relación a/c = 0.60 en 28 días, la resistencia a la tracción no varía respecto de PATRÓN, mientras que para todos los demás diseños si varia.

7.4.4. Prueba de hipótesis de la resistencia a la flexión

7.4.4.1. Datos de resistencia a la flexión

En la Tabla 110 se presenta la identificación de cada una de las muestras de concreto para resistencia a flexión de acuerdo a la relación a/c, día de ensayo y tipo de diseño, y como datos de muestra tenemos a la cantidad, media, desviación estándar y media de error estándar de la resistencia a flexión.

Tabla 110. Identificación y Datos de Muestras de Resistencia a Flexión

Nº	Identificadores			Datos de muestras			
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Cant.	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
1	0.60	28	PATRÓN	6	39.885	3.263	1.332
2	0.60	28	ECO	6	30.826	2.449	1.000
3	0.60	28	ECO+ADIT	6	34.440	1.676	0.684
4	0.65	28	PATRÓN	6	37.525	1.574	0.643
5	0.65	28	ECO	6	29.413	1.197	0.489
6	0.65	28	ECO+ADIT	6	32.181	2.148	0.877
7	0.70	28	PATRÓN	6	36.377	2.571	1.049
8	0.70	28	ECO	6	28.134	1.129	0.461
9	0.70	28	ECO+ADIT	6	30.574	1.432	0.584

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4.2. Prueba de normalidad de resistencia a la flexión

Se muestra la Tabla 111 donde se presenta el resultado de prueba de normalidad de las muestras de resistencia a flexión, al tener que el nivel de significancia sig. > 0.05 en todas las muestras estas tienen distribución normal.

Tabla 111. Prueba de Normalidad de Muestras de Resistencia a la Flexión

Nº	Identificadores			Shapiro-Wilk			si Sig.>0.05 tiene Dis. normal
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Estadístico	gl	Sig.	
1	0.60	28	PATRÓN	0.883	6	0.282	Normal
2	0.60	28	ECO	0.905	6	0.407	Normal
3	0.60	28	ECO+ADIT	0.920	6	0.502	Normal
4	0.65	28	PATRÓN	0.945	6	0.696	Normal
5	0.65	28	ECO	0.873	6	0.239	Normal
6	0.65	28	ECO+ADIT	0.943	6	0.687	Normal
7	0.70	28	PATRÓN	0.958	6	0.807	Normal
8	0.70	28	ECO	0.969	6	0.884	Normal
9	0.70	28	ECO+ADIT	0.921	6	0.516	Normal

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4.3. Prueba de homogeneidad de resistencia a la Flexión

Se muestra la Tabla 112 donde se presenta el resultado de prueba de Homogeneidad de resistencia a flexión, todas las muestras son homogéneas ya que tienen nivel de significancia sig. > 0.05.

Tabla 112. Prueba de Homogeneidad de Resistencia a Flexión Respecto de PATRÓN

Nº	Identificadores			Levene de igualdad de varianzas		
	a/c	Día	Diseño	Est. de Levene	Sig.	si Sig.>0.05 es homogénea
1	0.60	28	ECO	1.161	0.306	Homogénea
2	0.60	28	ECO+ADIT	4.670	0.056	Homogénea
3	0.65	28	ECO	0.623	0.448	Homogénea
4	0.65	28	ECO+ADIT	0.422	0.531	Homogénea
5	0.70	28	ECO	4.205	0.067	Homogénea
6	0.70	28	ECO+ADIT	2.421	0.151	Homogénea

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4.4. Contrastación de hipótesis de resistencia a la flexión

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la resistencia a la flexión **es igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la resistencia a la flexión **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

En Tabla 113 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras de distribución normal y homogénea a la cual se aplica la prueba paramétrica T Student.

Tabla 113. *Contrastación de Hipótesis de Resistencia a la Flexión Aplicando la Prueba Paramétrica T Student*

Nº	Identificadores			Prueba T student			
	a/c	Día	Diseño	t	gl	sig. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
1	0.60	28	ECO	5.439	10	0.000	diferente
2	0.60	28	ECO+ADIT	3.636	10	0.005	diferente
3	0.65	28	ECO	10.046	10	0.000	diferente
4	0.65	28	ECO+ADIT	4.915	10	0.001	diferente
5	0.70	28	ECO	7.192	10	0.000	diferente
6	0.70	28	ECO+ADIT	4.831	10	0.001	diferente

Fuente: Elaboración propia.

Para todos los diseños de ECO la resistencia a flexión varía respecto de PATRÓN.

Para todos los diseños de ECO+ADIT la resistencia a la flexión varía respecto de PATRÓN.

7.4.5. Prueba de hipótesis de la absorción

7.4.5.1. Datos de la absorción

En la Tabla 114 se presenta la identificación de cada una de las muestras de concreto para absorción de acuerdo a la relación a/c, día de ensayo y tipo de diseño, y como datos de muestra tenemos a la cantidad, media, desviación estándar y media de error estándar de la absorción.

Tabla 114. *Identificación y Datos de Muestras Para Absorción*

Nº	Identificadores			Datos de muestras			
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Cant.	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
1	0.60	28	PATRÓN	5	7.292	0.241	0.108
2	0.60	28	ECO	6	13.993	0.292	0.119
3	0.60	28	ECO+ADIT	6	12.484	0.191	0.078
4	0.65	28	PATRÓN	6	6.880	0.429	0.175
5	0.65	28	ECO	5	14.661	0.215	0.096
6	0.65	28	ECO+ADIT	6	13.031	0.237	0.097
7	0.70	28	PATRÓN	6	7.356	0.487	0.199
8	0.70	28	ECO	6	14.776	0.569	0.232
9	0.70	28	ECO+ADIT	5	13.027	0.087	0.039

Fuente: Elaboración propia.

7.4.5.2. Prueba de normalidad de la absorción

Se muestra la Tabla 115 donde se presenta el resultado de prueba de normalidad de las muestras de ensayo de absorción, al tener que el nivel de significancia sig. > 0.05 en todas las muestras estas tienen distribución normal.

Tabla 115. Prueba de Normalidad de Muestras de Absorción

Nº	Identificadores			Shapiro-Wilk			si Sig.>0.05 tiene Dis. normal
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Estadístico	gl	Sig.	
1	0.60	28	PATRÓN	0.902	5	0.419	Normal
2	0.60	28	ECO	0.958	6	0.807	Normal
3	0.60	28	ECO+ADIT	0.862	6	0.196	Normal
4	0.65	28	PATRÓN	0.984	6	0.968	Normal
5	0.65	28	ECO	0.961	5	0.814	Normal
6	0.65	28	ECO+ADIT	0.882	6	0.278	Normal
7	0.70	28	PATRÓN	0.941	6	0.665	Normal
8	0.70	28	ECO	0.945	6	0.698	Normal
9	0.70	28	ECO+ADIT	0.866	5	0.252	Normal

Fuente: Elaboración propia.

7.4.5.3. Prueba de homogeneidad de absorción

Se muestra la Tabla 116 donde se presenta el resultado de prueba de Homogeneidad de la absorción, las muestras que tienen el nivel de significancia sig. > 0.05 son homogéneas y las que tienen el nivel de significancia sig. < 0.05 no son homogéneas.

Tabla 116. Prueba de Homogeneidad de Absorción Respecto de PATRÓN

Nº	Identificadores			Levene de igualdad de varianzas		
	a/c	Día	Diseño	Est. de Levene	Sig.	si Sig.>0.05 es homogénea
1	0.60	28	ECO	0.023	0.883	Homogénea
2	0.60	28	ECO+ADIT	0.171	0.689	Homogénea
3	0.65	28	ECO	2.761	0.131	Homogénea
4	0.65	28	ECO+ADIT	2.047	0.183	Homogénea
5	0.70	28	ECO	0.023	0.883	Homogénea
6	0.70	28	ECO+ADIT	6.748	0.029	No Homogénea

Fuente: Elaboración propia.

7.4.5.4. Contrastación de hipótesis de la absorción

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la absorción es **igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la absorción **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

En Tabla 117 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras de distribución normal y homogénea a la cual se aplica la prueba paramétrica T Student.

Tabla 117. Contrastación de Hipótesis de Absorción Aplicando la Prueba Paramétrica T Student

Nº	Identificadores			Prueba T student			
	a/c	Día	Diseño	t	gl	sig. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
1	0.60	28	ECO	-40.854	9	0.000	diferente
2	0.60	28	ECO+ADIT	-39.899	9	0.000	diferente
3	0.65	28	ECO	-36.717	9	0.000	diferente
4	0.65	28	ECO+ADIT	-30.777	10	0.000	diferente
5	0.70	28	ECO	-24.279	10	0.000	diferente

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 118 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras no homogéneas por lo que se aplicó la prueba no paramétrica Mann-Whitney.

Tabla 118. Contrastación de Hipótesis de Absorción Aplicando la Prueba No Paramétrica Mann-Whitney

Nº	Identificadores			Prueba de Mann-Whitney				
	a/c	Día	Diseño	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asin. (bilateral)	Si Sig<0.05 es diferente
6	0.70	28	ECO+ADIT	0.000	21.000	-2.745	0.006	Diferente

Fuente: Elaboración propia.

Para todos los diseños de ECO la absorción varía respecto de PATRÓN.

Para todos los diseños de ECO+ADIT la absorción varía respecto de PATRÓN.

7.4.6. Prueba de hipótesis de la densidad

7.4.6.1. Datos de la densidad

En la Tabla 119 se presenta la identificación de cada una de las muestras de concreto para densidad de acuerdo a la relación a/c, día de ensayo y tipo de diseño, y como datos de muestra tenemos a la cantidad, media, desviación estándar y media de error estándar de la densidad.

Tabla 119. Identificación y Datos de Muestras Para Densidad

Nº	Identificadores			Datos de muestras			
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Cant.	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
1	0.60	28	PATRÓN	5	2.230	0.015	0.007
2	0.60	28	ECO	6	1.850	0.016	0.007
3	0.60	28	ECO+ADIT	6	1.933	0.014	0.006
4	0.65	28	PATRÓN	6	2.253	0.025	0.010
5	0.65	28	ECO	5	1.786	0.008	0.004
6	0.65	28	ECO+ADIT	6	1.865	0.013	0.005
7	0.70	28	PATRÓN	6	2.230	0.027	0.011
8	0.70	28	ECO	6	1.795	0.020	0.008
9	0.70	28	ECO+ADIT	5	1.913	0.011	0.005

Fuente: Elaboración propia.

7.4.6.2. Prueba de normalidad de la densidad

Se muestra la Tabla 120 donde se presenta el resultado de prueba de normalidad de las muestras de ensayo de densidad, al tener que el nivel de significancia sig. > 0.05 en todas las muestras estas tienen distribución normal.

Tabla 120. Prueba de Normalidad de Muestras de Densidad

Nº	Identificadores			Shapiro-Wilk			si Sig.>0.05 tiene Dis. normal
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Estadístico	gl	Sig.	
1	0.60	28	PATRÓN	0.885	5	0.333	Normal
2	0.60	28	ECO	0.861	6	0.192	Normal
3	0.60	28	ECO+ADIT	0.883	6	0.284	Normal
4	0.65	28	PATRÓN	0.968	6	0.879	Normal
5	0.65	28	ECO	0.943	5	0.688	Normal
6	0.65	28	ECO+ADIT	0.797	6	0.056	Normal
7	0.70	28	PATRÓN	0.940	6	0.663	Normal
8	0.70	28	ECO	0.919	6	0.495	Normal
9	0.70	28	ECO+ADIT	0.922	5	0.546	Normal

Fuente: Elaboración propia.

7.4.6.3. Prueba de homogeneidad de la densidad

Se muestra la Tabla 121 donde se presenta el resultado de prueba de Homogeneidad de la densidad, todas las muestras son homogéneas ya que tienen el nivel de significancia sig. > 0.05.

Tabla 121. Prueba de Homogeneidad de Densidad Respecto de PATRÓN

Nº	Identificadores			Levene de igualdad de varianzas		
	a/c	Día	Diseño	Est. de Levene	Sig.	si Sig.>0.05 es homogénea
1	0.60	28	ECO	0.008	0.929	Homogénea
2	0.60	28	ECO+ADIT	0.023	0.883	Homogénea
3	0.65	28	ECO	2.546	0.145	Homogénea
4	0.65	28	ECO+ADIT	0.814	0.388	Homogénea
5	0.70	28	ECO	0.482	0.503	Homogénea
6	0.70	28	ECO+ADIT	2.278	0.166	Homogénea

Fuente: Elaboración propia.

7.4.6.4. Contrastación de hipótesis de la densidad

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la densidad **es igual** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la densidad **varía** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

En Tabla 122 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras de distribución normal y homogénea a la cual se aplica la prueba paramétrica T Student.

Tabla 122. Contrastación de Hipótesis de la Densidad Aplicando la Prueba Paramétrica T Student

Nº	Identificadores			Prueba T student			
	a/c	Día	Diseño	t	gl	sig. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
1	0.60	28	ECO	40.112	9	0.000	diferente
2	0.60	28	ECO+ADIT	33.554	9	0.000	diferente
3	0.65	28	ECO	39.531	9	0.000	diferente
4	0.65	28	ECO+ADIT	33.422	10	0.000	diferente
5	0.70	28	ECO	31.548	10	0.000	diferente
6	0.70	28	ECO+ADIT	24.079	9	0.000	diferente

Fuente: Elaboración propia.

Para todos los diseños de ECO la densidad varía respecto de PATRÓN.

Para todos los diseños de ECO+ADIT la densidad varía respecto de PATRÓN.

7.4.7. Prueba de hipótesis de vacíos permeables

7.4.7.1. Datos de vacíos permeables

En la Tabla 123 se presenta la identificación de cada una de las muestras de concreto para vacíos permeables de acuerdo a la relación a/c, día de ensayo y tipo de diseño, y como datos de muestra tenemos a la cantidad, media, desviación estándar y media de error estándar de vacíos permeables.

Tabla 123. Identificación y Datos de Muestras de Vacíos Permeables

Nº	Identificadores			Datos de muestras			
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Cant.	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
1	0.60	28	PATRÓN	5	16.256	0.434	0.194
2	0.60	28	ECO	6	25.880	0.408	0.166
3	0.60	28	ECO+ADIT	6	24.130	0.196	0.080
4	0.65	28	PATRÓN	6	15.492	0.801	0.327
5	0.65	28	ECO	5	26.178	0.262	0.117
6	0.65	28	ECO+ADIT	6	24.301	0.281	0.115
7	0.70	28	PATRÓN	6	16.395	0.888	0.363
8	0.70	28	ECO	6	26.522	0.808	0.330
9	0.70	28	ECO+ADIT	5	24.922	0.143	0.064

Fuente: Elaboración propia.

7.4.7.2. Prueba de normalidad de vacíos permeables

Se muestra la Tabla 124 donde se presenta el resultado de prueba de normalidad de las muestras de vacíos permeables, al tener que el nivel de significancia sig. > 0.05 en todas las muestras estas tienen distribución normal.

Tabla 124. Prueba de Normalidad de Muestras de Vacíos Permeables

Nº	Identificadores			Shapiro-Wilk			si Sig.>0.05 tiene Dis. normal
	Relación a/c	Día	Tipo de diseño	Estadístico	gl	Sig.	
1	0.60	28	PATRÓN	0.913	5	0.486	Normal
2	0.60	28	ECO	0.965	6	0.858	Normal
3	0.60	28	ECO+ADIT	0.861	6	0.192	Normal
4	0.65	28	PATRÓN	0.971	6	0.898	Normal
5	0.65	28	ECO	0.977	5	0.916	Normal
6	0.65	28	ECO+ADIT	0.900	6	0.372	Normal
7	0.70	28	PATRÓN	0.948	6	0.728	Normal
8	0.70	28	ECO	0.937	6	0.639	Normal
9	0.70	28	ECO+ADIT	0.902	5	0.424	Normal

Fuente: Elaboración propia.

7.4.7.3. Prueba de homogeneidad de vacíos permeables

Se muestra la Tabla 125 donde se presenta el resultado de prueba de Homogeneidad de vacíos permeables, las muestras que tienen el nivel de

significancia sig. > 0.05 son homogéneas y las que tienen el nivel de significancia sig. < 0.05 no son homogéneas.

Tabla 125. Prueba de Homogeneidad de Vacíos Permeables Respecto de PATRÓN

Nº	Identificadores			Levene de igualdad de varianzas		
	a/c	Día	Diseño	Est. de Levene	Sig.	si Sig.>0.05 es homogénea
1	0.60	28	ECO	0.014	0.908	Homogénea
2	0.60	28	ECO+ADIT	2.754	0.131	Homogénea
3	0.65	28	ECO	5.649	0.041	No Homogénea
4	0.65	28	ECO+ADIT	5.656	0.039	No Homogénea
5	0.70	28	ECO	0.262	0.620	Homogénea
6	0.70	28	ECO+ADIT	6.941	0.027	No Homogénea

Fuente: Elaboración propia.

7.4.7.4. Contrastación de hipótesis de vacíos permeables

Si Sig. > 0.05 Aceptamos la hipótesis nula H_0 (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que los vacíos permeables **son iguales** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

Si Sig. < 0.05 Rechazamos la hipótesis nula de manera significativa (Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que los vacíos permeables **varían** entre el concreto utilizando agregados naturales y el concreto utilizando agregados ecológicos).

En Tabla 126 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras de distribución normal y homogénea a la cual se aplica la prueba paramétrica T Student.

Tabla 126. Contrastación de Hipótesis de Vacíos Permeables Aplicando la Prueba Paramétrica T Student

Nº	Identificadores			Prueba T student			
	a/c	Día	Diseño	t	gl	sig. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
1	0.60	28	ECO	-37.890	9.000	0.000	diferente
2	0.60	28	ECO+ADIT	-40.152	9.000	0.000	diferente
5	0.70	28	ECO	-20.656	10.000	0.000	diferente

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 127 se presenta la contrastación de hipótesis de muestras no homogéneas por lo que se aplicó la prueba no paramétrica Mann-Whitney.

Tabla 127. Contrastación de Hipótesis de Vacíos Permeables Aplicando la Prueba No Paramétrica

Mann-Whitney

Nº	Identificadores			Prueba de Mann-Whitney				
	a/c	Día	Diseño	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asin. (bilateral)	si Sig<0.05 es diferente
3	0.65	28	ECO	0.000	21.000	-2.739	0.006	Diferente
4	0.65	28	ECO+ADIT	0.000	21.000	-2.882	0.004	Diferente
6	0.70	28	ECO+ADIT	0.000	21.000	-2.745	0.006	Diferente

Fuente: Elaboración propia.

Para todos los diseños de ECO los vacíos permeables varían respecto de PATRÓN.

Para todos los diseños de ECO+ADIT los vacíos permeables varían respecto de PATRÓN.

7.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO DE MATERIALES

Se compara el costo de concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado respecto de PATRÓN, como se muestra a continuación:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que el costo de materiales de PATRÓN es de 221.72 soles, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 226.51 y 220.47 soles lo que representan una variación de 2.16% y -0.56% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que el costo de materiales de PATRÓN es de 206.56 soles, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 208.32 y 201.50 soles lo que representan una variación de 0.86% y -2.45% respectivamente respecto al PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el costo de materiales de PATRÓN es de 193.38 soles, mientras que para el ECO y ECO+ADIT tiene el valor de 192.76 y 186.14 soles lo que representan una variación de -0.32% y -3.74% respectivamente respecto al PATRÓN.

En la Tabla 128 y Figura 55 se muestra el costo de materiales de los diferentes tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que el costo de materiales para ECO aumenta para concreto con $a/c=0.60$, 0.65 y disminuye para $a/c = 0.70$, y para ECO+ADIT el costo de materiales disminuye en menor medida respecto a PATRÓN.

Tabla 128. Costo de Materiales de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación

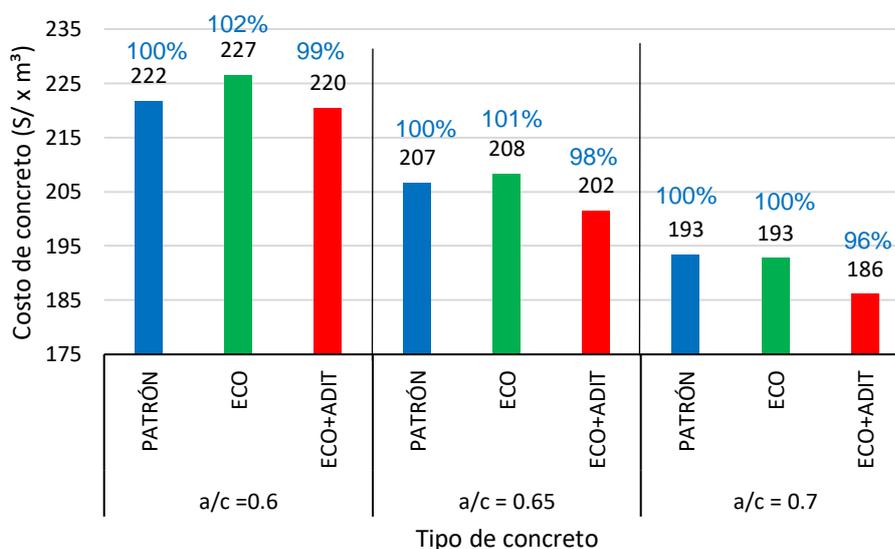
Respecto a PATRÓN

Tipos de concreto	Costo S./m ³	Variación respecto a PATRÓN %	Var. en %
PATRÓN / 0.6 / 333.33	221.72	100.00	-
ECO / 0.6 / 366.67	226.51	102.16	2.16
ECO+ADIT / 0.6 / 311.67	220.47	99.44	-0.56
PATRÓN / 0.65 / 305.38	206.56	100.00	-
ECO / 0.65 / 333.85	208.32	100.86	0.86
ECO+ADIT / 0.65 / 281.54	201.50	97.55	-2.45
PATRÓN / 0.7 / 281.43	193.38	100.00	-
ECO / 0.7 / 305.71	192.76	99.68	-0.32
ECO+ADIT / 0.7 / 257.14	186.14	96.26	-3.74

Fuente: Elaboración propia.

Figura 55. Costo de los Diferentes Tipos de Concreto y Porcentaje de Variación Respecto a

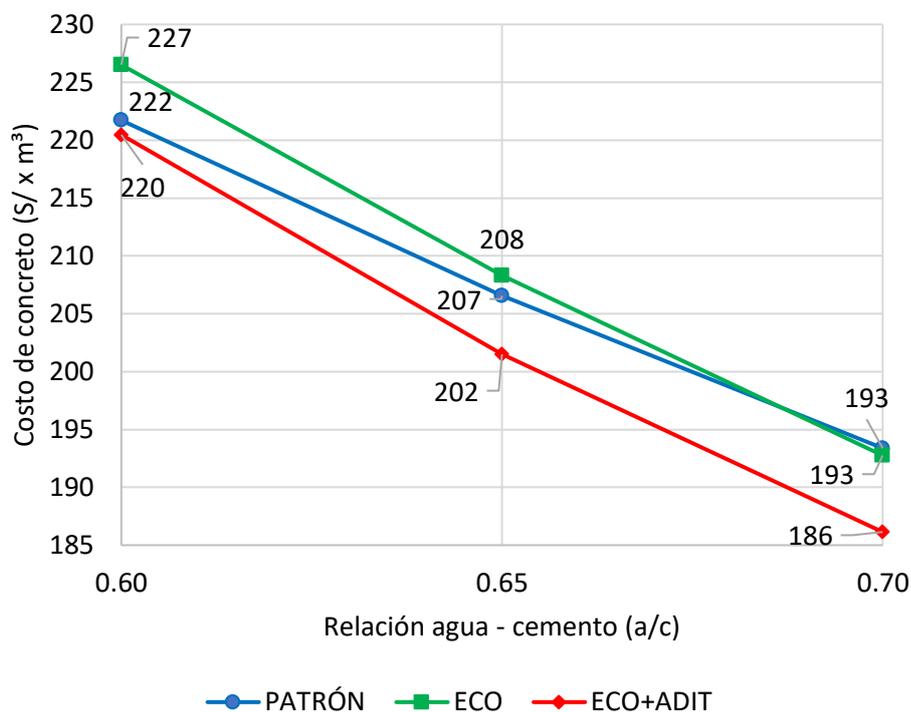
PATRÓN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 56 se muestra el costo de materiales de los diferentes tipos de concreto para cada a/c.

Figura 56. Costo de los Diferentes Tipos de Concreto Para Cada a/c



Fuente: Elaboración propia.

Dado que la resistencia a compresión es una característica principal del concreto, es considerada para el diseño y control de calidad. A continuación, se realiza un análisis comparativo de resistencia a compresión y el costo de cada tipo de concreto estudiado:

-El ECO, en los cuales se mantiene el a/c se aumenta la cantidad de cemento y agua para mantener el asentamiento de 3" a 4", que se ve afectada por los agregados ecológicos disminuye principalmente la resistencia a compresión para concreto del similar costo que el PATRÓN.

-El ECO+ADIT, en los cuales se adiciona aditivo superplastificante se mantiene el a/c por lo que se disminuye la cantidad de cemento y agua para mantener el asentamiento de 3" a 4" se obtiene concreto con similar resistencia a compresión para concreto del mismo costo que el PATRÓN.

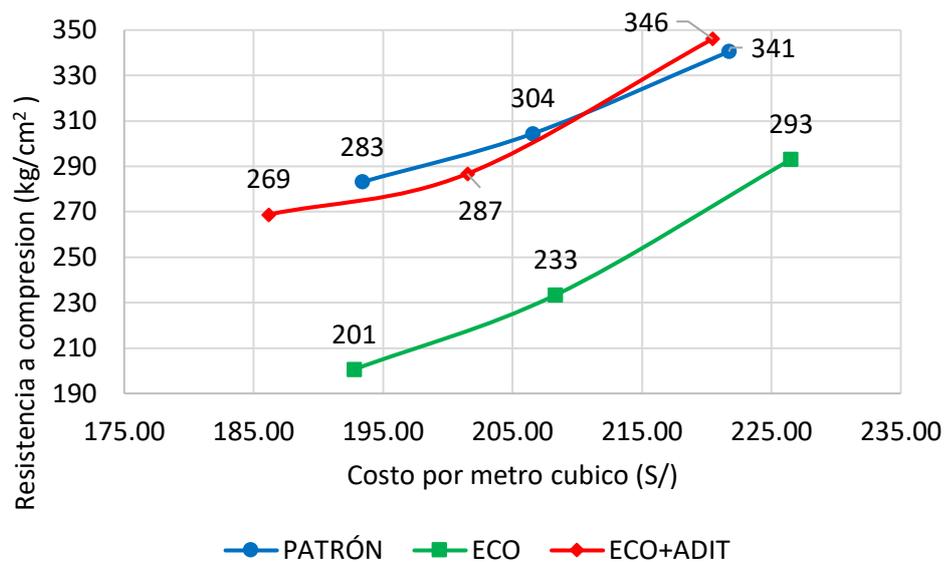
En la Tabla 129, Figura 57 y Figura 58 se presenta costo de materiales y resistencia a compresión de los diferentes tipos de concreto.

Tabla 129. Costo de Materiales y Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipos de concreto	Costo S/./m ³	Resistencia a	Resistencia a
		compresión 28 días kg/cm ²	compresión 56 días kg/cm ²
PATRÓN / 0.6 / 333.33	221.72	341	392
PATRÓN / 0.65 / 305.38	206.56	304	347
PATRÓN / 0.7 / 281.43	193.38	283	296
ECO / 0.6 / 366.67	226.51	293	324
ECO / 0.65 / 333.85	208.32	233	253
ECO / 0.7 / 305.71	192.76	201	238
ECO+ADIT / 0.6 / 311.67	220.47	346	355
ECO+ADIT / 0.65 / 281.54	201.50	287	292
ECO+ADIT / 0.7 / 257.14	186.14	269	277

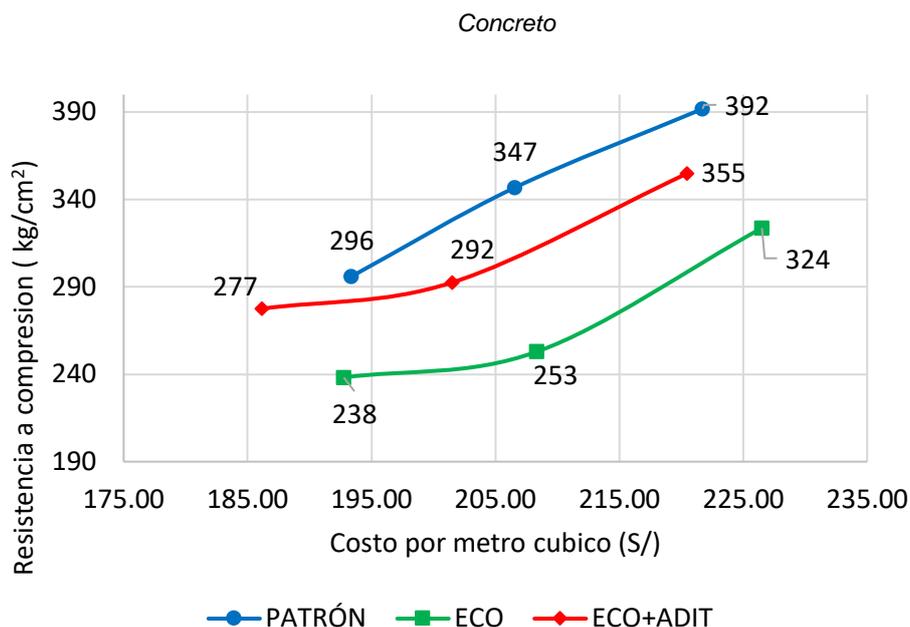
Fuente: Elaboración propia.

Figura 57. Costo de Materiales vs Resistencia a Compresión a 28 días de los Diferentes Tipos de Concreto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 58. Costo de Materiales vs Resistencia a Compresión a 56 días de los Diferentes Tipos de



Fuente: Elaboración propia.

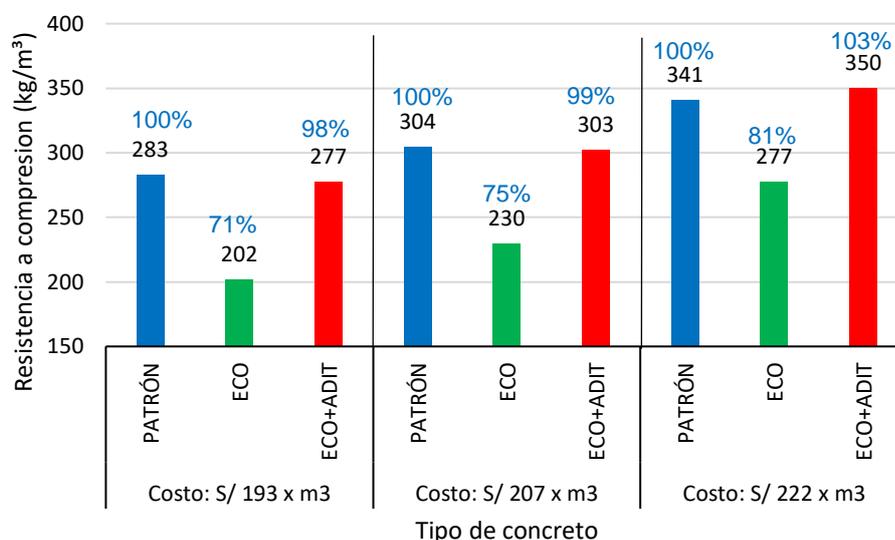
Para un mejor análisis se ha fijado el costo de materiales de PATRÓN que se muestra en la Tabla 129 y se ha estimado la resistencia a la compresión de acuerdo a las curvas de la Figura 57 para 28 días y la Figura 58 para 56 días, obteniendo los valores mostrados en la Tabla 130 y Figura 59 para 28 días, Tabla 131 y Figura 60 para 56 días respectivamente.

Tabla 130. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 28 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo

Tipos de concreto	Costo S/. / m ³	Resistencia a	Variación	Var. en %
		compresión 28 días kg/cm ²	respecto a PATRÓN %	
PATRÓN	221.72	341	100.00	-
ECO	221.72	277	81.44	-18.56
ECO+ADIT	221.72	350	102.79	2.79
PATRÓN	206.56	304	100.00	-
ECO	206.56	230	75.44	-24.56
ECO+ADIT	206.56	303	99.39	-0.61
PATRÓN	193.38	283	100.00	-
ECO	193.38	202	71.31	-28.69
ECO+ADIT	193.38	277	97.92	-2.08

Fuente: Elaboración propia.

Figura 59. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 28 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo



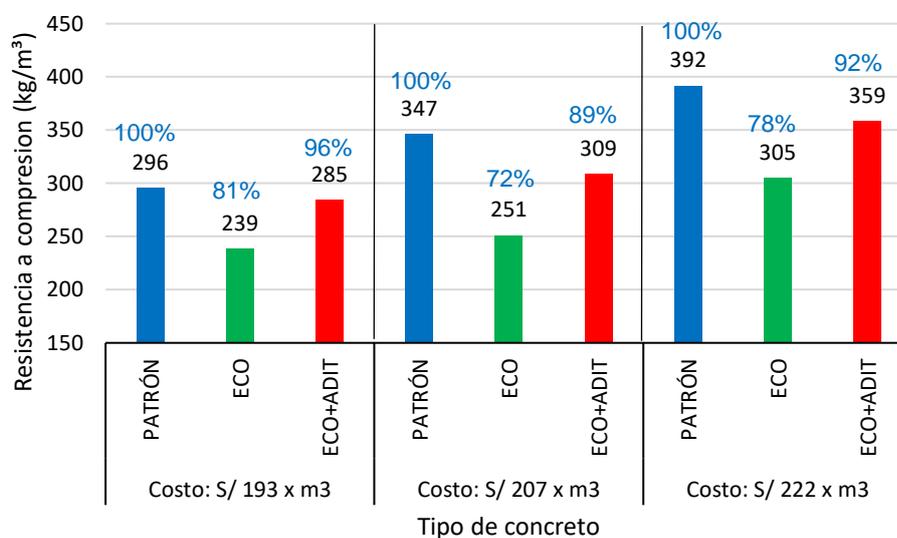
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 131. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 56 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo

Tipos de concreto	Costo	Resistencia a compresión 56 días	Variación respecto a PATRÓN	Var. en %
	S/ / m³	kg/cm²	%	
PATRÓN	221.72	392	100.00	-
ECO	221.72	305	77.84	-22.16
ECO+ADIT	221.72	359	91.61	-8.39
PATRÓN	206.56	347	100.00	-
ECO	206.56	251	72.44	-27.56
ECO+ADIT	206.56	309	89.15	-10.85
PATRÓN	193.38	296	100.00	-
ECO	193.38	239	80.66	-19.34
ECO+ADIT	193.38	285	96.14	-3.86

Fuente: Elaboración propia.

Figura 60. Estimación de Variación de la Resistencia a Compresión a 56 días Respecto al PATRÓN Para un Costo Fijo



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 132 se presenta el resumen de porcentaje de variaciones del costo del concreto utilizando agregados ecológicos respecto del patrón donde se evidencia una variación significativa.

Tabla 132. Resumen de Porcentaje de Variaciones del Costo de Concreto Utilizando Agregados Ecológicos Respecto del Patrón

Propiedad	Tipo de diseño	Variación respecto de PATRÓN en %				
		Mín.		Máx.		Promedio
		%	a/c	%	a/c	%
Costo	ECO	-0.3	0.70	2.2	0.60	0.9
	ECO+ADIT	-3.7	0.70	-0.6	0.60	-2.3

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 133 se presenta el resumen de porcentaje de variación de la resistencia a compresión del concreto utilizando agregados ecológicos para un costo fijo determinado por el patrón con relación a/c= 0.60, 0.65 y 0.70, donde se evidencia una variación significativa.

Tabla 133. Resumen de Porcentaje de Variaciones de la Resistencia a Compresión de Concreto
 Utilizando Agregados Ecológicos Para un Costo Fijo Determinado por el Patrón

Propiedad	Tipo de diseño	Variación respecto de PATRÓN en %				
		Mín.		Máx.		Promedio
		%	a/c	%	a/c	%
Resistencia a compresión respecto de costo fijo a 28 días	ECO	-28.7	0.70	-18.6	0.60	-23.9
	ECO+ADIT	-2.1	0.70	2.8	0.60	0.0
Resistencia a compresión respecto de costo fijo a 56 días	ECO	-27.6	0.65	-19.3	0.70	-23.0
	ECO+ADIT	-10.9	0.65	-3.9	0.70	-7.7

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Conclusiones generales

-En esta tesis se estudió las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregados ecológicos provenientes de concreto reciclado, los cuales influyeron significativamente en dichas propiedades.

-La principal causa de la variación de las propiedades de los agregados ecológicos respecto a los agregados naturales es por ser material heterogéneo con diversa cantidad de mortero adherido, lo que genera menor densidad, mayor absorción, mayor desgaste por abrasión e impacto, y al utilizar dichos agregados en la elaboración de concreto, generalmente varía de manera negativa las propiedades de este.

Conclusiones concreto fresco

-**El asentamiento** se mantuvo de acuerdo a lo planteado para una consistencia plástica entre 3" a 4" en todos los tipos de concreto estudiados, para ECO disminuyó el asentamiento respecto del PATRÓN pero tener un valor de 3" a 4" se aumentó el agua y cemento en promedio un 9.32% manteniendo la relación a/c, para ECO + ADIT aumentó el asentamiento respecto del PATRÓN pero tener un valor de 3" a 4" se disminuyó el agua y cemento en promedio un 7.65% manteniendo la relación a/c

-**La fluidez** varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio el 10.6% y para ECO+ADIT varió entre -10.8% hasta 7.3%.

-**El peso unitario** en estado fresco varió en los tipos de concreto respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio 14.7% y para ECO+ADIT disminuyó en promedio 12.3%.

-**El contenido de aire** en estado fresco varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO aumentó en promedio 430.4% y para ECO+ADIT aumentó en promedio 347.3%.

-**La exudación** varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio 16.1% y para ECO+ADIT no hubo exudación disminuyendo en un 100%.

-**El tiempo de fragua** varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO y ECO+ADIT el tiempo de fragua inicial aumentó en promedio 5.6% y 7.4% respectivamente y el tiempo de fragua final aumentó en promedio 6.2% y 13.5% respectivamente.

Conclusiones concreto endurecido

-**La resistencia a compresión** a 28 días varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio 22.1% y para ECO+ADIT varió entre -5.8% hasta 1.6%. Y la resistencia a compresión a 56 días varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio 21.3% y para ECO+ADIT disminuyó en promedio 10.4%.

-**La resistencia a la tracción por compresión diametral** varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio 18.1% y para ECO+ADIT disminuyó en promedio 9.7%.

-**La resistencia a la flexión** varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio 22.3% y para ECO+ADIT disminuyó en promedio 14.6%.

-**La absorción** del concreto endurecido varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO aumentó en promedio 102.0% y para ECO+ADIT aumentó en promedio 79.2%.

-**La densidad** del concreto endurecido varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO disminuyó en promedio 19.1% y para ECO+ADIT disminuyó en promedio 14.9%.

-**Los vacíos permeables** del concreto endurecido varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO aumentó en promedio 63.3% y para ECO+ADIT aumentó en promedio 52.4%.

Conclusiones costos

-**Los costos** de los materiales varió en los tipos de concreto estudiados respecto del PATRÓN, para ECO varió entre -0.32% hasta 2.16% y para ECO+ADIT disminuyó en promedio de 2.25%.

- Para un costo fijado en s/ 221.72, 206.56 y 193.38 determinados para PATRÓN con a/c=0.60, 0.65 y 0.70 respectivamente, se tiene que la resistencia a

compresión a 28 días, para ECO disminuyó en promedio 23.94% y para ECO+ADIT varió entre -2.08% hasta 2.79%. Pero con el pasar del tiempo cambian, se tiene que la resistencia a compresión a 56 días, para ECO disminuyó en promedio 23.02% y para ECO+ADIT disminuyó en promedio 7.70%, esta disminución de costos y mejora de las propiedades en ECO+ADIT facilita el uso de los agregados ecológicos beneficiando el cuidado del medio ambiente siendo este fin principal al utilizar agregados reciclados.

Finalmente concluimos que para ECO se tiene una disminución de la calidad del concreto endurecido reflejado en la variación generalmente negativa de las propiedades respecto al concreto patrón y en menor medida para ECO+ADIT, en ambos se tiene resistencias a compresión que superan los requerimientos para concreto estructural que de acuerdo a la NTP EC 060 es de 17MPa, también se observa que dichas resistencias a compresión se encuentran dentro del rango de resistencias típicas para relaciones agua-cemento de concreto de cemento portland, no obstante, tienen alto porcentaje de absorción y vacíos permeables que permiten el ingreso del agua, de sulfatos, iones cloruros y otros químicos perjudiciales para la durabilidad del concreto,

tomando en cuenta los valores de la propiedades del concreto endurecido **se puede usar** en elementos no estructurales, como pavimentos de tráfico ligero, veredas, cimientos concreto simple masivos, rellenos no portantes, muros y prefabricados que no estén expuestos a suelos agresivos y/o con agua expuesta a helada, para su uso como concreto estructural se debe evaluar los requerimientos específicos de cada proyecto y verificar principalmente si cumple en durabilidad, ya que en resistencia si cumple y hasta es similar al PATRÓN en el caso de ECO+ADIT.

RECOMENDACIONES

-En Lima hay empresas que producen agregados ecológicos de concreto reciclado para ser comercializados, se encargan de recolección, transporte, separación, triturado y clasificación por tamaño, con la presente tesis se da a conocer las propiedades de dichos agregados, diseño, procedimiento de mezclas, propiedades de concreto fresco y endurecido, **se recomienda** seguir temas de investigaciones de concreto utilizando agregados ecológicos de concreto reciclado estudiando la durabilidad del concreto, comportamiento de elementos prefabricados como adoquines, ladrillos, cercos entre otros.

-El tiempo de mezclado no debe ser excesivo, este ocasiona la disgregación de mortero en el agregado ecológico grueso aumentando la superficie específica de agregados lo que disminuye considerablemente la trabajabilidad del concreto.

-Se recomienda utilizar la información de la presente tesis para determinar una relación entre resistencia a compresión y relación agua-cemento en estimaciones preliminares de futuros diseños de mezcla con agregados ecológicos de concreto reciclado.

-Debido al alto valor de contenido de aire del concreto utilizando agregados ecológicos de concreto reciclado, se recomienda reajustar los diseños de mezcla, considerando un valor determinado en vaciados previos para la determinación de dicho valor.

-Para un determinado costo la resistencia disminuye considerablemente al utilizar agregados ecológicos de concreto reciclado aun así dichos valores están en rangos aceptables valorando ese sentido los beneficios ecológicos al utilizar el concreto reciclado por lo que se recomienda su uso.

-Se recomienda el uso de aditivo superplastificante de alto rango al usar agregados ecológicos de concreto reciclado, ya que su efecto dispersante permite una mejor hidratación de las partículas de cemento y se ve reflejado en la reducción de agua y cemento manteniendo la consistencia, y el mejor comportamiento mecánico, disminución del porcentaje de absorción y vacíos permeables del concreto endurecido, se ha logrado reducir el costo del concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificantes a precio similar del concreto PATRÓN para la misma resistencia. Investigar el concreto con

agregados reciclados utilizando diferentes porcentajes de aditivo superplastificante.

-Tomando en cuenta los valores de las propiedades del concreto endurecido **se recomienda** el uso en elementos no estructurales, como pavimentos de tráfico ligero, veredas, cimientos concreto simple masivos, rellenos no portantes, muros y prefabricados que no estén expuestos a suelos agresivos y/o con agua expuesta a heladas. Para su uso en concreto estructural se debe evaluar los requerimientos específicos de cada proyecto y verificar principalmente si cumple en durabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agreda Sotelo, G. A., & Moncada Moreno, G. L. (2015). *Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Arriaga Tafhurt, L. E. (2013). *Utilización de agregado grueso de concreto reciclado en elementos estructurales de concreto reforzado*. Tesis de Maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", Bogotá.
- Bautista Diaz, M., Victoria Rodríguez, E., Vargas Estrella, L., & Hernández Chamosa, C. Celeste. (2020). *Pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas: su clasificación, objetivos y características*. Mexico.
- Bedoya, C., & Dzul, L. (2015). *El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana*. Revista Ingeniería de construcción Vol 30 N°2, Chile.
- Cipriano Rojas, F. C. (2019). *Concreto elaborado con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) reciclados*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniería Civil, FIC-UNI, Lima.
- GT-2/5 "Hormigón Reciclado". (2006). *Monografía M-11. Utilización del árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural*. Asociación Científico Técnico del Hormigón Estructural (ACHE), Madrid.
- INACAL-NTP 334.001. (2019). *CEMENTOS. Terminología relacionada al cemento hidráulico* (Cuarta ed.). Lima.
- INACAL-NTP 334.009. (2020). *CEMENTOS. Cementos Pórtland. Requisitos* (Séptima ed.). Lima.
- INACAL-NTP 339.035. (2015). *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland* (Cuarta ed.). Lima.
- INACAL-NTP 339.114. (2022). *CONCRETO. Concreto premezclado. Requisitos*. Lima.
- INACAL-NTP 400.011. (2020). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos* (Tercera ed.). Lima.
- INACAL-NTP 400.037. (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos* (Cuarta ed.). Lima.
- INACAL-NTP 400.050. (2017). *MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades* (Segunda ed.). Lima.
- INACAL-NTP 400.053. (2019). *MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Reciclaje de concreto de demolición* (Primera ed.). Lima.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezcla de concreto* (Primera ed.). Illinois: Portland Cement Association.
- Manuel Moro, J. (2016). *Caracterización y durabilidad de hormigones reciclados. Corrosión de armaduras*. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires.
- Matallana Rodríguez, R. (2019). *El concreto fundamento y nuevas tecnologías* (Primera ed.). Medellín: Compañía Colombiana de Cerámica S.A.

- MVCS-DGAA. (2020). *Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-Dirección General de Asuntos Ambientales, Lima. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1399259/RM%20257-2020-VIVIENDA.pdf>
- Pérez Benedicto, J. Á. (2011). *Estudio experimental sobre propiedades mecánicas del hormigón reciclado con áridos procedentes de la no calidad en prefabricación*. Tesis doctoral, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Madrid.
- Ponce Portocarrero, C. P. (2014). *Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento portland tipo I*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil, FIC-UNI, Lima.
- Rivva López, E. (2019). *Diseño de mezclas* (Cuarta ed.). Lima: Impreta Williams E.I.R.L.
- Sanches de Juan, M. (2005). *Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de Hormigón Estructural*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (Quinta ed.). Bogotá: Bhandar editores LTDA.
- Sumari Ramos, J. C. (2016). *Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos de concreto y cemento portland tipo I*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniería Civil, FIC-UNI, Lima.

ANEXOS

ANEXO A. AGREGADOS.....	196
ANEXO B. DISEÑO DE MEZCLA	217
ANEXO C. CONCRETO FRESCO.....	263
ANEXO D. CONCRETO ENDURECIDO.....	287
ANEXO E. MATRIZ DE CONSISTENCIA	343
ANEXO F. FICHAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	344
ANEXO G. PANEL FOTOGRÁFICO	351

LISTA DE TABLAS DE ANEXOS

Tabla A 1 . <i>Peso Unitario Suelto del Agregado Fino Natural</i>	196
Tabla A 2. <i>Peso Unitario Compactado del Agregado Fino Natural</i>	196
Tabla A 3. <i>Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Natural</i>	196
Tabla A 4. <i>Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Natural</i>	197
Tabla A 5. <i>Peso Unitario Suelto del Agregado Fino Ecológico</i>	197
Tabla A 6. <i>Peso Unitario Compactado del Agregado Fino Ecológico</i>	197
Tabla A 7. <i>Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Ecológico</i>	198
Tabla A 8. <i>Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Ecológico</i>	198
Tabla A 9. <i>Peso Unitario de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	198
Tabla A 10. <i>Peso Específico y Absorción de Agregado Fino Natural</i>	199
Tabla A 11. <i>Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso Natural</i>	199
Tabla A 12. <i>Peso Específico y Absorción de Agregado Fino Ecológico</i>	200
Tabla A 13. <i>Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso Ecológico</i>	200
Tabla A 14. <i>Peso específico y Absorción de agregados Naturales y Ecológicos</i>	201
Tabla A 15. <i>Contenido de Humedad de Agregado Fino Natural</i>	201
Tabla A 16. <i>Contenido de Humedad de Agregado Grueso Natural</i>	201
Tabla A 17. <i>Contenido de Humedad de Agregado Fino Ecológico</i>	202
Tabla A 18. <i>Contenido de Humedad de Agregado Grueso Ecológico</i>	202
Tabla A 19. <i>Contenido de Humedad de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	202
Tabla A 20. <i>Granulometría de Agregado Fino Natural</i>	203
Tabla A 21. <i>Granulometría Agregado Fino Natural vs Huso NTP 400.037</i>	203
Tabla A 22. <i>Granulometría de Agregado Grueso Natural</i>	204
Tabla A 23. <i>Granulometría Agregado Grueso Natural vs Huso NTP 400.037</i> ..	204
Tabla A 24. <i>Granulometría de Agregado Fino Ecológico</i>	205
Tabla A 25. <i>Granulometría Agregado Fino Ecológico vs Huso NTP 400.037</i> ...	205
Tabla A 26. <i>Granulometría de Agregado Grueso Ecológico</i>	206
Tabla A 27. <i>Granulometría Agregado Grueso Ecológico vs Huso 7 NTP 400.037</i>	206
Tabla A 28. <i>Módulo de Finura de Agregado Fino Natural</i>	207
Tabla A 29. <i>Módulo de Finura de Agregado Grueso Natural</i>	207
Tabla A 30. <i>Módulo de Finura de Agregado Fino Ecológico</i>	208
Tabla A 31. <i>Módulo de Finura de Agregado Grueso Ecológico</i>	208
Tabla A 32. <i>Módulo de Finura de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	208
Tabla A 33. <i>Superficie Específica Agregado Fino Natural</i>	209
Tabla A 34. <i>Superficie Específica Agregado Grueso Natural</i>	209
Tabla A 35. <i>Superficie Específica Agregado Fino Ecológico</i>	210
Tabla A 36. <i>Superficie Específica Agregado Grueso Ecológico</i>	210
Tabla A 37. <i>Superficie Específica de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	210
Tabla A 38. <i>Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 de Agregado Fino Natural</i>	211
Tabla A 39. <i>Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 del Agregado Fino Ecológico</i>	211
Tabla A 40. <i>Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	211
Tabla A 41. <i>Especificaciones de Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregado Grueso Natural</i>	212
Tabla A 42. <i>Determinación de Muestras para Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregado Grueso Natural</i>	212
Tabla A 43. <i>Desgaste por Abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles de Agregado Grueso Natural</i>	212

Tabla A 44. Especificaciones de Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregado Grueso Ecológico.....	213
Tabla A 45. <i>Determinación de Muestras para Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregado Grueso Ecológico</i>	213
Tabla A 46. <i>Desgaste por Abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles de Agregado Grueso Ecológico</i>	213
Tabla A 47. <i>Desgaste por Abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	213
Tabla A 48. <i>Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales</i>	214
Tabla A 49. <i>Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Ecológicos</i>	215
Tabla A 50. <i>Máximo Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales y Ecológicos</i>	216
Tabla A 51. <i>Propiedades de Materiales para Diseño de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN</i>	217
Tabla A 52. <i>Consistencia de Concreto y su Asentamiento</i>	218
Tabla A 53. <i>Volumen Unitario de Agua (l/m³)</i>	218
Tabla A 54. <i>Contenido de Aire Atrapado</i>	219
Tabla A 55. <i>Diseño de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c= 0.60 y Agua = 193 L</i>	222
Tabla A 56. <i>Diseño de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c = 0.60 y Agua = 200 L</i>	222
Tabla A 57. <i>Variación de Proporción de Agregados Naturales PATRÓN, a/c = 0.60</i>	223
Tabla A 58. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.60, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 49.92/50.08</i>	224
Tabla A 59. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.60, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.92/47.08</i>	224
Tabla A 60. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.60, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.92/44.08</i>	224
Tabla A 61. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.60, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 58.92/41.08</i>	225
Tabla A 62. <i>Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, a/c=0.60, % Agregado Fino = 49.92, % Agregado Grueso = 50.08</i>	225
Tabla A 63. <i>Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, a/c=0.60, % Agregado Fino = 52.92, % Agregado Grueso = 47.08</i>	225
Tabla A 64. <i>Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, a/c=0.60, % Agregado Fino = 55.92, % Agregado Grueso = 44.08</i>	226
Tabla A 65. <i>Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, a/c=0.60, % Agregado Fino = 58.92, % Agregado Grueso = 41.08</i>	226
Tabla A 66. <i>Propiedad de Materiales Para Diseño de PATRÓN, a/c = 0.60</i>	228
Tabla A 67. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.60, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.20/44.80</i>	229
Tabla A 68. <i>Variación de Proporción de Agregados Naturales de PATRÓN, a/c = 0.65</i>	229
Tabla A 69. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.65, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 46.92/53.08</i>	230
Tabla A 70. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.65, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 49.92/50.08</i>	230
Tabla A 71. <i>Diseño de PATRÓN, a/c= 0.65, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.92/47.08</i>	230

Tabla A 72. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.92/44.08.....	231
Tabla A 73. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 46.92, % Agregado Grueso = 53.08.....	231
Tabla A 74. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 49.92, % Agregado Grueso = 50.08.....	232
Tabla A 75. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 52.92, % Agregado Grueso = 47.08.....	232
Tabla A 76. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 55.92, % Agregado Grueso = 44.08.....	232
Tabla A 77. Propiedad de Materiales Para Diseño de PATRÓN, $a/c=0.65$	234
Tabla A 78. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 50.99/49.01.....	235
Tabla A 79. Variación de Proporción de Agregados Naturales en el PATRÓN, $a/c=0.70$	235
Tabla A 80. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 46.92/53.08.....	236
Tabla A 81. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 49.92/50.08.....	236
Tabla A 82. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.92/47.08.....	236
Tabla A 83. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.92/44.08.....	237
Tabla A 84. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 46.92, % Agregado Grueso = 53.08.....	237
Tabla A 85. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 49.92, % Agregado Grueso = 50.08.....	237
Tabla A 86. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 52.92, % Agregado Grueso = 47.08.....	238
Tabla A 87. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 55.92, % Agregado Grueso = 44.08.....	238
Tabla A 88. Propiedad de Materiales para Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.70$	240
Tabla A 89. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.02/46.98.....	240
Tabla A 90. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO.....	241
Tabla A 91. Variación de Proporción de Agregados Ecológicos ECO, $a/c = 0.60$	241
Tabla A 92. Diseño de ECO, $a/c= 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 46.42/53.58.....	242
Tabla A 93. Diseño de ECO, $a/c= 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 49.42/50.58.....	242
Tabla A 94. Diseño de ECO, $a/c= 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.42/47.58.....	242
Tabla A 95. Diseño de ECO, $a/c= 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 55.42/44.58.....	243
Tabla A 96. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, $a/c=0.60$, % Agregado Fino Ecológico = 46.42, % Agregado Grueso Ecológico = 53.58.....	243
Tabla A 97. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, $a/c=0.60$, % Agregado Fino Ecológico = 49.42, % Agregado Grueso Ecológico = 50.58.....	244
Tabla A 98. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, $a/c=0.60$, % Agregado Fino Ecológico = 52.42, % Agregado Grueso Ecológico = 47.58.....	244

Tabla A 99. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.60, % Agregado Fino Ecológico = 55.42, % Agregado Grueso Ecológico = 44.58.....	244
Tabla A 100. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c = 0.60.....	246
Tabla A 101. Diseño de Concreto ECO, a/c= 0.60, Agua = 220L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.41/47.59.....	247
Tabla A 102. Variación de Proporción de Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65	247
Tabla A 103. Diseño de ECO, a/c= 0.65, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 46.42/53.58.....	248
Tabla A 104. Diseño de ECO, a/c= 0.65, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 49.42/50.58.....	248
Tabla A 105. Diseño de ECO, a/c= 0.65, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.42/47.58.....	248
Tabla A 106. Diseño de ECO, a/c= 0.65, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 55.42/44.58.....	249
Tabla A 107. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.65, % Agregado Fino Ecológico = 46.42, % Agregado Grueso Ecológico = 53.58.....	249
Tabla A 108. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.65, % Agregado Fino Ecológico = 49.42, % Agregado Grueso Ecológico = 50.58.....	249
Tabla A 109. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.65, % Agregado Fino Ecológico = 52.42, % Agregado Grueso Ecológico = 47.58.....	250
Tabla A 110. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.65, % Agregado Fino Ecológico = 55.42, % Agregado Grueso Ecológico = 44.58.....	250
Tabla A 111. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65.....	252
Tabla A 112. Diseño de ECO, a/c= 0.65, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.08/47.92	253
Tabla A 113. Variación de Proporción de Agregados Ecológicos para ECO, a/c=0.70.....	253
Tabla A 114. Diseño de ECO, a/c= 0.70, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 46.42/53.58.....	254
Tabla A 115. Diseño de ECO, a/c= 0.70, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 49.42/50.58.....	254
Tabla A 116. Diseño de ECO, a/c= 0.70, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.42/47.58.....	254
Tabla A 117. Diseño de ECO, a/c= 0.70, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 55.42/44.58.....	255
Tabla A 118. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino Ecológico = 46.42, % Agregado Grueso Ecológico = 53.58.....	255
Tabla A 119. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino Ecológico = 49.42, % Agregado Grueso Ecológico = 50.58.....	255
Tabla A 120. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino Ecológico = 52.42, % Agregado Grueso Ecológico = 47.58.....	256
Tabla A 121. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino Ecológico = 55.42, % Agregado Grueso Ecológico = 44.58.....	256
Tabla A 122. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c = 0.70.....	258
Tabla A 123. Diseño de ECO, a/c= 0.70, Agua = 214 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.35/47.65.....	258
Tabla A 124. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.60, Agua = 187 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.41/47.59	259

Tabla A 125. Diseño de ECO+ADIT, $a/c= 0.65$, Agua = 183 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.08/47.92	259
Tabla A 126. Diseño de ECO+ADIT, $a/c= 0.70$, Agua = 180 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.35/47.65	260
Tabla A 127. Peso de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco.....	261
Tabla A 128. Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco	261
Tabla A 129. Peso de Materiales Para Cada Diseño húmedo	262
Tabla A 130. Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño húmedo.....	262
Tabla A 131. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto.....	263
Tabla A 132. Fluidez de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN.	263
Tabla A 133. Fluidez de Concreto con Agregados Ecológicos ECO.....	263
Tabla A 134. Fluidez de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT.	264
Tabla A 135. Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto.....	264
Tabla A 136. Peso Unitario de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN.	264
Tabla A 137. Peso Unitario de Concreto con Agregados Ecológicos ECO.....	265
Tabla A 138. Peso Unitario de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT	265
Tabla A 139. Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto.	266
Tabla A 140. Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³	266
Tabla A 141. Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³	267
Tabla A 142. Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento=281.43 kg/m ³	267
Tabla A 143. Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN.	268
Tabla A 144. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$, Cemento=366.67 kg/m ³	268
Tabla A 145. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m ³	269
Tabla A 146. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento=305.71 kg/m ³	269
Tabla A 147. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO	270
Tabla A 148. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=311.67 kg/m ³	270
Tabla A 149. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=281.54 kg/m ³	271
Tabla A 150. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=257.14 kg/m ³	271
Tabla A 151. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más aditivo ECO+ADIT	272
Tabla A 152. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto	272
Tabla A 153. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³	273
Tabla A 154. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³	274
Tabla A 155. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³	274
Tabla A 156. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³	275

Tabla A 157. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento=281.43 kg/m ³	275
Tabla A 158. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento=281.43 kg/m ³	276
Tabla A 159. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$, Cemento=366.67 kg/m ³	277
Tabla A 160. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$, Cemento=366.67 kg/m ³	278
Tabla A 161. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m ³	278
Tabla A 162. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m ³	279
Tabla A 163. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento=305.71 kg/m ³	279
Tabla A 164. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento=305.71 kg/m ³	280
Tabla A 165. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=311.67 kg/m ³	280
Tabla A 166. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=311.67 kg/m ³	281
Tabla A 167. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=281.54 kg/m ³	281
Tabla A 168. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=281.54 kg/m ³	282
Tabla A 169. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=257.14 kg/m ³	282
Tabla A 170. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=257.14 kg/m ³	283
Tabla A 171. Tiempo de Fragua Inicial y Final de los Diferentes Tipos de Concreto.....	283
Tabla A 172. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³ , 7 días.....	287
Tabla A 173. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³ , 14 días.....	287
Tabla A 174. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³ , 28 días.....	288
Tabla A 175. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³ , 56 días.....	288
Tabla A 176. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m ³	289
Tabla A 177. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³ , 7 días.....	289
Tabla A 178. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³ , 14 días.....	290
Tabla A 179. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³ , 28 días.....	290
Tabla A 180. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³ , 56 días.....	291
Tabla A 181. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m ³	291

Tabla A 182. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento= 281.43 kg/m^3 , 7 días.....	292
Tabla A 183. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento= 281.43 kg/m^3 , 14 días.....	292
Tabla A 184. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento= 281.43 kg/m^3 , 28 días.....	293
Tabla A 185. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento= 281.43 kg/m^3 , 56 días.....	293
Tabla A 186. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento= 281.43 kg/m^3	294
Tabla A 187. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$, Cemento= 366.67 kg/m^3 , 7 días.	295
Tabla A 188. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$, Cemento= 366.67 kg/m^3 , 14 días.	295
Tabla A 189. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$, Cemento= 366.67 kg/m^3 , 28 días.	296
Tabla A 190. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$, Cemento= 366.67 kg/m^3 , 56 días.	296
Tabla A 191. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO, $a/c=0.60$, Cemento= 366.67 kg/m^3 ..	297
Tabla A 192. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento= 333.85 kg/m^3 , 7 días.	297
Tabla A 193. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento= 333.85 kg/m^3 , 14 días.	298
Tabla A 194. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento= 333.85 kg/m^3 , 28 días.	298
Tabla A 195. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento= 333.85 kg/m^3 , 56 días.	299
Tabla A 196. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO, $a/c=0.65$, Cemento= 333.85 kg/m^3 ..	299
Tabla A 197. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento= 305.71 kg/m^3 , 7 días.	300
Tabla A 198. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento= 305.71 kg/m^3 , 14 días.	300
Tabla A 199. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento= 305.71 kg/m^3 , 28 días.	301
Tabla A 200. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento= 305.71 kg/m^3 , 56 días.	301
Tabla A 201. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO, $a/c=0.70$, Cemento= 305.71 kg/m^3 ..	302
Tabla A 202. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento= 311.67 kg/m^3 , 7 días.....	302
Tabla A 203. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento= 311.67 kg/m^3 , 14 días.....	303
Tabla A 204. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento= 311.67 kg/m^3 , 28 días.....	303
Tabla A 205. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento= 311.67 kg/m^3 , 56 días.....	304
Tabla A 206. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento= 311.67 kg/m^3	304

Tabla A 207. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m ³ , 7 días.....	305
Tabla A 208. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m ³ , 14 días.....	305
Tabla A 209. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m ³ , 28 días.....	306
Tabla A 210. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m ³ , 56 días.....	306
Tabla A 211. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m ³	307
Tabla A 212. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³ , 7 días.....	307
Tabla A 213. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³ , 14 días.....	308
Tabla A 214. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³ , 28 días.....	308
Tabla A 215. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³ , 56 días.....	309
Tabla A 216. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³	309
Tabla A 217. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto.	310
Tabla A 218. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m ³ , 28 días.....	311
Tabla A 219. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.65, Cemento=305.38 kg/m ³ , 28 días.....	311
Tabla A 220. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m ³ , 28 días.....	312
Tabla A 221. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de PATRÓN	312
Tabla A 222. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60, Cemento=366.67 kg/m ³ , 28 días	313
Tabla A 223. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65, Cemento=333.85 kg/m ³ , 28 días	313
Tabla A 224. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.70, Cemento=305.71 kg/m ³ , 28 días	313
Tabla A 225. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de ECO.....	314
Tabla A 226. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m ³ , 28 días.....	314
Tabla A 227. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m ³ , 28 días.....	315
Tabla A 228. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³ , 28 días.....	315
Tabla A 229. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de ECO+ADIT	316
Tabla A 230. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos Corregido de Resistencia a la Tracción de ECO+ADIT a/c=0.60.....	316
Tabla A 231. Resistencia a la Tracción de los Diferentes Tipos de Concreto ..	317
Tabla A 232. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m ³ , 28 días.....	318

Tabla A 233. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.65, Cemento=305.38 kg/m ³ , 28 días.....	318
Tabla A 234. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m ³ , 28 días.....	319
Tabla A 235. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión PATRÓN.....	319
Tabla A 236. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60, Cemento=366.67 kg/m ³ , 28 días.....	320
Tabla A 237. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65, Cemento=333.85 kg/m ³ , 28 días.....	320
Tabla A 238. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.70, Cemento=305.71 kg/m ³ , 28 días.....	320
Tabla A 239. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión ECO.....	321
Tabla A 240. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m ³ , 28 días.....	321
Tabla A 241. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m ³ , 28 días.....	322
Tabla A 242. Resistencia a Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³ , 28 días.....	322
Tabla A 243. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión ECO+ADIT.....	323
Tabla A 244. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto.....	323
Tabla A 245. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m ³	324
Tabla A 246. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de PATRÓN, a/c=0.60.....	325
Tabla A 247. Detección de Valores Atípicos Corregido de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de PATRÓN, a/c=0.60.....	325
Tabla A 248. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.65, Cemento=305.38 kg/m ³	326
Tabla A 249. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de PATRÓN, a/c=0.65.....	327
Tabla A 250. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m ³	328
Tabla A 251. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de PATRÓN, a/c=0.70.....	329
Tabla A 252. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60, Cemento=366.67 kg/m ³	330
Tabla A 253. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO, a/c=0.60.....	331
Tabla A 254. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65, Cemento=333.85 kg/m ³	332
Tabla A 255. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO, a/c=0.65.....	333
Tabla A 256. Detección de Valores Atípicos Corregido de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO, a/c=0.65.....	333
Tabla A 257. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.70, Cemento=305.71 kg/m ³	334
Tabla A 258. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO, a/c=0.70.....	335

Tabla A 259. <i>Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³</i>	336
Tabla A 260. <i>Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO+ADIT, a/c=0.60</i>	337
Tabla A 261. <i>Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³</i>	338
Tabla A 262. <i>Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO+ADIT, a/c=0.65</i>	339
Tabla A 263. <i>Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³</i>	340
Tabla A 264. <i>Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO+ADIT, a/c=0.70</i>	341
Tabla A 265. <i>Detección de Valores Atípicos Corregido de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de ECO+ADIT, a/c=0.70</i>	341
Tabla A 266. <i>Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto</i>	342

LISTA DE FIGURAS DE ANEXOS

Figura A 1. Granulometría Agregado Fino Natural vs Huso NTP 400.037.....	203
Figura A 2. Granulometría Agregado Grueso Natural vs Huso 5 NTP 400.037	204
Figura A 3. Granulometría Agregado Fino Ecológico vs Huso NTP 400.037 ...	205
Figura A 4. Granulometría Agregado Grueso Ecológico vs Huso 7 NTP 400.037	206
Figura A 5. Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales vs Porcentaje de Agregado Fino.....	214
Figura A 6. Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Ecológicos vs Porcentaje de Agregado Fino.....	215
Figura A 7. Asentamiento vs Agua, con 200 L se Obtiene el Asentamiento Solicitado para $a/c=0.60$	223
Figura A 8. Resistencia a Compresión vs Variación de Porcentaje de Agregado Fino para PATRÓN, $a/c= 0.60$	227
Figura A 9. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN, $a/c=0.60$	228
Figura A 10. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino para PATRÓN, $a/c= 0.65$	233
Figura A 11. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN, $a/c=0.65$	234
Figura A 12. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino para PATRÓN, $a/c= 0.70$	239
Figura A 13. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN, $a/c=0.70$	239
Figura A 14. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino Ecológico para ECO, $a/c= 0.60$	245
Figura A 15. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión ECO, $a/c=0.60$	246
Figura A 16. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino Ecológico para ECO, $a/c= 0.65$	251
Figura A 17. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de ECO, $a/c=0.65$	252
Figura A 18. Resistencia a la Compresión vs Variación de % Agregado Fino Ecológico para ECO, $a/c= 0.70$	257
Figura A 19. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión para ECO, $a/c=0.70$	257
Figura A 20. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m^3	273
Figura A 21. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m^3	275
Figura A 22. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento=281.43 kg/m^3	276
Figura A 23. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T ECO, $a/c=0.60$, Cemento=366.67 kg/m^3	277
Figura A 24. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T ECO, $a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m^3	278
Figura A 25. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T ECO, $a/c=0.70$, Cemento=305.71 kg/m^3	279
Figura A 26. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=311.67 kg/m^3	280
Figura A 27. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T ECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=281.54 kg/m^3	281

Figura A 28. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m ³	282
Figura A 29. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para a/c=0.60.....	284
Figura A 30. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para a/c=0.65.....	285
Figura A 31. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para a/c=0.70.....	286
Figura A 32. Acopio y Separación en Planta de CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS del Concreto de Desmonte de Construcción.....	351
Figura A 33. Salida Agregados Ecológicos del Equipo de Trituración.....	351
Figura A 34. Almacenamiento de Agregados Ecológicos en Planta.....	352
Figura A 35. Agregado Grueso Natural (Izquierda) y Agregado Grueso Ecológico (Derecha).....	352
Figura A 36. Agregado Fino Natural (Izquierda) y Agregado Fino Ecológico (Derecha).....	353
Figura A 37. Procedimiento de Obtención de Peso Unitario de Agregados.....	353
Figura A 38. Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Fino ...	354
Figura A 39. Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso.....	354
Figura A 40. Granulometría Agregado Fino y Grueso.....	355
Figura A 41. Ensayo de Abrasión al Agregado Grueso.....	355
Figura A 42. Material que Pasa la Malla N.º 200.....	356
Figura A 43. Peso de los Materiales del Concreto.....	356
Figura A 44. Dosificación del Aditivo Superplastificante para el Concreto.....	357
Figura A 45. Peso Unitario de Concreto Fresco.....	357
Figura A 46. Consistencia, Medición de Slump ce Concreto Fresco.....	358
Figura A 47. Tiempo de Fraguado.....	358
Figura A 48. Ensayo de Contenido de Aire en el Concreto Fresco.....	359
Figura A 49. Ensayo de Exudación.....	359
Figura A 50. Ensayo de Fluidez.....	360
Figura A 51 Toma de Temperatura del Concreto y del Medio Ambiente.....	360
Figura A 52. Vaciado de Probetas y Vigas.....	361
Figura A 53. Desencofrado de Vigas para su Posterior Curado.....	361
Figura A 54. Probetas y Vigas para Ensayos de Concreto Endurecido de un Diseño.....	362
Figura A 55. Colocación de Cal a la Poza de Curado.....	362
Figura A 56. Ensayo a Compresión de Concreto Endurecido.....	363
Figura A 57. Ensayo a Tracción por Compresión Diametral.....	363
Figura A 58 Ensayo a Flexión de Concreto Endurecido.....	364
Figura A 59. Vigas Ensayadas a Flexión Mostrándose la Posición de Falla	364
Figura A 60. Muestras de Concreto para Ensayo de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables.....	365
Figura A 61 Saturación de Muestras por Ebullición.....	365
Figura A 62. Muestras de Concreto con Agregados Naturales (Arriba) y con Agregados Ecológicos (Abajo) donde se aprecia la Mayor Cantidad de Poros en el Concreto con Agregados Ecológicos.....	366

ANEXO A. AGREGADOS**ANEXO A 1. PESO UNITARIO DE AGREGADOS****Tabla A 1 . Peso Unitario Suelto del Agregado Fino Natural**

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	6.41	6.39	6.4
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	4.84	4.82	4.83
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto (A-B)/V	kg/m ³	1709.233	1702.170	1705.701
Promedio de peso unitario suelto	kg/m³	1705.70		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 2. Peso Unitario Compactado del Agregado Fino Natural

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	6.77	6.74	6.75
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	5.2	5.17	5.18
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario compactado (A-B)/V	kg/m ³	1836.366	1825.771	1829.303
Promedio de peso unitario compactado	kg/m³	1830.48		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 3. Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Natural

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	17.6	17.58	17.58
Peso del recipiente (B)	kg	4.34	4.34	4.34
Peso de la muestra (A-B)	kg	13.26	13.24	13.24
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/3$ (V)	m ³	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario suelto (A-B)/V	kg/m ³	1404.820	1402.701	1402.701
Promedio de peso unitario suelto	kg/m³	1403.41		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 4. Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Natural

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	18.79	18.7	18.75
Peso del recipiente (B)	kg	4.34	4.34	4.34
Peso de la muestra (A-B)	kg	14.45	14.36	14.41
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/3$ (V)	m ³	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario compactado (A-B)/V	kg/m ³	1530.893	1521.358	1526.656
Promedio de peso unitario compactado	kg/m³	1526.30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 5. Peso Unitario Suelto del Agregado Fino Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	5.17	5.25	5.21
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	3.6	3.68	3.64
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto (A-B)/V	kg/m ³	1271.330	1299.582	1285.456
Promedio de peso Unitario Suelto	kg/m³	1285.46		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 6. Peso Unitario Compactado del Agregado Fino Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	5.64	5.59	5.61
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	4.07	4.02	4.04
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario compactado (A-B)/V	kg/m ³	1437.309	1419.652	1426.715
Promedio de peso Unitario Suelto	kg/m³	1427.89		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 7. Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	16.16	16.07	16.11
Peso del recipiente (B)	kg	4.34	4.34	4.34
Peso de la muestra (A-B)	kg	11.82	11.73	11.77
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/3$ (V)	m ³	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario suelto (A-B)/V	kg/m ³	1252.260	1242.725	1246.963
Promedio de peso Unitario Suelto	kg/m³	1247.32		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 8. Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	17.05	17.33	17.19
Peso del recipiente (B)	kg	4.34	4.34	4.34
Peso de la muestra (A-B)	kg	12.71	12.99	12.85
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/3$ (V)	m ³	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario compactado (A-B)/V	kg/m ³	1346.550	1376.215	1361.383
Promedio de peso Unitario Suelto	kg/m³	1361.38		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 9. Peso Unitario de Agregados Naturales y Ecológicos

Descripción	Und	Agregados Naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Peso unitario suelto	kg/m ³	1706	1403	1285	1247
Peso unitario compactado	kg/m ³	1830	1526	1428	1361

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 2. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Tabla A 10. *Peso Específico y Absorción de Agregado Fino Natural*

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la arena superficialmente seca	gr	500.00	500.00	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso de balón + peso del agua	gr	1016.80	1016.60	1016.90
Peso del balón	gr	204.90	204.90	204.90
Peso del agua (W)	gr	311.90	311.70	312.00
Peso de la arena seca al horno (A)	gr	490.00	489.80	490.30
Volumen del balón (V)	cm ³	500.00	500.00	500.00
Peso específico de masa A/(V-W)	gr/cm ³	2.6050	2.6012	2.6080
Peso específico de masa superficialmente seco (500/(V-W))	gr/cm ³	2.6582	2.6553	2.6596
Peso específico aparente A/(V-W)-(500-A)	gr/cm ³	2.7513	2.7501	2.7499
Porcentaje de absorción (500-A)X100/A	%	2.04	2.08	1.98
Prom. del peso específico de masa	gr/cm³		2.6047	
Prom. del peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³		2.6577	
Prom. del peso aparente	gr/cm³		2.7504	
Prom. del porcentaje de absorción	%		2.0339	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 11. *Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso Natural*

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 3	Muestra N.º 4
Peso de la muestra secada al horno (A)	gr	3968.20	3981.00	3963.60
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	gr	4001.40	4014.20	4000.70
Peso de la muestra satura en agua + peso de la canastilla	gr	3544.10	3543.30	3538.70
Peso de la canastilla 7cm	gr	1008.90	1008.90	1008.90
Peso de la muestra saturada en agua (C)	gr	2535.20	2534.40	2529.80
Peso específico de masa A/(B-C)	gr/cm ³	2.71	2.69	2.69
Peso específico de masa superficialmente seco B/(B-C)	gr/cm ³	2.73	2.71	2.72
Peso específico aparente A/(A-C)	gr/cm ³	2.77	2.75	2.76
Porcentajes de absorción (B-A)x100/A	%	0.84	0.83	0.94
Prom. del peso específico de masa	gr/cm³		2.6971	
Prom. del peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³		2.7206	
Prom. del peso aparente	gr/cm³		2.7618	
Prom. del porcentaje de absorción	%		0.8689	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 12. Peso Específico y Absorción de Agregado Fino Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la arena superficialmente seca	gr	500.00	500.00	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso de balón + peso del agua	gr	995.00	996.20	995.60
Peso del balón	gr	204.90	204.90	204.90
Peso del agua (W)	gr	290.10	291.30	290.70
Peso de la arena seca al horno (A)	gr	464.80	466.30	465.50
Volumen del balón (V)	cm ³	500.00	500.00	500.00
Peso específico de masa A/(V-W)	gr/cm ³	2.2144	2.2343	2.2241
Peso específico de masa superficialmente seco (500/(V-W))	gr/cm ³	2.3821	2.3958	2.3889
Peso específico aparente A/(V-W)-(500-A)	gr/cm ³	2.6606	2.6646	2.6630
Porcentaje de absorción (500-A)X100/A	%	7.57	7.23	7.41
Prom. del peso específico de masa	gr/cm³		2.2243	
Prom. del peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³		2.3889	
Prom. del peso aparente	gr/cm³		2.6627	
Prom. del porcentaje de absorción	%		7.4039	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 13. Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra secada al horno (A)	gr	3783.90	3784.90	3782.50
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	gr	4000.20	4000.20	4000.00
Peso de la muestra satura en agua + peso de la canastilla	gr	3403.20	3401.10	3405.30
Peso de la canastilla 7cm	gr	1008.90	1008.90	1008.90
Peso de la muestra saturada en agua (C)	gr	2394.30	2392.20	2396.40
Peso específico de masa A/(B-C)	gr/cm ³	2.36	2.35	2.36
Peso específico de masa superficialmente seco B/(B-C)	gr/cm ³	2.49	2.49	2.49
Peso específico aparente A/(A-C)	gr/cm ³	2.72	2.72	2.73
Porcentajes de absorción (B-A)x100/A	%	5.72	5.69	5.75
Prom. del peso específico de masa	gr/cm³		2.3563	
Prom. del peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³		2.4910	
Prom. del peso aparente	gr/cm³		2.7232	
Prom. del porcentaje de absorción	%		5.7183	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 14. *Peso específico y Absorción de agregados Naturales y Ecológicos*

Descripción	Und	Agregados Naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Peso específico de masa	kg/m ³	2605	2697	2224	2356
Peso específico de masa s.s.s.	kg/m ³	2658	2721	2389	2491
Peso específico aparente	kg/m ³	2750	2762	2663	2723
Porcentaje de absorción	%	2.03	0.87	7.40	5.72

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 3. CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla A 15. *Contenido de Humedad de Agregado Fino Natural*

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra en estado ambiental (Wh)	g	500.00	500.00	500.00
peso de la muestra seca al horno (Ws)	g	490.90	491.00	491.30
Peso de agua perdida (Wh-Ws)	g	9.10	9.00	8.70
Contenido de Humedad (Wh-Ws)x100/Ws	%	1.85	1.83	1.77
Promedio de contenido de humedad	%		1.82	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 16. *Contenido de Humedad de Agregado Grueso Natural*

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra en estado ambiental (Wh)	g	4013.30	4003.40	4008.80
peso de la muestra seca al horno (Ws)	g	3993.40	3984.90	3989.60
Peso de agua perdida (Wh-Ws)	g	19.90	18.50	19.20
Contenido de Humedad (Wh-Ws)x100/Ws	%	0.50	0.46	0.48
Promedio de contenido de humedad	%		0.48	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 17. Contenido de Humedad de Agregado Fino Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra en estado ambiental (Wh)	g	500.00	500.00	500.00
peso de la muestra seca al horno (Ws)	g	458.50	458.50	458.80
Peso de agua perdida (Wh-Ws)	g	41.50	41.50	41.20
Contenido de humedad (Wh-Ws)/Ws	%	9.05	9.05	8.98
Promedio de contenido de humedad	%		9.03	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 18. Contenido de Humedad de Agregado Grueso Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra en estado ambiental (Wh)	g	4000.20	4000.10	4000.00
peso de la muestra seca al horno (Ws)	g	3911.80	3905.40	3904.50
Peso de agua perdida (Wh-Ws)	g	88.40	94.70	95.50
Contenido de humedad (Wh-Ws)/Ws	%	2.26	2.42	2.45
Promedio de contenido de humedad	%		2.38	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 19. Contenido de Humedad de Agregados Naturales y Ecológicos

Descripción	Und	Agregados Naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Contenido de humedad	%	1.82	0.48	9.03	2.38

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 4. GRANULOMETRÍA

Tabla A 20. Granulometría de Agregado Fino Natural

Tamiz	Peso retenido muestra Nº. 1 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 2 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	100
Nº 4	22.40	24.90	21.00	68.30	3.80	3.80	96.20
Nº 8	82.10	81.60	82.70	246.40	13.69	17.49	82.51
Nº 16	117.70	126.10	123.70	367.50	20.42	37.91	62.09
Nº 30	129.10	126.50	136.90	392.50	21.81	59.73	40.27
Nº 50	115.60	123.20	115.00	353.80	19.66	79.39	20.61
Nº 100	86.40	70.10	79.10	235.60	13.09	92.49	7.51
Fondo	46.60	47.40	41.20	135.20	7.51	100	0
Total	599.90	599.80	599.60	1799.30	-	-	-

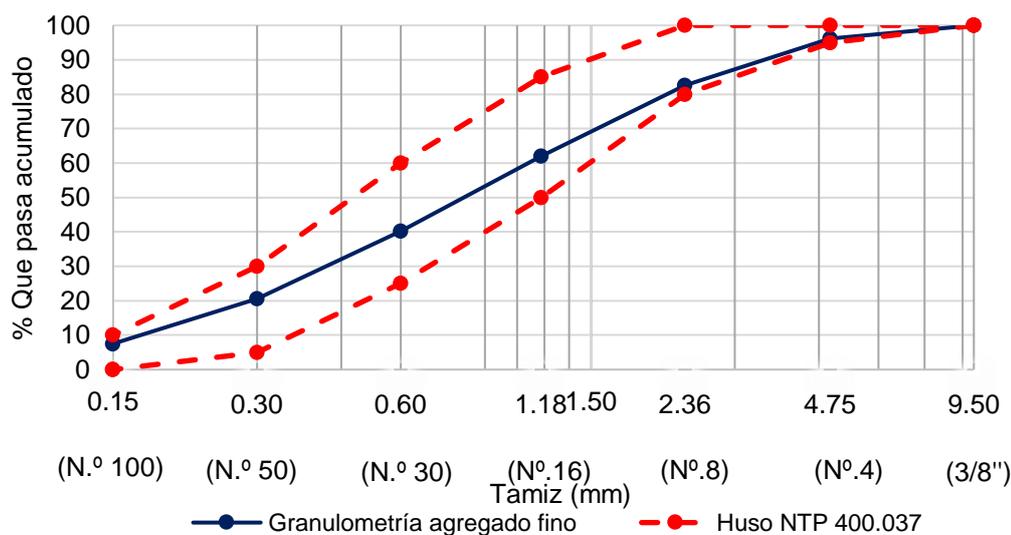
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 21. Granulometría Agregado Fino Natural vs Huso NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	% de límite de huso NTP 400.037	% que pasa acumulado
3/8"	9.50	100	100.00
Nº 4	4.75	95	96.20
Nº 8	2.36	80	82.51
Nº 16	1.18	50	62.09
Nº 30	0.60	25	40.27
Nº 50	0.30	5	20.61
Nº 100	0.15	0	7.51
Fondo	0.00	-	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 1. Granulometría Agregado Fino Natural vs Huso NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 22. Granulometría de Agregado Grueso Natural

Tamiz	Peso retenido muestra Nº. 1 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 2 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	100
1"	718.20	589.80	487.40	1795.40	5.99	5.99	94.01
3/4"	5828.40	5771.10	5677.20	17276.70	57.60	63.59	36.41
1/2"	3375.50	3542.00	3735.30	10652.80	35.52	99.11	0.89
3/8"	49.00	76.00	77.30	202.30	0.67	99.78	0.22
Nº 4	9.50	6.30	8.80	24.60	0.08	99.86	0.14
Fondo	17.10	12.90	11.50	41.50	0.14	100.00	0.00
Total	9997.70	9998.10	9997.50	29993.30	-	-	-

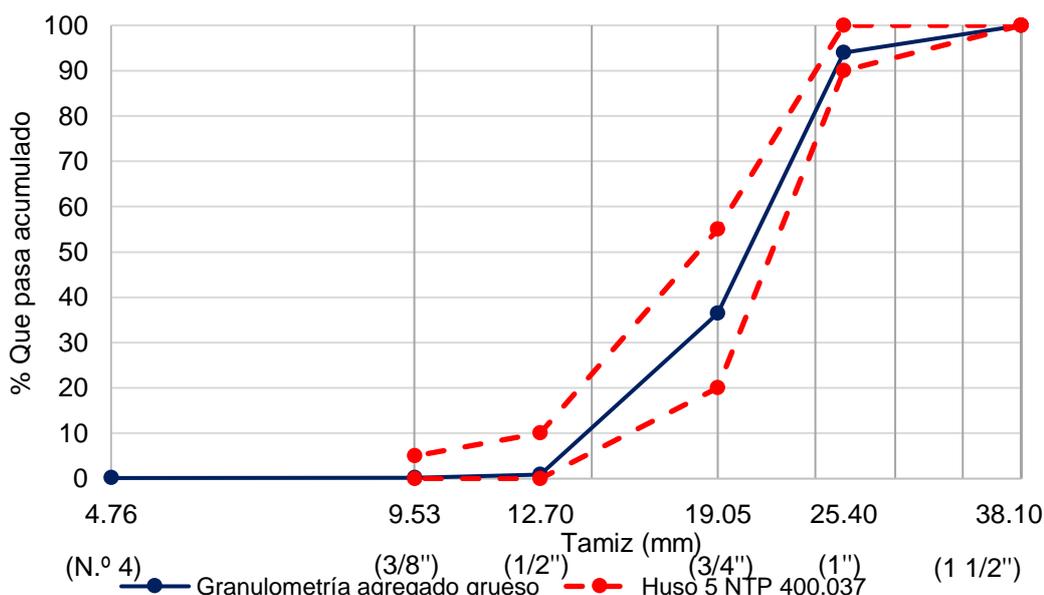
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 23. Granulometría Agregado Grueso Natural vs Huso NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	% de límite de huso 5 NTP 400.037	% que pasa acumulado
1 1/2"	38.10	100	100.00
1"	25.40	90	94.01
3/4"	19.05	20	36.41
1/2"	12.70	0	0.89
3/8"	9.53	0	0.22
Nº 4	4.76	-	0.14
Fondo	0.00	-	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 2. Granulometría Agregado Grueso Natural vs Huso 5 NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 24. Granulometría de Agregado Fino Ecológico

Tamiz	Peso retenido muestra Nº. 1 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 2 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	100
N.º 4	2.50	1.50	1.40	5.40	0.30	0.30	99.70
N.º 8	101.70	136.10	110.40	348.20	19.31	19.61	80.39
N.º 16	182.50	199.00	195.70	577.20	32.01	51.62	48.38
N.º 30	123.60	101.10	118.50	343.20	19.03	70.65	29.35
N.º 50	88.20	71.60	83.40	243.20	13.49	84.14	15.86
N.º 100	57.10	46.50	51.30	154.90	8.59	92.73	7.27
Fondo	45.40	44.60	41.10	131.10	7.27	100	0.00
Total	601.00	600.40	601.80	1803.20	-	-	-

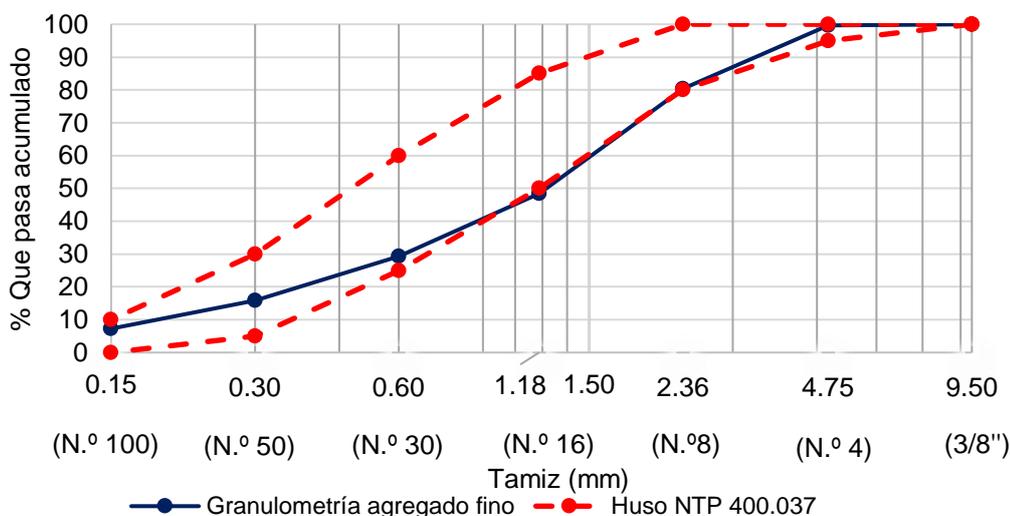
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 25. Granulometría Agregado Fino Ecológico vs Huso NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	% de límite de huso NTP 400.037	% que pasa acumulado
3/8"	9.50	100	100.00
N.º 4	4.75	95	99.70
N.º 8	2.36	80	80.39
N.º 16	1.18	50	48.38
N.º 30	0.60	25	29.35
N.º 50	0.30	5	15.86
N.º 100	0.15	0	7.27
Fondo	0.00	-	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 3. Granulometría Agregado Fino Ecológico vs Huso NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 26. Granulometría de Agregado Grueso Ecológico

Tamiz	Peso retenido muestra Nº. 1 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 2 (gr)	Peso retenido muestra Nº. 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0	0	0	100
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	2205.40	2193.20	1834.90	6233.50	20.83	20.83	79.17
3/8"	2360.00	2759.80	2561.90	7681.70	25.68	46.51	53.49
N.º 4	4399.50	4300.50	4753.70	13453.70	44.97	91.48	8.52
N.º 8	864.30	610.70	647.40	2122.40	7.09	98.57	1.43
Fondo	137.10	117.10	173.00	427.20	1.43	100	0
Total	9966.3	9981.3	9970.9	29918.5	-	-	-

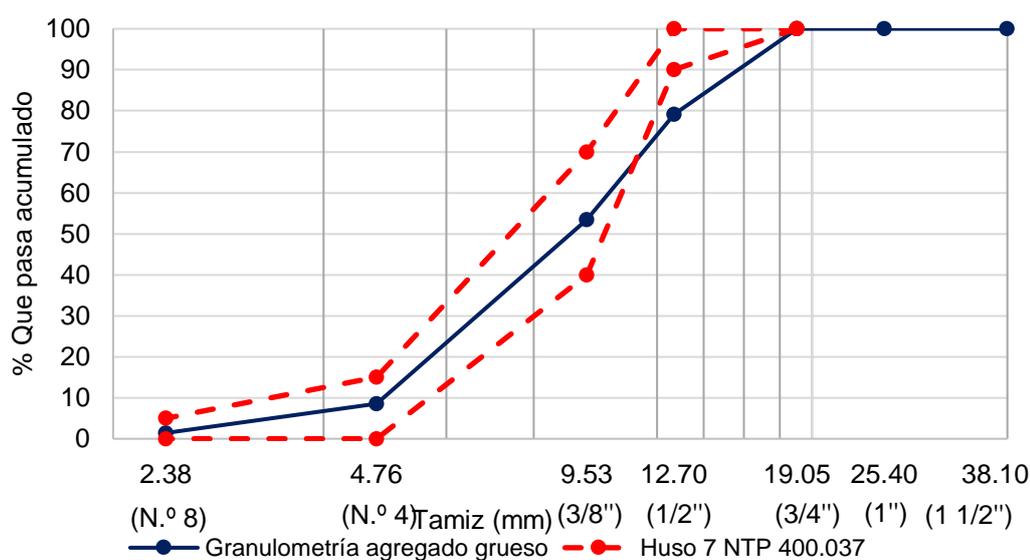
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 27. Granulometría Agregado Grueso Ecológico vs Huso 7 NTP 400.037

Tamiz	Abertura (mm)	% de límite de huso 7 NTP 400.037		% que pasa acumulado
1 1/2"	38.10	-	-	100.00
1"	25.40	-	-	100.00
3/4"	19.05	100	100	100.00
1/2"	12.70	90	100	79.17
3/8"	9.53	40	70	53.49
N.º 4	4.76	0	15	8.52
N.º 8	2.38	0	5	1.43
Fondo	0.00	-	-	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 4. Granulometría Agregado Grueso Ecológico vs Huso 7 NTP 400.037



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 5. MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura MF. se obtiene como la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los agregados.

$$MF = \sum \frac{\%(3''+1\ 1/2'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Tabla A 28. *Módulo de Finura de Agregado Fino Natural*

Tamiz	% Retenido acumulado
3/8"	0.00
Nº 4	3.80
Nº 8	17.49
Nº 16	37.91
Nº 30	59.73
Nº 50	79.39
Nº 100	92.49
Suma	290.81
MF	2.91

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 29. *Módulo de Finura de Agregado Grueso Natural*

Tamiz	% Retenido acumulado
1 1/2"	0.00
3/4"	63.59
3/8"	99.78
Nº 4	99.86
Nº 8	100.00
Nº 16	100.00
Nº 30	100.00
Nº 50	100.00
Nº 100	100.00
Suma	763.23
MF	7.63

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 30. Módulo de Finura de Agregado Fino Ecológico

Tamiz	% Retenido acumulado
3/8"	0.00
N.º 4	0.30
N.º 8	19.61
N.º 16	51.62
N.º 30	70.65
N.º 50	84.14
N.º 100	92.73
Suma	319.05
MF	3.19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 31. Módulo de Finura de Agregado Grueso Ecológico

Tamiz	% Retenido acumulado
1 1/2"	0.00
3/4"	0.00
3/8"	46.51
N.º 4	91.48
N.º 8	98.57
Nº 16	100.00
Nº 30	100.00
Nº 50	100.00
Nº 100	100.00
Suma	636.56
MF	6.37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 32. Módulo de Finura de Agregados Naturales y Ecológicos

Descripción	Und	Agregados Naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Módulo de Finura MF	-	2.91	7.63	3.19	6.37

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 6. SUPERFICIE ESPECÍFICA

Tabla A 33. Superficie Específica Agregado Fino Natural

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (A)	Diámetro medio (B) (cm)	Superficie específica por Tamiz (A/B)
1/2"	12.7	-	-	-	-
3/8"	9.5	0.00	0.00	1.110	0.00
Nº 4	4.76	68.30	3.80	0.713	5.32
Nº 8	2.38	246.40	13.69	0.357	38.36
Nº 16	1.19	367.50	20.42	0.179	114.42
Nº 30	0.595	392.50	21.81	0.089	244.42
Nº 50	0.297	353.80	19.66	0.045	440.88
Nº 100	0.149	235.60	13.09	0.022	587.17
Suma de las superficies específicas (S) (1/cm)					1430.57
Gravedad específica (G) (gr/cm ³)					2.60
Superficie específica (Sx0.06/G) (cm²/gr)					32.95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 34. Superficie Específica Agregado Grueso Natural

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (A)	Diámetro medio (B) (cm)	Superficie específica por Tamiz (A/B)
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	-	-
1"	25.4	1795.40	5.99	3.175	1.89
3/4"	19	17276.70	57.60	2.220	25.95
1/2"	12.7	10652.80	35.52	1.585	22.41
3/8"	9.5	202.30	0.67	1.110	0.61
Nº 4	4.76	24.60	0.08	0.713	0.12
Suma de las superficies específicas (S) (1/cm)					50.96
Gravedad específica (G) (gr/cm ³)					2.70
Superficie específica (Sx0.06/G) (cm²/gr)					1.13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 35. Superficie Específica Agregado Fino Ecológico

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (A)	Diámetro medio (B) (cm)	Superficie específica por Tamiz (A/B)
1/2"	12.7	-	-	-	-
3/8"	9.5	0.00	0.00	1.110	0.00
Nº 4	4.76	5.40	0.30	0.713	0.42
Nº 8	2.38	348.20	19.31	0.357	54.09
Nº 16	1.19	577.20	32.01	0.179	179.33
Nº 30	0.595	343.20	19.03	0.089	213.25
Nº 50	0.297	243.20	13.49	0.045	302.40
Nº 100	0.149	154.90	8.59	0.022	385.21
Suma de las superficies específicas (S) (1/cm)					1134.71
Gravedad específica (G) (gr/cm ³)					2.22
Superficie específica (Sx0.06/G) (cm²/gr)					30.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 36. Superficie Específica Agregado Grueso Ecológico

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (A)	Diámetro medio (B) (cm)	Superficie específica por Tamiz (A/B)
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	-	-
1"	25.40	0.00	0.00	3.175	0.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	2.223	0.00
1/2"	12.70	6233.50	20.83	1.588	13.12
3/8"	9.53	7681.70	25.68	1.111	23.10
Nº 4	4.76	13453.70	44.97	0.714	62.95
Nº 8	2.38	2122.40	7.09	0.357	19.86
Suma de las superficies específicas (S) (1/cm)					119.04
Gravedad específica (G) (gr/cm ³)					2.36
Superficie específica (Sx0.06/G) (cm²/gr)					3.03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 37. Superficie Específica de Agregados Naturales y Ecológicos

Descripción	Und	Agregados Naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Superficie específica	cm ² /gr	32.95	1.13	30.61	3.03

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 7. MATERIAL MAS FINO QUE PASA LA MALLA N.º 200

Tabla A 38. Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 de Agregado Fino Natural

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra seca al horno (A)	gr	300	300	300
Peso de la muestra seca al horno después de lavada (B)	gr	286.30	282.80	281.50
Peso de la muestra perdida (A-B)	gr	13.70	17.20	18.50
Contenido de finos (A-B)*100/A	%	4.57	5.73	6.17
Prom. de porcentaje del contenido de finos	%		5.49	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 39. Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 del Agregado Fino Ecológico

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra seca al horno (A)	gr	300	300	300
Peso de la muestra seca al horno después de lavada (B)	gr	286.30	289.20	287.10
Peso de la muestra perdida (A-B)	gr	13.70	10.80	12.90
Contenido de finos (A-B)*100/A	%	4.57	3.60	4.30
Prom. de porcentaje del contenido de finos	%		4.43	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 40. Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 de Agregados Naturales y Ecológicos

Descripción	Und	Agregados Naturales	Agregados ecológicos
		Fino	Fino
Porcentaje de material más fino que pasa la malla N.º 200	%	5.49	4.43

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 8. RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES

Tabla A 41. Especificaciones de Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregado Grueso

Natural

Descripción	unidad	
Tipo de gradación	-	A
N.º de esferas	und	12
Masa de carga	gr	5000
N.º de revoluciones	cant	500

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 42. Determinación de Muestras para Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de

Agregado Grueso Natural

Tamices		Muestra (gr)	Límites de gradación A
Pasa	Retenido		
1 1/2"	1"	1256.3	1250 ± 25
1"	3/4"	1252.9	1250 ± 25
3/4"	1/2"	1250.5	1250 ± 25
1/2"	3/8"	1250	1250 ± 25
Peso total		5009.7	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 43. Desgaste por Abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles de Agregado Grueso

Natural

ID	Descripción	Und	
1	Tipo de gradación	-	A
2	Peso seco inicial	gr	5009.7
3	Peso luego del proceso de abrasión	gr	4402.1
4	Pérdida de peso (2-3)	gr	607.6
Porcentaje de desgaste (2-3)x100/2		%	12.13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 44. Especificaciones de Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Agregado Grueso

Ecológico

Descripción	unidad	
Tipo de gradación	-	B
N.º de esferas	und	11
Masa de carga	gr	5000
N.º de revoluciones	cant	500

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 45. Determinación de Muestras para Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de

Agregado Grueso Ecológico

Tamices		Muestra (gr)	Límites de gradación A
Pasa	Retenido		
3/4"	1/2"	2500.7	2500 ± 10
1/2"	3/8"	2500.9	2500 ± 10
Peso total		5001.6	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 46. Desgaste por Abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles de Agregado Grueso

Ecológico

ID	Descripción	Und	Reciclado
1	Tipo de gradación	-	B
2	Peso seco inicial	gr	5001.6
3	Peso luego del proceso de abrasión	gr	3520
4	Pérdida de peso (2-3)	gr	1481.6
Porcentaje de desgaste (2-3)x100/2		%	29.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 47. Desgaste por Abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles de Agregados

Naturales y Ecológicos

Descripción	Und	Agregados Naturales	Agregados ecológicos
		Grueso	Grueso
Porcentaje de desgaste	%	12.13	29.62

Fuente: Elaboración propia.

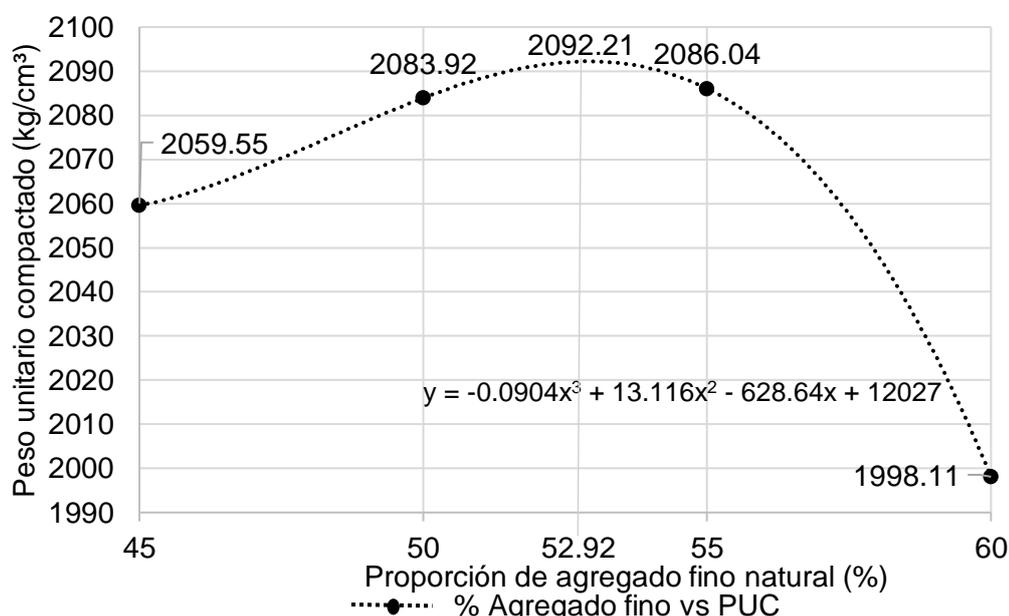
ANEXO A 9. MÁXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Tabla A 48. *Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales*

Descripción	Unidad	Muestras definidas por porcentaje de agregados			
		45	50	55	60
Agregado fino	%	45	50	55	60
Agregado grueso	%	55	50	45	40
Muestra N.º 1 + recipiente	kg	23.81	24	24.01	23.23
Muestra N.º 2 + recipiente	kg	23.77	24.07	24.06	23.21
Muestra N.º 3 + recipiente	kg	23.79	23.99	24.05	23.19
Promedio de Muestra + recipiente (A)	kg	23.79	24.02	24.04	23.21
Peso de recipiente (B)	kg	4.35	4.35	4.35	4.35
Peso promedio de muestra (A-B)	kg	19.44	19.67	19.69	18.86
Volumen de recipiente 1/3pie ³ (C)	m ³	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094
Peso unitario compactado (A-B)/C	kg/m ³	2059.55	2083.92	2086.04	1998.11

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 5. *Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales vs Porcentaje de Agregado Fino*



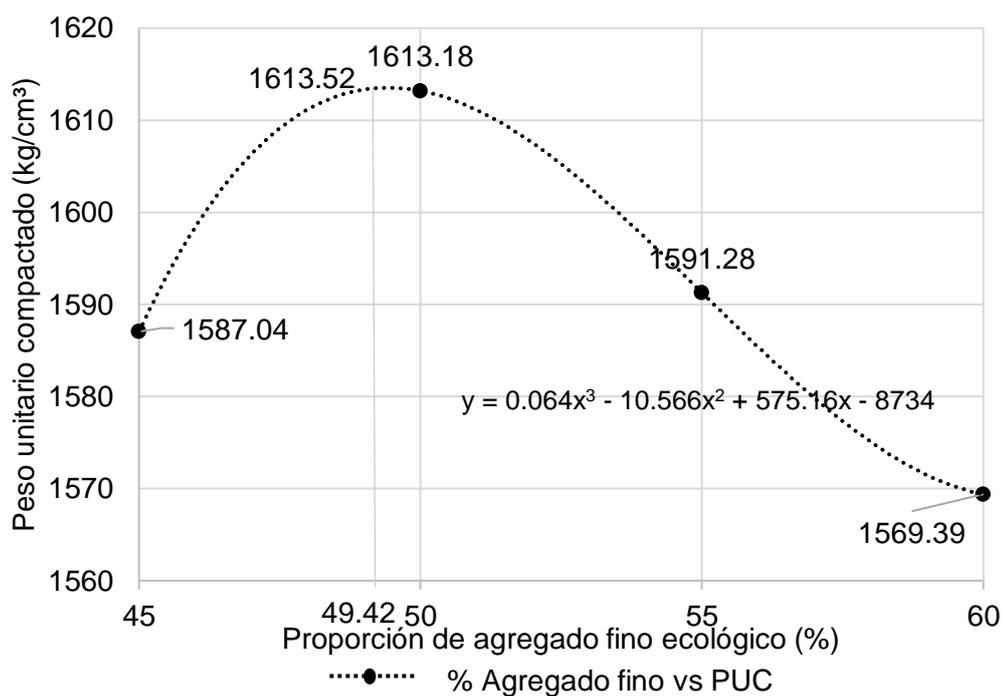
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 49. *Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Ecológicos*

Descripción	Unidad	Muestras definidas por porcentaje de agregados			
		45	50	55	60
Agregado fino	%	45	50	55	60
Agregado grueso	%	55	50	45	40
Muestra N.º 1 + recipiente	kg	19.32	19.59	19.35	19.14
Muestra N.º 2 + recipiente	kg	19.31	19.57	19.37	19.18
Muestra N.º 3 + recipiente	kg	19.36	19.57	19.39	19.17
Promedio de Muestra + recipiente (A)	kg	19.33	19.58	19.37	19.16
Peso de recipiente (B)	kg	4.35	4.35	4.35	4.35
Peso promedio de muestra (A-B)	kg	14.98	15.23	15.02	14.81
Volumen de recipiente 1/3pie ³ (C)	m ³	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094
Peso unitario compactado (A-B)/C	kg/m ³	1587.04	1613.18	1591.28	1569.39

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 6. *Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Ecológicos vs Porcentaje de Agregado Fino*



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 50. *Máximo Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados Naturales y Ecológicos*

Descripción	Und	Agregados Naturales		Agregados ecológicos	
		Fino	Grueso	Fino	Grueso
Porcentaje de agregados	%	52.92	47.08	49.42	50.58
Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados	kg/m ³	2092.21		1613.52	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B. DISEÑO DE MEZCLA**ANEXO B 1. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADOS NATURALES PATRÓN**

B 1.1. Diseño de mezcla de concreto con agregados naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$

Se muestra como ejemplo el diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN y $a/c = 0.60$. A continuación, se detalla el procedimiento de diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN y $a/c = 0.60$, previamente se presenta las propiedades de los materiales.

En la Tabla A 51 se muestra las propiedades de materiales para diseño de concreto con agregados naturales.

Tabla A 51. *Propiedades de Materiales para Diseño de Concreto con Agregados Naturales*

PATRÓN

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2605	2697	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	1.82	0.48	-	-
Absorción (A)	%	2.03	0.87	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados del máximo peso compactado	%	52.92	47.08	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Paso 1.-Asentamiento

Se plantea que el diseño tenga consistencia plástica, de acuerdo a la Tabla A 52 para concreto con consistencia plástica se requiere un asentamiento de 3"–4".

Tabla A 52. Consistencia de Concreto y su Asentamiento

Tipo	Asentamiento	
	pulg	mm
Consistencia seca	1" - 2"	25 - 50
Consistencia plástica	3" - 4"	75 - 100
Consistencia fluida	6 - 7"	150 - 175

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 41)

Paso 2.-Tamaño máximo nominal

Del análisis granulométrico del agregado grueso natural se tiene que el tamaño máximo nominal es de 1"

Paso 3.-Volumen unitario del agua de diseño

De acuerdo a la Tabla A 53, para un asentamiento de 3" – 4" y tamaño máximo nominal de agregado grueso de 1", en un metro cubico de concreto utilizaremos 193 litros, equivalente a 0.193 m³ de agua.

Tabla A 53. Volumen Unitario de Agua (l/m³)

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	187	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

Paso 4.-Aire atrapado

De acuerdo a la Tabla A 54, para un tamaño máximo nominal de 1", se estima un porcentaje de aire atrapado de 1.5% del volumen, y para un metro cubico es 0.015 m³.

Tabla A 54. Contenido de Aire Atrapado

TMN	Aire atrapado	TMN	Aire atrapado
3/8"	3.00%	1 1/2"	1.00%
1/2"	2.50%	2"	0.50%
3/4"	2.00%	3"	0.30%
1"	1.50%	4"	0.20%

Fuente: Comité 211 del ACI.

Paso 5.- Relación agua – cemento

Se está utilizando una relación de agua – cemento a/c: 0.60.

Paso 6.- Cantidad de cemento unitario

Se tiene de los pasos anteriores, que se utilizara 193 litros de agua y con un a/c 0.60, con estos valores se calcula la cantidad de cemento: $193/60 = 321.67$ kg para un metro cubico, equivalente a $321.67/3130=0.1028$ m³.

Paso 7.- Volumen unitario de agregados

Se tiene la siguiente expresión:

$$\text{Vol. total} = \text{Vol. de agregados} + \text{Vol. de cemento} + \text{Vol. de agua} + \text{Vol. de aire} \dots (1)$$

Donde: Vol. total = 1 m³, Vol. de cemento=0.1028 m³, Vol. de agua=0.193 m³, Vol. de aire=0.015 m³.

Reemplazando en la expresión (1) se tiene:

$$\text{Vol. de agregados} = 1 - (0.1028 + 0.193 + 0.015) = 0.6892 \text{ m}^3$$

Paso 8.-Cantidad de agregado fino y grueso

Para determinar las cantidades de los agregados, se debe presentar primeramente las expresiones que determinen su valor.

A continuación, se presenta las variables que representan las propiedades de los agregados.

PA : Peso de los agregados

PF : Peso del agregado fino

PG : Peso del agregado grueso

AF% : Porcentaje del agregado fino en peso

PEF : Peso específico del agregado fino

PEG : Peso específico del agregado grueso

VA : Volumen de los agregados

VF : Volumen del agregado fino

VG : Volumen del agregado grueso

Se tiene las siguientes expresiones:

$$PA = PF + PG \dots\dots(1)$$

$$PF = (AF\%)PA \dots\dots\dots(2)$$

Reemplazando (1) en (2)

$$PF = (AF\%)(PF + PG) \dots\dots\dots(3)$$

$$PF = PEF \times VF \dots\dots\dots(4)$$

$$PG = PEG \times VG \dots\dots\dots(5)$$

$$VA = VG + VF \dots\dots\dots(6)$$

Reemplazando (6) en (5)

$$PG = PEG \times (VA - VF) \dots\dots\dots(7)$$

Reemplazando (4) Y (7) en (3)

$$PEF \times VF = (AF\%)(PEF \times VF + PEG \times (VA - VF))$$

Despejando tenemos:

$$VF = \frac{AF\% \times PEG \times VA}{PEF + AF\%(PEG - PEF)}$$

De los valores previamente calculados $AF\% = 52.92\%$, $PEG = 2697 \text{ kg/m}^3$, $VA = 0.6892 \text{ m}^3$, $PEF = 2605 \text{ kg/m}^3$, reemplazando se obtiene el volumen de agregado fino $VF = 0.3707 \text{ m}^3$.

$$VF = \frac{52.92\% \times 2697 \times 0.6892}{2605 + 52.92\%(2697 - 2605)}$$

$$VF = 0.3707 \text{ m}^3$$

Se calcula el valor de volumen del agregado grueso $VG = 0.3185 \text{ m}^3$.

$$VG = VA - VF = 0.6892 - 0.3185 = 0.3185 \text{ m}^3$$

Se calcula el peso del agregado fino $PF = 965.66 \text{ kg}$ y peso del agregado grueso $PG = 859.09 \text{ Kg}$.

$$PF = PEF \times VF = 2605 \times 0.3707 = 965.66 \text{ kg}$$

$$PG = PEG \times VG = 2697 \times 0.3185 = 859.09 \text{ kg}$$

Paso 9.- Corrección por humedad y absorción

A continuación, se obtiene el agua final luego de la corrección por humedad y absorción, se calcula el peso húmedo del agregado fino y grueso.

$$\text{Agua agregado fino} = \text{Peso agregado fino} \times (\%C.H \text{ arena} - \%Abs. \text{ Arena})$$

$$\text{Agua agregado fino} = 965.66 \times (1.82\% - 2.03\%) = -2.0279 \text{ lt}$$

$$\text{Agua agregado grueso} = \text{Peso agregado grueso} \times (\%C.H \text{ grueso} - \%Abs. \text{ grueso})$$

$$\text{Agua agregado grueso} = 859.09 \times (0.48\% - 0.87\%) = -3.3505 \text{ lt}$$

$$\text{Agua agregados} = -5.3783 \text{ lt}$$

Obtenemos que el agua de agregados es negativa, lo que nos indica que los agregados requieren de agua adicional para compensar la absorción.

$$\text{Agua final} = 193 + 5.3783 = 198.38 \text{ lt}$$

$$\text{Peso húmedo del agregado fino} = \text{peso seco} \times (1 + \% \text{ contenido de humedad agregado fino}) = 965.66 \times (1 + 1.82\%) = 983.23 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo del agregado grueso} = \text{peso seco} \times (1 + \% \text{ contenido de humedad agregado grueso}) = 859.09 \times (1 + 0.48\%) = 863.217 \text{ kg}$$

Paso 10.- Vaciados de prueba

Se tiene el cálculo preliminar de la cantidad de materiales para diseño de concreto de $a/c = 0.60$ de agregados naturales, luego se procede a variar el agua y actualizar la cantidad de materiales para obtener el asentamiento requerido de 3" – 4".

Para el diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$, y agua = 193 litros como se muestra Tabla A 55 tenemos un asentamiento de 3/4".

Tabla A 55. Diseño de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$ y Agua = 193 L

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	321.67	0.1028	1.00	321.67	1.00	6.52	7.57
Agua	193.00	0.1930	0.60	198.38	0.62	4.02	-
Arena	965.66	0.3707	3.00	983.23	3.06	19.94	-
Piedra	859.09	0.3185	2.67	863.22	2.68	17.51	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2339.42	1.00	-	2366.50	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

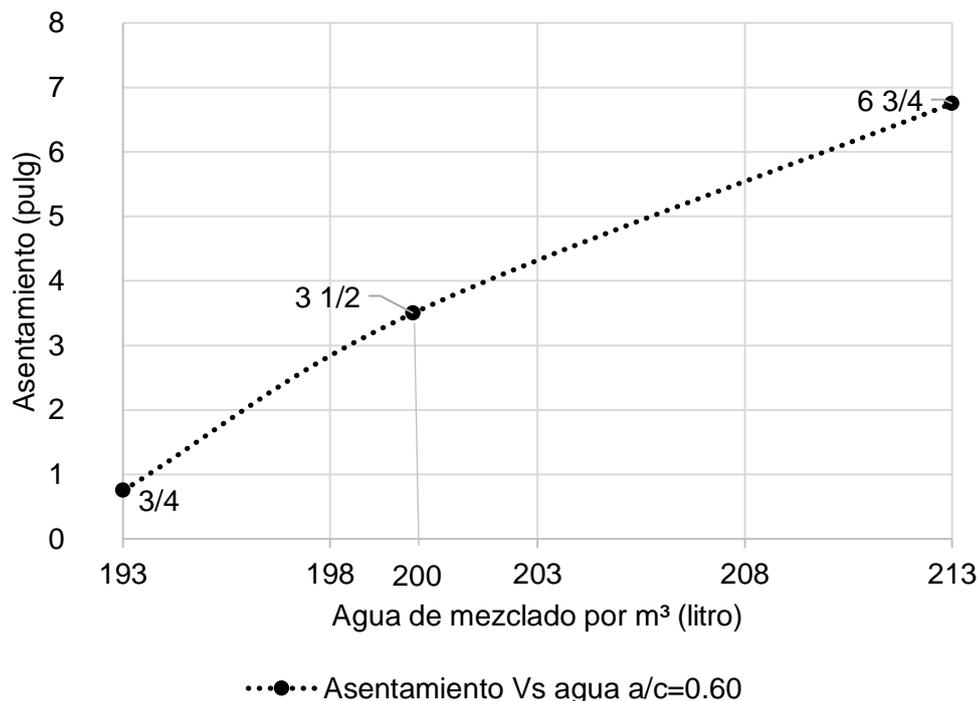
se realiza otro vaciado de prueba aumentando el agua a 213 litros con el cual se obtiene un asentamiento de 6 3/4" este valor no cumple con el asentamiento requerido, pero con los valores obtenidos se realiza una interpolación realizando un vaciado más, considerando una cantidad de agua = 200 litros, cuya proporción de materiales se muestra en la Tabla A 56 con ello se obtiene un asentamiento de 3 1/2" el cual cumple con el asentamiento requerido, la variación del asentamiento respecto a la cantidad de agua se muestra en la Figura A 7.

Tabla A 56. Diseño de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$ y Agua = 200 L.

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	6.79	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	205.29	0.62	4.18	-
Arena	950.63	0.3649	2.85	967.93	2.90	19.72	-
Piedra	845.72	0.3136	2.54	849.78	2.55	17.31	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2329.68	1.00	-	2356.34	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 7. Asentamiento vs Agua, con 200 L se Obtiene el Asentamiento Solicitado para $a/c=0.60$



Fuente: Elaboración propia.

Paso 11.-Variación de porcentaje de agregados para mayor resistencia

Definido la proporción de materiales para el asentamiento solicitado, se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , según sea necesario, para obtener el porcentaje que nos de la mayor resistencia a compresión a 7 días, en la Tabla A 57 se muestra la variación del porcentaje requerido para $a/c = 0.60$.

Tabla A 57. Variación de Proporción de Agregados Naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$

Agregado fino %	Agregado grueso %
49.92	50.08
52.92	47.08
55.92	44.08
58.92	41.08

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 58, Tabla A 59, Tabla A 60 y Tabla A 61 se muestra la cantidad de los materiales utilizados en el diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN para cada variación de porcentaje de agregados para $a/c=0.60$.

Tabla A 58. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.60$, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 49.92/50.08

Materiales	Diseño seco			Diseño en húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	6.79	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	205.40	0.62	4.18	-
Arena	897.67	0.3446	2.69	914.01	2.74	18.61	-
Piedra	900.55	0.3339	2.70	904.87	2.71	18.42	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2331.56	1.00	-	2357.61	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 59. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.60$, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 52.92/47.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	6.79	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	205.29	0.62	4.18	-
Arena	950.63	0.3649	2.85	967.93	2.90	19.72	-
Piedra	845.72	0.3136	2.54	849.78	2.55	17.31	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2329.68	1.00	-	2356.34	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 60. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.60$, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 55.92/44.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	6.79	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	205.19	0.62	4.18	-
Arena	1003.48	0.3852	3.01	1021.74	3.07	20.82	-
Piedra	791.01	0.2933	2.37	794.81	2.38	16.20	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2327.82	1.00	-	2355.07	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 61. Diseño de PATRÓN, $a/c=0.60$, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 58.92/41.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	6.80	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	205.09	0.62	4.18	-
Arena	1056.21	0.4055	3.17	1075.44	3.23	21.93	-
Piedra	736.41	0.2730	2.21	739.94	2.22	15.09	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2325.96	1.00	-	2353.80	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Se elaboraron 7 probetas de cada diseño variando el porcentaje de agregados, a continuación, se presenta la resistencia correspondiente a los cambios de porcentaje de agregados en la Tabla A 62, Tabla A 63, Tabla A 64 y Tabla A 65.

Tabla A 62. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino = 49.92, % Agregado Grueso = 50.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.07	10.08	10.08	79.72	19361.00	242.86
2	10.06	10.05	10.06	79.41	19853.00	250.02
3	10.05	10.04	10.05	79.25	18512.00	233.60
4	10.02	10.06	10.04	79.17	19954.00	252.04
5	10.14	10.19	10.17	81.15	20050.00	247.06
6	10.08	10.06	10.07	79.64	20011.00	251.26
7	10.09	10.05	10.07	79.64	20956.00	263.12
f'c promedio (kg/cm²)						248.57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 63. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino = 52.92, % Agregado Grueso = 47.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.03	10.04	10.04	79.09	19374.00	244.96
2	10.02	10.06	10.04	79.17	21684.00	273.89
3	10.06	10.04	10.05	79.33	21550.00	271.66
4	10.04	10.04	10.04	79.17	20409.00	257.79
5	10.01	10.05	10.03	79.01	22129.00	280.07
6	10.05	10.05	10.05	79.33	22144.00	279.15
7	10.00	10.00	10.00	78.54	21527.00	274.09
f'c promedio (kg/cm²)						268.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 64. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino = 55.92, % Agregado Grueso = 44.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.95	9.98	9.97	77.99	21614.00	277.13
2	9.99	9.97	9.98	78.23	21291.00	272.17
3	9.94	9.95	9.95	77.68	21888.00	281.78
4	9.96	9.96	9.96	77.91	22183.00	284.72
5	9.93	9.97	9.95	77.76	21470.00	276.12
6	9.95	9.97	9.96	77.91	20482.00	262.88
7	9.98	9.96	9.97	78.07	20731.00	265.55
f'c promedio (kg/cm²)						274.34

Fuente: Elaboración propia.

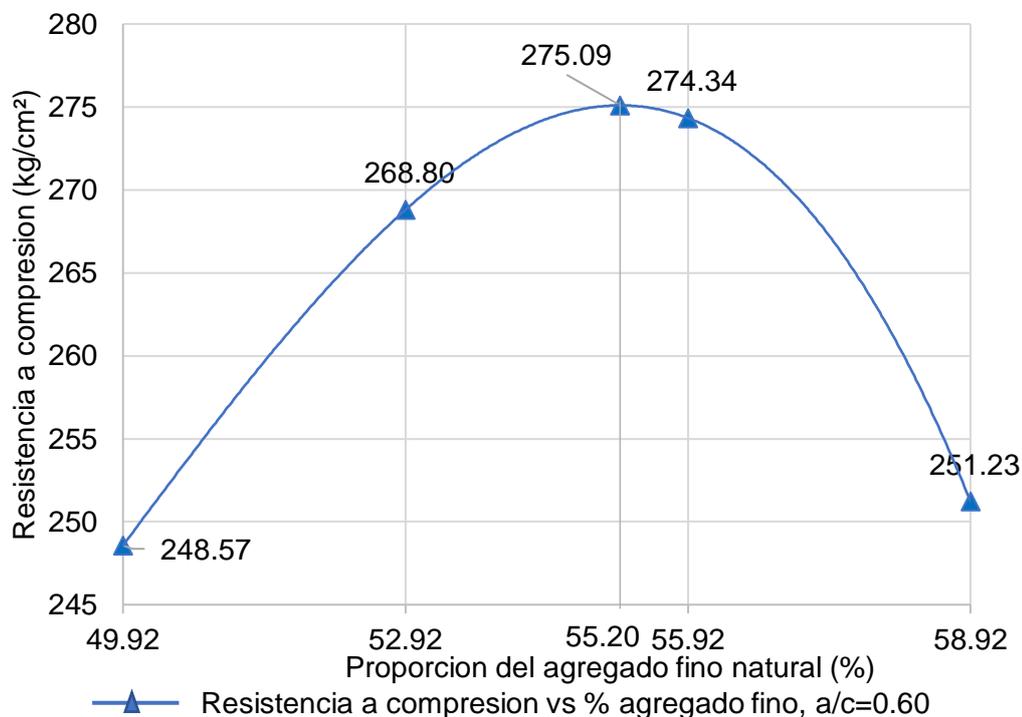
Tabla A 65. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino = 58.92, % Agregado Grueso = 41.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	9.98	9.97	78.07	20333.00	260.45
2	9.96	9.96	9.96	77.91	18497.00	237.41
3	9.98	9.98	9.98	78.23	19156.00	244.88
4	10.00	9.97	9.99	78.30	19801.00	252.87
5	9.97	9.99	9.98	78.23	20029.00	256.04
6	9.99	9.96	9.98	78.15	19941.00	255.17
7	10.00	9.98	9.99	78.38	19734.00	251.76
f'c promedio (kg/cm²)						251.23

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 8 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de agregado fino para PATRÓN, $a/c = 0.60$, en el cual se obtiene la mayor resistencia cuyo valor estimado es de 275.09 kg/cm² para el 55.20% de agregado fino.

Figura A 8. Resistencia a Compresión vs Variación de Porcentaje de Agregado Fino para PATRÓN, $a/c= 0.60$

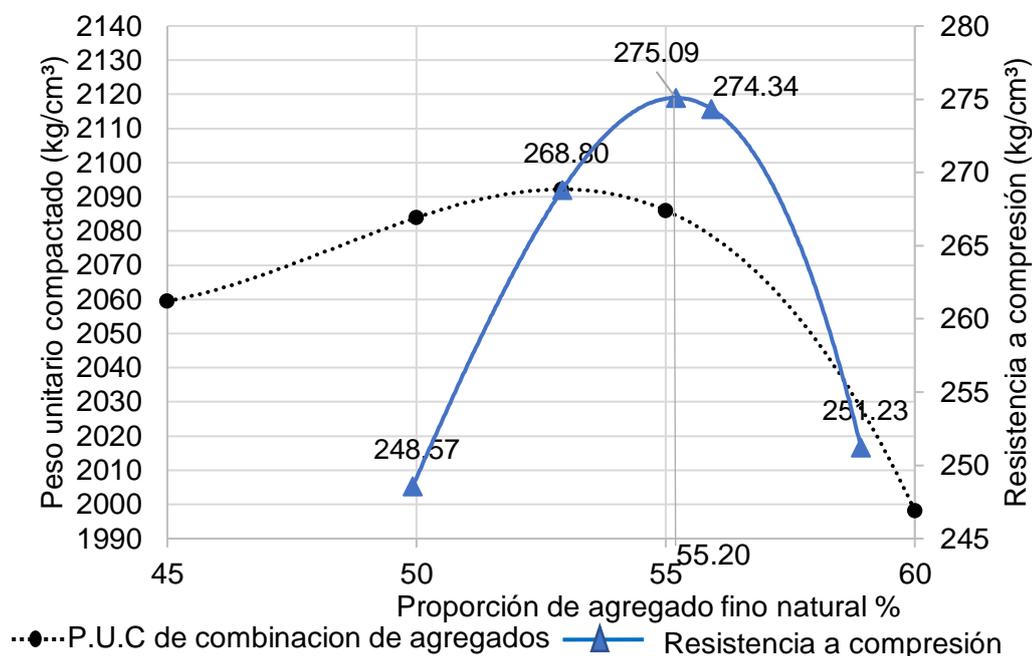


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 9 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino, para obtener una mayor resistencia para PATRÓN, $a/c = 0.60$ se considera que el porcentaje óptimo de agregado fino es de 55.20% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 44.80%, estos porcentajes se utilizaran para el diseño definitivo.

Figura A 9. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.60$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 66 se muestra las propiedades de los materiales para diseño de PATRÓN, $a/c=0.60$ definitivo, considerando el porcentaje de agregados definido preliminarmente por el máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados y ajustado por la mayor resistencia a compresión, estos procedimientos permitieron tomar en cuenta de manera preliminar la combinación de los agregados y luego el comportamiento de la combinación de todos los materiales, con ello se optimizó el diseño de mezcla.

Tabla A 66. Propiedad de Materiales Para Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	Sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m³	2605	2697	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	1.82	0.48	-	-
Absorción (A)	%	2.03	0.87	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	55.20	44.80	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 67 se muestra el diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$, definitivo.

Tabla A 67. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$, Agua = 200L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 55.20/44.80

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	6.79	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	205.22	0.62	4.18	-
Arena	990.80	0.3803	2.97	1008.84	3.03	20.56	-
Piedra	804.13	0.2982	2.41	807.99	2.42	16.47	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2328.27	1.00	-	2355.38	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Este procedimiento se aplicó a los demás diseños de concreto con agregados naturales y ecológicos.

B 1.2. Diseño de mezcla de concreto con agregados naturales PATRÓN, $a/c = 0.65$

Siguiendo el procedimiento de diseño, para PATRÓN, $a/c = 0.65$ se obtiene que para el agua = 198.5 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido, luego se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , según sea necesario, para obtener el porcentaje que, de la mayor resistencia de compresión a 7 días, en la Tabla A 68 se muestra la variación del porcentaje requeridos para $a/c = 0.65$.

Tabla A 68. Variación de Proporción de Agregados Naturales de PATRÓN, $a/c = 0.65$

Agregado fino %	Agregado grueso %
46.92	53.08
49.92	50.08
52.92	47.08
55.92	44.08

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Tabla A 69, Tabla A 70, Tabla A 71 y Tabla A 72 el diseño para cada variación de porcentaje de agregados en el PATRÓN, $a/c = 0.65$.

Tabla A 69. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado

Grueso = 46.92/53.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	305.38	0.0976	1.00	305.38	1.00	6.22	7.19
Agua	198.50	0.1985	0.65	204.08	0.67	4.16	-
Arena	857.59	0.3292	2.81	873.20	2.86	17.78	-
Piedra	970.18	0.3597	3.18	974.83	3.19	19.85	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2331.65	1.00	-	2357.50	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 70. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado

Grueso = 49.92/50.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	305.38	0.0976	1.00	305.38	1.00	6.22	7.19
Agua	198.50	0.1985	0.65	203.98	0.67	4.16	-
Arena	911.47	0.3499	2.98	928.06	3.04	18.91	-
Piedra	914.39	0.3390	2.99	918.78	3.01	18.72	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2329.75	1.00	-	2356.20	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 71. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado

Grueso = 52.92/47.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	305.38	0.0976	1.00	305.38	1.00	6.22	7.19
Agua	198.50	0.1985	0.65	203.88	0.67	4.16	-
Arena	965.24	0.3705	3.16	982.81	3.22	20.03	-
Piedra	858.72	0.3184	2.81	862.84	2.83	17.59	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2327.85	1.00	-	2354.91	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 72. Diseño de PATRÓN, $a/c=0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado

Grueso = 55.92/44.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	305.38	0.0976	1.00	305.38	1.00	6.23	7.19
Agua	198.50	0.1985	0.65	203.77	0.67	4.16	-
Arena	1018.90	0.3911	3.34	1037.44	3.40	21.16	-
Piedra	803.17	0.2978	2.63	807.02	2.64	16.46	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2325.95	1.00	-	2353.62	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 73, Tabla A 74, Tabla A 75 y Tabla A 76 se presenta la resistencia correspondiente a los cambios de proporción de agregados.

Tabla A 73. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino =

46.92, % Agregado Grueso = 53.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.93	9.89	9.91	77.13	19332.00	250.63
2	9.93	9.93	9.93	77.44	15984.00	206.39
3	9.94	9.90	9.92	77.29	17827.00	230.66
4	9.94	9.93	9.94	77.52	16717.00	215.64
5	9.95	9.94	9.95	77.68	17909.00	230.55
6	9.94	9.96	9.95	77.76	18319.00	235.59
7	9.91	10.00	9.96	77.83	15893.00	204.19
f'c promedio (kg/cm²)						224.81

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 74. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 49.92, % Agregado Grueso = 50.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.93	9.96	77.91	21233.00	272.52
2	10.00	9.97	9.99	78.30	19584.00	250.10
3	9.99	9.99	9.99	78.38	19972.00	254.80
4	9.96	9.97	9.97	77.99	18699.00	239.76
5	10.00	9.98	9.99	78.38	18073.00	230.57
6	9.99	10.00	10.00	78.46	20439.00	260.50
7	9.98	10.00	9.99	78.38	18841.00	240.37
f'c promedio (kg/cm²)						249.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 75. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 52.92, % Agregado Grueso = 47.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	9.95	9.98	78.15	19341.00	247.49
2	9.95	9.92	9.94	77.52	20735.00	267.47
3	9.93	9.91	9.92	77.29	19362.00	250.52
4	9.96	9.93	9.95	77.68	17593.00	226.49
5	9.97	9.94	9.96	77.83	18623.00	239.26
6	9.97	9.91	9.94	77.60	20134.00	259.46
7	9.93	9.96	9.95	77.68	18791.00	241.91
f'c promedio (kg/cm²)						247.51

Fuente: Elaboración propia.

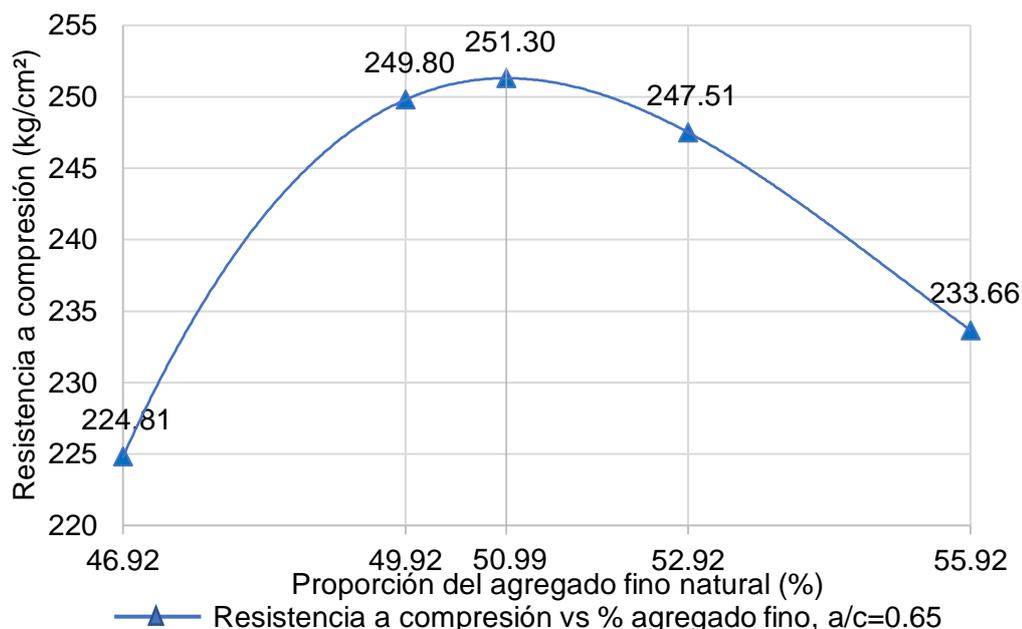
Tabla A 76. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 55.92, % Agregado Grueso = 44.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.91	9.92	9.92	77.21	18476.00	239.29
2	9.95	9.96	9.96	77.83	18581.00	238.72
3	9.90	9.92	9.91	77.13	18093.00	234.57
4	9.90	9.90	9.90	76.98	16857.00	218.99
5	9.95	9.90	9.93	77.37	18466.00	238.68
6	9.97	9.92	9.95	77.68	18236.00	234.76
7	9.94	10.00	9.97	78.07	18004.00	230.62
f'c promedio (kg/cm²)						233.66

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 10 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de agregado fino para PATRÓN, $a/c = 0.65$, en el cual se obtiene la mayor resistencia para el 50.99% de agregado fino.

Figura A 10. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino para PATRÓN, $a/c = 0.65$

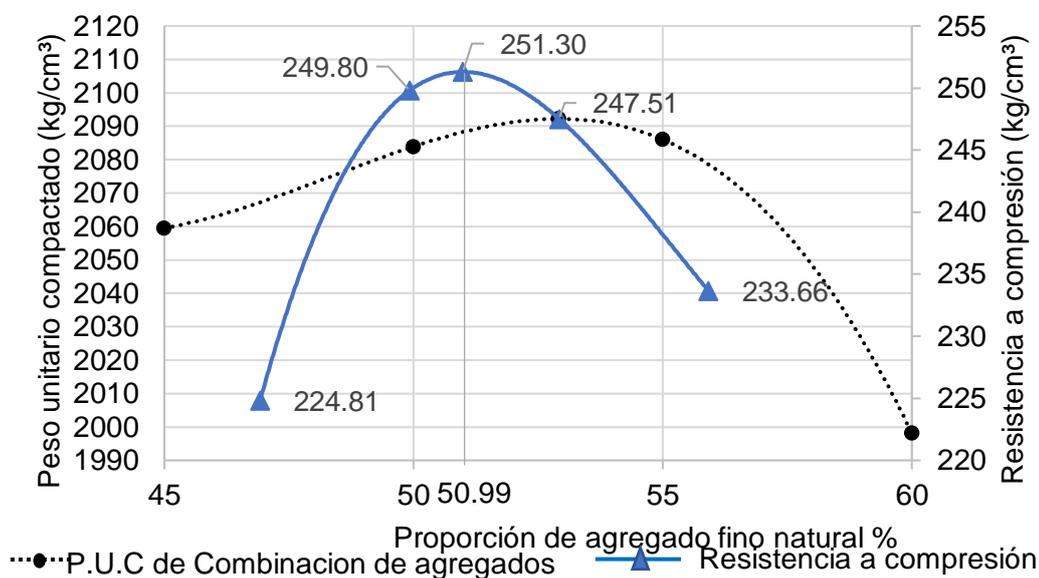


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 11 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino, para obtener una mayor resistencia para PATRÓN, $a/c = 0.65$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 50.99% y consecuentemente el % de agregado grueso será de 49.01%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño definitivo.

Figura A 11. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.65$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 77 se muestra las propiedades de los materiales para diseño de concreto agregados naturales PATRÓN, $a/c=0.65$ definitivo.

Tabla A 77. Propiedad de Materiales Para Diseño de PATRÓN, $a/c=0.65$

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2605	2697	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	1.82	0.48	-	-
Absorción (A)	%	2.03	0.87	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% Agregados en peso	%	50.99	49.01	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 78 se muestra el diseño de concreto patrón para PATRÓN, $a/c=0.65$, definitivo.

Tabla A 78. Diseño de PATRÓN, $a/c=0.65$, Agua = 198.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 50.99/49.01

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m^3	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	305.38	0.0976	1.00	305.38	1.00	6.22	7.19
Agua	198.50	0.1985	0.65	203.94	0.67	4.16	-
Arena	930.66	0.3573	3.05	947.60	3.10	19.31	-
Piedra	894.52	0.3317	2.93	898.82	2.94	18.31	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2329.07	1.00	-	2355.74	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 1.3. Diseño de mezcla de concreto con agregados naturales PATRÓN, $a/c = 0.70$

Siguiendo el procedimiento de diseño, para PATRÓN, $a/c = 0.70$ se obtiene que para el agua = 197 L nos da un asentamiento de 3 1/2" el cual cumple con lo requerido, luego se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , según sea necesario, para obtener el porcentaje que nos de la mayor resistencia de compresión a 7 días, en la Tabla A 79 se muestra la variación del porcentaje requeridos para PATRÓN, $a/c = 0.70$.

Tabla A 79. Variación de Proporción de Agregados Naturales en el PATRÓN, $a/c=0.70$

Agregado fino %	Agregado grueso %
46.92	53.08
49.92	50.08
52.92	47.08
55.92	44.08

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 80, Tabla A 81, Tabla A 82 y Tabla A 83 se muestra el diseño para cada variación de porcentaje de agregados para PATRÓN, $a/c=0.70$.

Tabla A 80. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 46.92/53.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	281.43	0.0899	1.00	281.43	1.00	5.73	6.62
Agua	197.00	0.1970	0.70	202.66	0.72	4.13	-
Arena	868.98	0.3336	3.09	884.80	3.14	18.02	-
Piedra	983.07	0.3645	3.49	987.79	3.51	20.12	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2330.48	1.00	-	2356.67	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 81. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 49.92/50.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	281.43	0.0899	1.00	281.43	1.00	5.74	6.62
Agua	197.00	0.1970	0.70	202.55	0.72	4.13	-
Arena	923.58	0.3545	3.28	940.39	3.34	19.16	-
Piedra	926.54	0.3435	3.29	930.99	3.31	18.97	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2328.55	1.00	-	2355.36	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 82. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 52.92/47.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	281.43	0.0899	1.00	281.43	1.00	5.74	6.62
Agua	197.00	0.1970	0.70	202.45	0.72	4.13	-
Arena	978.07	0.3755	3.48	995.87	3.54	20.31	-
Piedra	870.13	0.3226	3.09	874.31	3.11	17.83	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2326.63	1.00	-	2354.05	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 83. Diseño de PATRÓN, $a/c=0.70$, Agua = 197 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.92/44.08

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	281.43	0.0899	1.00	281.43	1.00	5.74	6.62
Agua	197.00	0.1970	0.70	202.34	0.72	4.13	-
Arena	1032.44	0.3963	3.67	1051.23	3.74	21.45	-
Piedra	813.84	0.3018	2.89	817.75	2.91	16.68	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2324.71	1.00	-	2352.75	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 84, Tabla A 85, Tabla A 86 y Tabla A 87 se presenta la resistencia correspondiente a los cambios de proporción de agregados.

Tabla A 84. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 46.92, % Agregado Grueso = 53.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.11	9.94	10.03	78.93	16162.00	204.76
2	10.00	10.04	10.02	78.85	16818.00	213.28
3	10.03	10.00	10.02	78.78	17334.00	220.04
4	10.00	10.00	10.00	78.54	16441.00	209.33
5	10.00	10.03	10.02	78.78	17548.00	222.76
6	9.94	10.06	10.00	78.54	18348.00	233.61
7	10.02	10.04	10.03	79.01	17468.00	221.08
f'c promedio (kg/cm²)						217.84

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 85. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 49.92, % Agregado Grueso = 50.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.08	10.11	10.10	80.04	17588.00	219.74
2	10.02	10.01	10.02	78.78	18112.00	229.92
3	10.02	10.01	10.02	78.78	17242.00	218.87
4	10.02	10.04	10.03	79.01	16700.00	211.36
5	10.01	10.05	10.03	79.01	16838.00	213.11
6	10.00	10.00	10.00	78.54	17565.00	223.64
7	10.02	10.01	10.02	78.78	17376.00	220.58
f'c promedio (kg/cm²)						219.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 86. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 52.92, % Agregado Grueso = 47.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	10.02	10.00	78.46	18295.00	233.17
2	10.02	10.02	10.02	78.85	18338.00	232.56
3	10.00	10.01	10.01	78.62	18235.00	231.94
4	10.03	10.02	10.03	78.93	18019.00	228.28
5	10.04	9.99	10.02	78.78	18123.00	230.06
6	10.02	10.04	10.03	79.01	18600.00	235.41
7	9.95	10.00	9.98	78.15	17278.00	221.09
f'c promedio (kg/cm²)						230.36

Fuente: Elaboración propia.

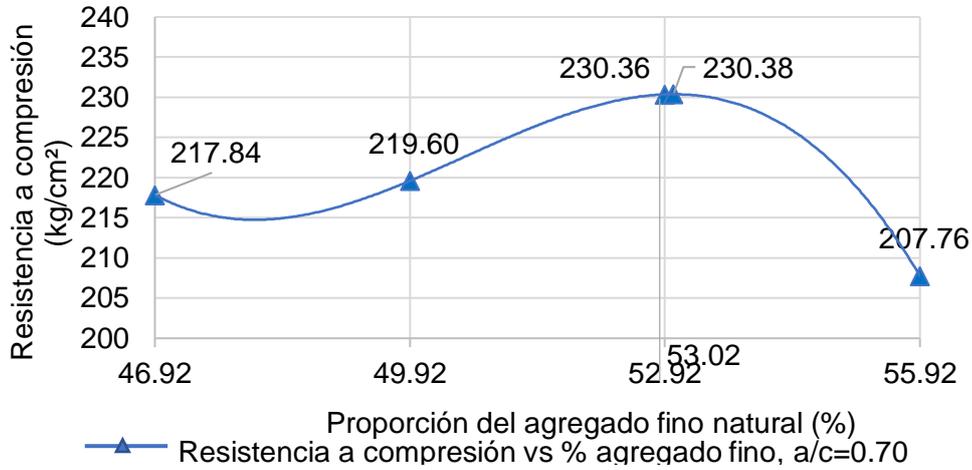
Tabla A 87. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino = 55.92, % Agregado Grueso = 44.08

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.94	9.96	77.91	15947.00	204.68
2	9.95	9.97	9.96	77.91	16784.00	215.42
3	9.94	9.95	9.95	77.68	17154.00	220.83
4	9.98	9.95	9.97	77.99	16539.00	212.06
5	9.96	9.95	9.96	77.83	15594.00	200.35
6	9.94	9.92	9.93	77.44	15320.00	197.82
7	9.94	9.97	9.96	77.83	15814.00	203.17
f'c promedio (kg/cm²)						207.76

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 12 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de agregado fino para PATRÓN, $a/c = 0.70$, en el cual se obtiene la mayor resistencia para el 53.02% de agregado fino.

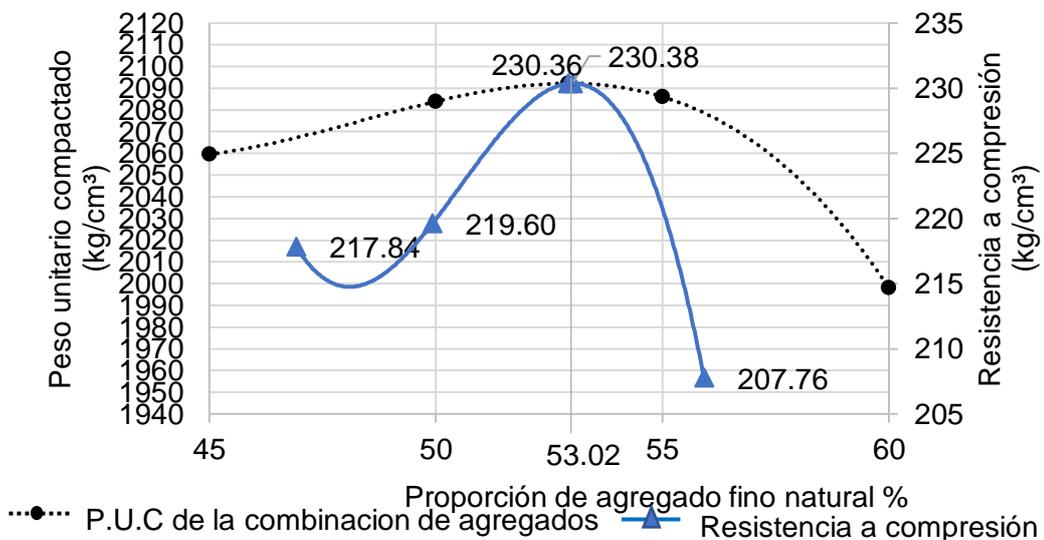
Figura A 12. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino para PATRÓN, $a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 13 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino, para obtener una mayor resistencia para PATRÓN, $a/c = 0.70$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 53.02% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 46.98%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño definitivo.

Figura A 13. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN, $a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 88 se muestra las propiedades de los materiales para diseño de PATRÓN, $a/c=0.70$ definitivo.

Tabla A 88. Propiedad de Materiales para Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.70$

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2605	2697	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	1.82	0.48	-	-
Absorción (A)	%	2.03	0.87	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	53.02	46.98	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 89 se muestra el diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, definitivo.

Tabla A 89. Diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, Agua = 197L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.02/46.98

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	281.43	0.0899	1.00	281.43	1.00	5.74	6.62
Agua	197.00	0.1970	0.70	202.44	0.72	4.13	-
Arena	979.88	0.3762	3.48	997.71	3.55	20.34	-
Piedra	868.25	0.3219	3.09	872.42	3.10	17.79	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2326.56	1.00	-	2354.01	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B 2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADOS ECOLÓGICOS ECO

Para el concreto con agregados ecológicos de concreto reciclado ECO se siguió el procedimiento del diseño de concreto con agregados naturales, tomando en cuenta lo planteado que consiste en mantener la relación agua cemento a/c , variando la cantidad de agua y cemento para obtener el asentamiento solicitado. En la Tabla A 90 se muestran las propiedades de los materiales de concreto con agregados ecológicos para diseño.

Tabla A 90. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Construcciones ecológicas		sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2224	2356	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	9.03	2.38	-	-
Absorción (A)	%	7.40	5.72	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1/2"	-	-
% Agregados del máximo peso compactado	%	49.42	50.58	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En el diseño de concreto con agregado naturales PATRÓN, se utilizó $a/c=0.60$, 0.65 y 0.70, estos se utilizaron para el nuevo diseño del concreto ecológico ECO.

B 2.1. Diseño de mezcla de concreto con agregados ecológicos ECO $a/c=0.60$ con asentamiento de 3" a 4".

De acuerdo al procedimiento de diseño, para ECO , $a/c = 0.60$ y asentamiento de 3" a 4" se necesita 220 L de agua y da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido, luego se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , según sea necesario, para obtener el porcentaje que, de la mayor resistencia de compresión a 7 días, en la Tabla A 91 se muestra la variación del porcentaje requeridos para ECO $a/c = 0.60$.

Tabla A 91. Variación de Proporción de Agregados Ecológicos ECO, $a/c = 0.60$

Agregado fino %	Agregado grueso %
46.42	53.58
49.42	50.58
52.42	47.58
55.42	44.58

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 92, Tabla A 93, Tabla A 94 y Tabla A 95 se muestra el diseño para cada variación de porcentaje de agregados para ECO, $a/c=0.60$.

Tabla A 92. Diseño de ECO, $a/c = 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 46.42/53.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	366.67	0.1171	1.00	366.67	1.00	8.21	8.63
Agua	220.00	0.2200	0.60	235.11	0.64	5.26	-
Arena	678.89	0.3053	1.85	740.19	2.02	16.57	-
Piedra	783.60	0.3326	2.14	802.25	2.19	17.96	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2049.16	1.00	-	2144.22	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 93. Diseño de ECO, $a/c = 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 49.42/50.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	366.67	0.1171	1.00	366.67	1.00	8.22	8.63
Agua	220.00	0.2200	0.60	232.90	0.64	5.22	-
Arena	721.51	0.3244	1.97	786.67	2.15	17.63	-
Piedra	738.45	0.3134	2.01	756.02	2.06	16.94	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2046.63	1.00	-	2142.26	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 94. Diseño de ECO, $a/c = 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 52.42/47.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	366.67	0.1171	1.00	366.67	1.00	8.22	8.63
Agua	220.00	0.2200	0.60	230.71	0.63	5.17	-
Arena	763.99	0.3435	2.08	832.98	2.27	18.68	-
Piedra	693.45	0.2943	1.89	709.95	1.94	15.92	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2044.11	1.00	-	2140.31	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 95. Diseño de ECO, $a/c = 0.60$, Agua = 220 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 55.42/44.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	366.67	0.1171	1.00	366.67	1.00	8.23	8.63
Agua	220.00	0.2200	0.60	228.52	0.62	5.13	-
Arena	806.32	0.3626	2.20	879.13	2.40	19.73	-
Piedra	648.61	0.2753	1.77	664.04	1.81	14.91	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2041.59	1.00	-	2138.36	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la Tabla A 96, Tabla A 97, Tabla A 98 y Tabla A 99 presentando la resistencia correspondiente a los cambios de proporción de agregados.

Tabla A 96. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, $a/c=0.60$, % Agregado Fino Ecológico

= 46.42, % Agregado Grueso Ecológico = 53.58

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm^2)	Carga (kg)	f'c (kg/cm^2)
1	10.01	10.02	10.02	78.78	15838.00	201.05
2	10.01	10.01	10.01	78.70	16794.00	213.40
3	10.00	10.04	10.02	78.85	15882.00	201.41
4	9.97	10.00	9.99	78.30	16656.00	212.71
5	9.99	10.02	10.01	78.62	16131.00	205.18
6	10.00	10.01	10.01	78.62	16106.00	204.86
7	10.00	10.02	10.01	78.70	15346.00	195.00
f'c promedio (kg/cm^2)						204.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 97. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.60, % Agregado Fino Ecológico

= 49.42, % Agregado Grueso Ecológico = 50.58

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.97	9.98	78.23	16921.00	216.31
2	9.95	10.00	9.98	78.15	16431.00	210.26
3	9.95	9.98	9.97	77.99	16796.00	215.36
4	10.00	10.00	10.00	78.54	16470.00	209.70
5	9.96	9.99	9.98	78.15	17133.00	219.24
6	10.00	9.97	9.99	78.30	16869.00	215.43
7	9.98	9.90	9.94	77.60	16348.00	210.67
f'c promedio (kg/cm²)						213.85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 98. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.60, % Agregado Fino Ecológico

= 52.42, % Agregado Grueso Ecológico = 47.58

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	9.98	9.99	78.38	18443.00	235.29
2	10.00	9.98	9.99	78.38	17172.00	219.08
3	9.96	9.96	9.96	77.91	17506.00	224.69
4	9.95	10.00	9.98	78.15	16599.00	212.41
5	9.98	9.96	9.97	78.07	17737.00	227.20
6	9.90	9.99	9.95	77.68	16806.00	216.35
7	9.90	9.94	9.92	77.29	17414.00	225.31
f'c promedio (kg/cm²)						222.90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 99. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.60, % Agregado Fino Ecológico

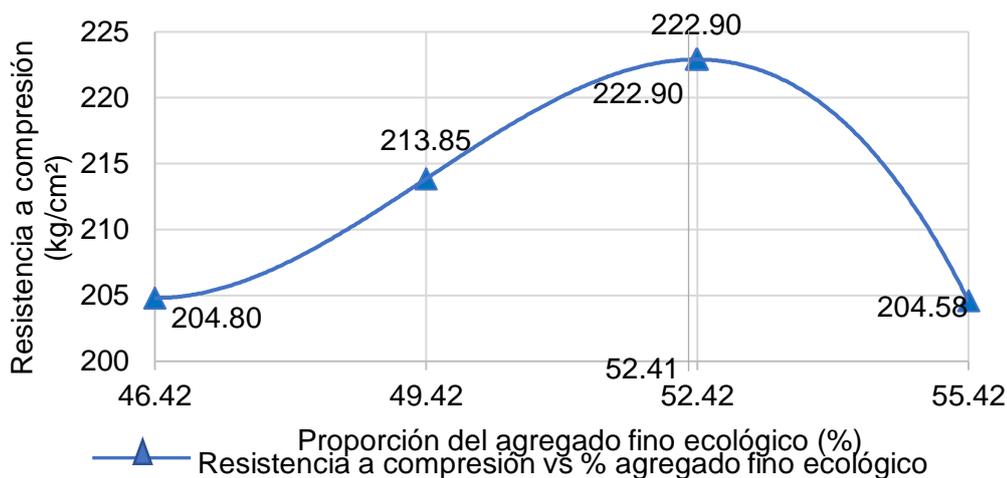
= 55.42, % Agregado Grueso Ecológico = 44.58

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.08	10.07	10.08	79.72	15851.00	198.83
2	9.99	9.97	9.98	78.23	15543.00	198.69
3	10.07	10.06	10.07	79.56	16808.00	211.25
4	10.05	10.07	10.06	79.49	16629.00	209.21
5	9.92	9.90	9.91	77.13	16757.00	217.25
6	9.93	9.94	9.94	77.52	16233.00	209.40
7	10.03	10.02	10.03	78.93	14797.00	187.46
f'c promedio (kg/cm²)						204.58

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 14 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de agregado fino ecológico para ECO, $a/c = 0.60$, en el cual se obtiene la mayor resistencia para el 52.41% de agregado fino.

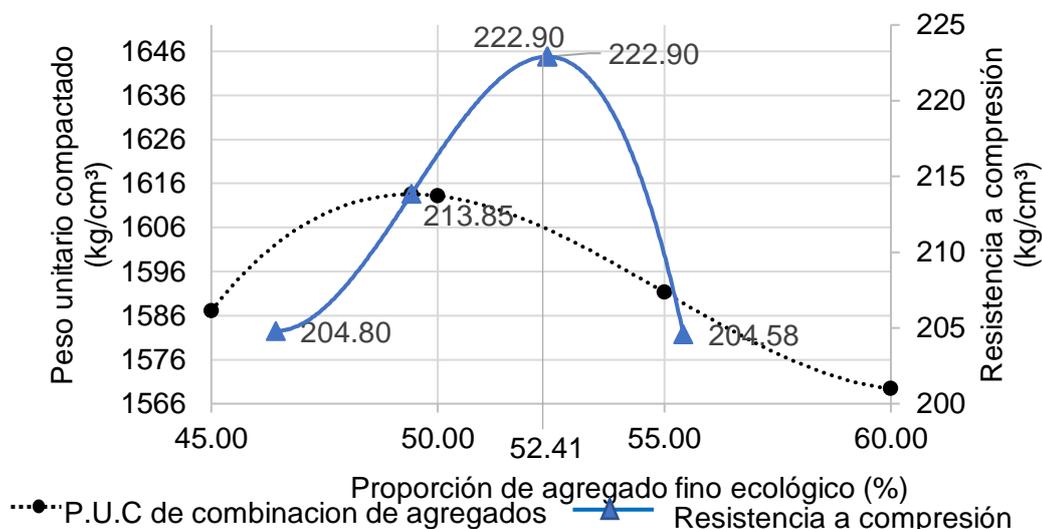
Figura A 14. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino Ecológico para ECO, $a/c = 0.60$



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 15 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino ecológico, para obtener una mayor resistencia para ECO, $a/c = 0.60$ el porcentaje óptimo de agregado fino es de 52.41% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 47.59%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño definitivo.

Figura A 15. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión ECO, a/c=0.60



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 100 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto ecológico ECO a/c=0.60 y asentamiento de 3" a 4".

Tabla A 100. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c = 0.60

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Construcciones ecológicas		sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m³	2224	2356	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	9.03	2.38	-	-
Absorción (A)	%	7.40	5.72	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1/2"	-	-
% Agregados ecológicos	%	52.41	47.59	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 101 se muestra el diseño definitivo de ECO, a/c= 0.60 y asentamiento de 3" a 4".

Tabla A 101. Diseño de Concreto ECO, $a/c = 0.60$, Agua = 220L, % Agregado Fino Ecológico / %

Agregado Grueso Ecológico = 52.41/47.59

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	366.67	0.1171	1.00	366.67	1.00	8.22	8.63
Agua	220.00	0.2200	0.60	230.72	0.63	5.17	-
Arena	763.85	0.3435	2.08	832.82	2.27	18.68	-
Piedra	693.60	0.2944	1.89	710.11	1.94	15.93	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2044.11	1.00	-	2140.31	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 2.2. Diseño de mezcla de concreto con agregados ecológicos ECO, $a/c=0.65$ y asentamiento de 3" a 4".

De acuerdo al procedimiento de diseño, para ECO, $a/c = 0.65$ se usa 217 L de agua con el cual da un asentamiento de 3 1/4" con ello cumple con lo requerido, luego se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , según sea necesario, para obtener el porcentaje que nos de la mayor resistencia de compresión a 7 días, en la Tabla A 102 se muestra la variación del porcentaje requeridos para ECO, $a/c = 0.65$.

Tabla A 102. Variación de Proporción de Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$

Agregado fino %	Agregado grueso %
46.42	53.58
49.42	50.58
52.42	47.58
55.42	44.58

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 103, Tabla A 104, Tabla A 105 y Tabla A 106 se muestra el diseño para cada variación de porcentaje de agregados para ECO, $a/c=0.65$.

Tabla A 103. Diseño de ECO, $a/c= 0.65$, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 46.42/53.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	333.85	0.1067	1.00	333.85	1.00	7.48	7.86
Agua	217.00	0.2170	0.65	232.43	0.70	5.21	-
Arena	693.24	0.3117	2.08	755.84	2.26	16.94	-
Piedra	800.17	0.3396	2.40	819.21	2.45	18.36	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2044.26	1.00	-	2141.33	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 104. Diseño de ECO, $a/c= 0.65$, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 49.42/50.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	333.85	0.1067	1.00	333.85	1.00	7.49	7.86
Agua	217.00	0.2170	0.65	230.18	0.69	5.16	-
Arena	736.77	0.3313	2.21	803.30	2.41	18.02	-
Piedra	754.06	0.3201	2.26	772.01	2.31	17.32	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2041.67	1.00	-	2139.33	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 105. Diseño de ECO, $a/c= 0.65$, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 52.42/47.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	333.85	0.1067	1.00	333.85	1.00	7.50	7.86
Agua	217.00	0.2170	0.65	227.93	0.68	5.12	-
Arena	780.14	0.3508	2.34	850.59	2.55	19.10	-
Piedra	708.11	0.3006	2.12	724.96	2.17	16.28	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2039.10	1.00	-	2137.33	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 106. Diseño de ECO, $a/c= 0.65$, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 55.42/44.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	333.85	0.1067	1.00	333.85	1.00	7.50	7.86
Agua	217.00	0.2170	0.65	225.70	0.68	5.07	-
Arena	823.37	0.3702	2.47	897.72	2.69	20.18	-
Piedra	662.32	0.2811	1.98	678.08	2.03	15.24	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2036.53	1.00	-	2135.35	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla A 107, Tabla A 108, Tabla A 109 y Tabla A 110 la resistencia correspondiente a los cambios de proporción de agregados.

Tabla A 107. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, $a/c=0.65$, % Agregado Fino

Ecológico = 46.42, % Agregado Grueso Ecológico = 53.58

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm^2)	Carga (kg)	f'c (kg/cm^2)
1	9.91	9.96	9.94	77.52	13621.00	175.70
2	9.93	9.93	9.93	77.44	13693.00	176.81
3	9.95	9.98	9.97	77.99	12852.00	164.79
4	10.05	9.92	9.99	78.30	13231.00	168.97
5	9.94	9.94	9.94	77.60	14041.00	180.94
6	9.94	9.94	9.94	77.60	12943.00	166.79
7	9.94	9.95	9.95	77.68	12943.00	166.62
f'c promedio (kg/cm^2)						171.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 108. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, $a/c=0.65$, % Agregado Fino

Ecológico = 49.42, % Agregado Grueso Ecológico = 50.58.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm^2)	Carga (kg)	f'c (kg/cm^2)
1	9.89	9.94	9.92	77.21	14220.00	184.17
2	9.98	9.88	9.93	77.44	14200.00	183.36
3	9.90	9.90	9.90	76.98	14733.00	191.40
4	9.93	9.90	9.92	77.21	13604.00	176.19
5	9.93	9.93	9.93	77.44	14127.00	182.42
6	9.89	9.91	9.90	76.98	14539.00	188.87
7	9.91	9.92	9.92	77.21	14904.00	193.03
f'c promedio (kg/cm^2)						185.63

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 109. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.65, % Agregado Fino

Ecológico = 52.42, % Agregado Grueso Ecológico = 47.58.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.92	9.95	9.94	77.52	14937.00	192.68
2	9.94	9.96	9.95	77.76	15549.00	199.97
3	9.94	9.97	9.96	77.83	14388.00	184.85
4	9.95	9.89	9.92	77.29	15141.00	195.90
5	9.93	9.95	9.94	77.60	15478.00	199.46
6	9.93	9.93	9.93	77.44	15038.00	194.18
7	9.95	9.93	9.94	77.60	15423.00	198.75
f'c promedio (kg/cm²)						195.11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 110. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, ECO, a/c=0.65, % Agregado Fino

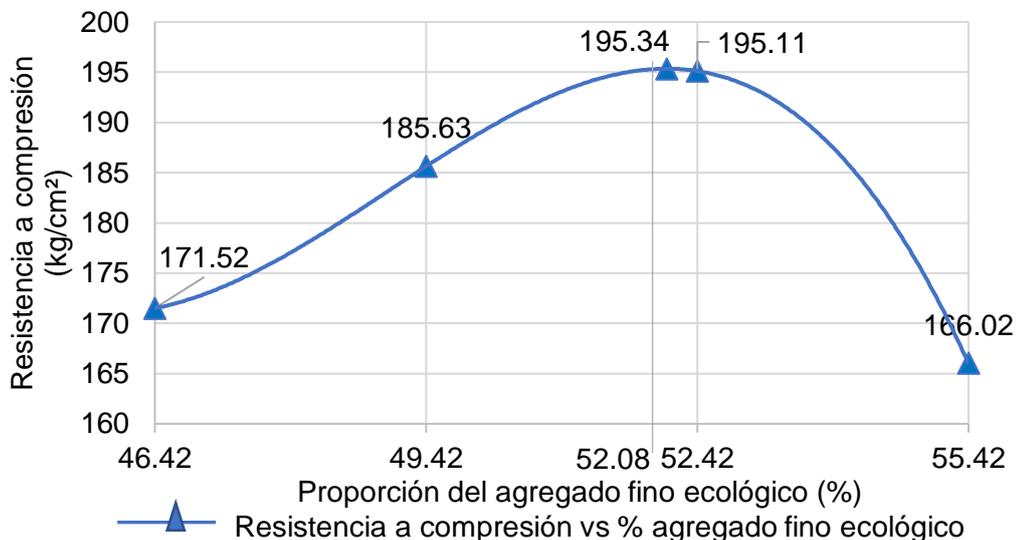
Ecológico = 55.42, % Agregado Grueso Ecológico = 44.58.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	9.94	9.95	77.76	11906.00	153.12
2	9.98	9.90	9.94	77.60	13300.00	171.39
3	10.07	9.98	10.03	78.93	12743.00	161.44
4	9.96	9.95	9.96	77.83	12708.00	163.27
5	9.94	9.95	9.95	77.68	13515.00	173.99
6	9.95	9.93	9.94	77.60	13222.00	170.39
7	9.96	9.96	9.96	77.91	13131.00	168.53
f'c promedio (kg/cm²)						166.02

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 16 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de agregado fino ecológico para ECO, a/c = 0.65, en el cual se obtiene la mayor resistencia para el 52.08% de agregado fino.

Figura A 16. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino Ecológico para ECO,
 $a/c= 0.65$.

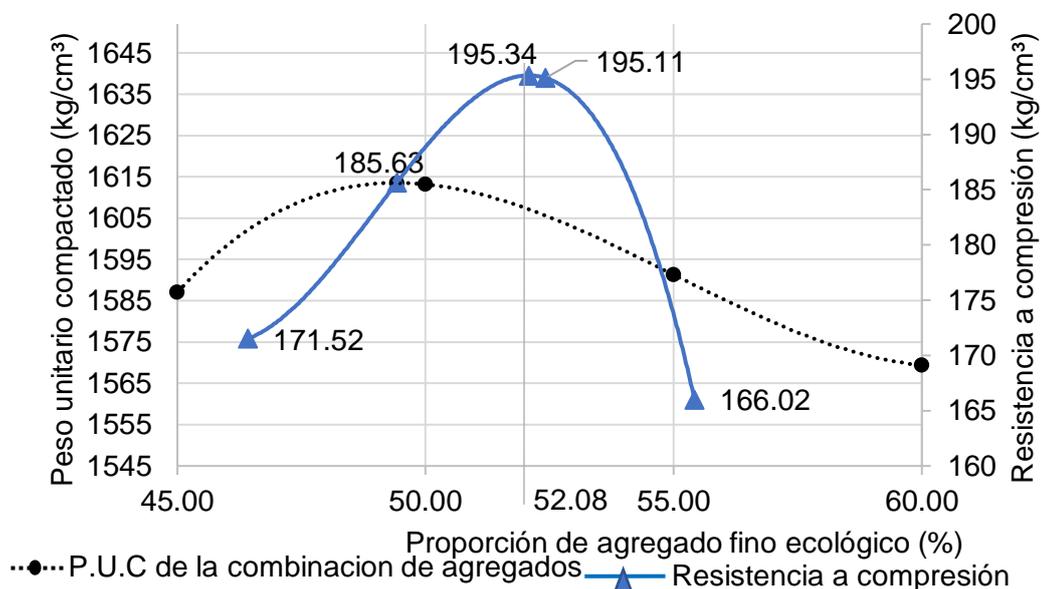


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 17 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino ecológico, para obtener una mayor resistencia para ECO, $a/c = 0.65$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 52.08% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 47.92%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño definitivo.

Figura A 17. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de ECO,

$a/c=0.65$



Fuente: Elaboración propia.

En Tabla A 111 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto ecológico ECO, $a/c=0.65$.

Tabla A 111. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO,

$a/c=0.65$

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2224	2356	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	9.03	2.38	-	-
Absorción (A)	%	7.40	5.72	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1/2"	-	-
% Agregados ecológicos	%	52.08	47.92	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 112 se muestra el diseño definitivo de concreto ecológico para ECO, $a/c= 0.65$.

Tabla A 112. Diseño de ECO, $a/c = 0.65$, Agua = 217L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 52.08/47.92

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	333.85	0.1067	1.00	333.85	1.00	7.50	7.86
Agua	217.00	0.2170	0.65	228.19	0.68	5.12	-
Arena	775.23	0.3486	2.32	845.24	2.53	18.98	-
Piedra	713.31	0.3028	2.14	730.29	2.19	16.40	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2039.39	1.00	-	2137.56	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 2.3. Diseño de mezcla de concreto con agregados ecológicos ECO, $a/c=0.70$ y asentamiento de 3" a 4"

De acuerdo al procedimiento de diseño, para ECO, $a/c = 0.70$ se usa 214 L de agua y da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido, luego se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , según sea necesario, para obtener el porcentaje que nos de la mayor resistencia de compresión a 7 días, en la Tabla A 113 se muestra la variación del porcentaje requerido para ECO, $a/c = 0.70$.

Tabla A 113. Variación de Proporción de Agregados Ecológicos para ECO, $a/c=0.70$

Agregado fino %	Agregado grueso %
46.42	53.58
49.42	50.58
52.42	47.58
55.42	44.58

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra la Tabla A 114, Tabla A 115, Tabla A 116 y la Tabla A 117 con el diseño para cada variación de porcentaje de agregados para ECO, $a/c=0.70$.

Tabla A 114. Diseño de ECO, $a/c= 0.70$, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 46.42/53.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	305.71	0.0977	1.00	305.71	1.00	6.86	7.19
Agua	214.00	0.2140	0.70	229.71	0.75	5.15	-
Arena	706.00	0.3174	2.31	769.75	2.52	17.27	-
Piedra	814.90	0.3459	2.67	834.29	2.73	18.72	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2040.61	1.00	-	2139.47	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 115. Diseño de ECO, $a/c= 0.70$, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 49.42/50.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	305.71	0.0977	1.00	305.71	1.00	6.87	7.19
Agua	214.00	0.2140	0.70	227.42	0.74	5.11	-
Arena	750.33	0.3374	2.45	818.08	2.68	18.37	-
Piedra	767.94	0.3260	2.51	786.22	2.57	17.66	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2037.98	1.00	-	2137.43	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 116. Diseño de ECO, $a/c= 0.70$, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 52.42/47.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	305.71	0.0977	1.00	305.71	1.00	6.87	7.19
Agua	214.00	0.2140	0.70	225.14	0.74	5.06	-
Arena	794.50	0.3572	2.60	866.24	2.83	19.47	-
Piedra	721.14	0.3061	2.36	738.31	2.42	16.60	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2035.36	1.00	-	2135.40	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 117. Diseño de ECO, a/c= 0.70, Agua = 214L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado

Grueso Ecológico = 55.42/44.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco	volumen	Relación en peso	Peso obra	Relación en peso	tanda	bolsa cem.
	kg	m ³		kg		kg	unid.
Cemento	305.71	0.0977	1.00	305.71	1.00	6.88	7.19
Agua	214.00	0.2140	0.70	222.86	0.73	5.01	-
Arena	838.52	0.3770	2.74	914.24	2.99	20.57	-
Piedra	674.51	0.2863	2.21	690.56	2.26	15.54	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2032.75	1.00	-	2133.38	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla A 118, Tabla A 119, Tabla A 120 y Tabla A 121 la resistencia correspondiente a los cambios de proporción de agregados.

Tabla A 118. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino

Ecológico = 46.42, % Agregado Grueso Ecológico = 53.58

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	10.02	10.01	78.62	9839.00	125.15
2	9.96	9.97	9.97	77.99	9784.00	125.45
3	10.00	10.01	10.01	78.62	10855.00	138.07
4	9.96	9.94	9.95	77.76	10473.00	134.69
5	10.03	10.04	10.04	79.09	11438.00	144.62
6	10.00	9.95	9.98	78.15	10939.00	139.98
7	9.97	9.96	9.97	77.99	10110.00	129.63
f'c promedio (kg/cm²)						133.94

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 119. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino

Ecológico = 49.42, % Agregado Grueso Ecológico = 50.58

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.97	9.98	78.23	10312.00	131.82
2	9.97	9.94	9.96	77.83	10275.00	132.01
3	9.99	9.99	9.99	78.38	10858.00	138.53
4	10.07	10.08	10.08	79.72	11394.00	142.92
5	9.97	9.95	9.96	77.91	10455.00	134.19
6	9.94	9.96	9.95	77.76	10334.00	132.90
7	9.99	9.95	9.97	78.07	10020.00	128.35
f'c promedio (kg/cm²)						134.39

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 120. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino*Ecológico = 52.42, % Agregado Grueso Ecológico = 47.58*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.96	9.98	78.15	10229.00	130.89
2	9.98	10.00	9.99	78.38	11016.00	140.54
3	10.00	10.02	10.01	78.70	10238.00	130.09
4	9.99	9.99	9.99	78.38	10645.00	135.81
5	10.00	9.97	9.99	78.30	10631.00	135.77
6	9.99	9.99	9.99	78.38	10322.00	131.69
7	10.02	10.07	10.05	79.25	11018.00	139.03
f'c promedio (kg/cm²)						134.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 121. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de ECO, a/c=0.70, % Agregado Fino*Ecológico = 55.42, % Agregado Grueso Ecológico = 44.58*

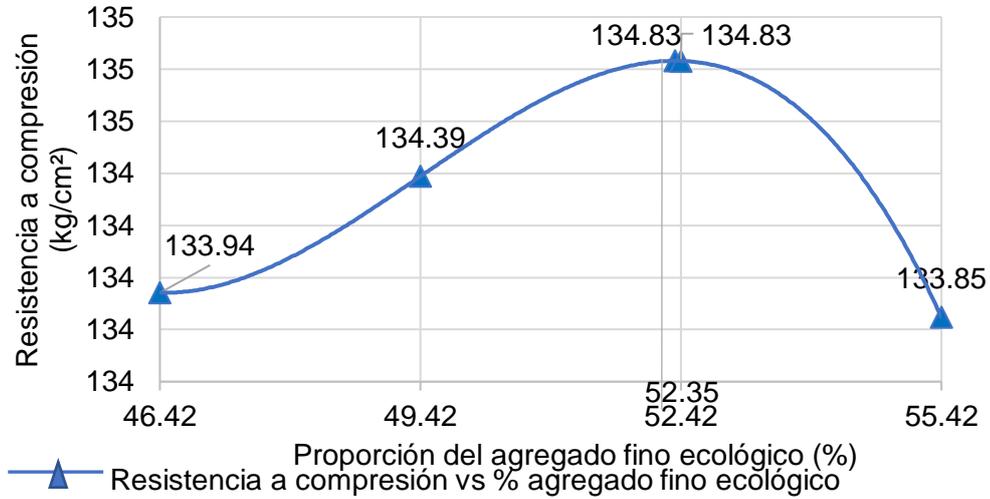
N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.99	9.99	78.38	10105.00	128.92
2	9.97	10.00	9.99	78.30	10288.00	131.38
3	10.06	10.02	10.04	79.17	10731.00	135.54
4	10.03	9.98	10.01	78.62	10348.00	131.62
5	9.97	9.96	9.97	77.99	10109.00	129.62
6	9.97	9.98	9.98	78.15	11369.00	145.48
7	9.99	9.95	9.97	78.07	10490.00	134.37
f'c promedio (kg/cm²)						133.85

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 18 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de agregado fino ecológico para ECO, a/c = 0.70, en el cual se obtiene la mayor resistencia para el 52.35% de agregado fino.

Figura A 18. Resistencia a la Compresión vs Variación de % Agregado Fino Ecológico para ECO,

$a/c = 0.70$

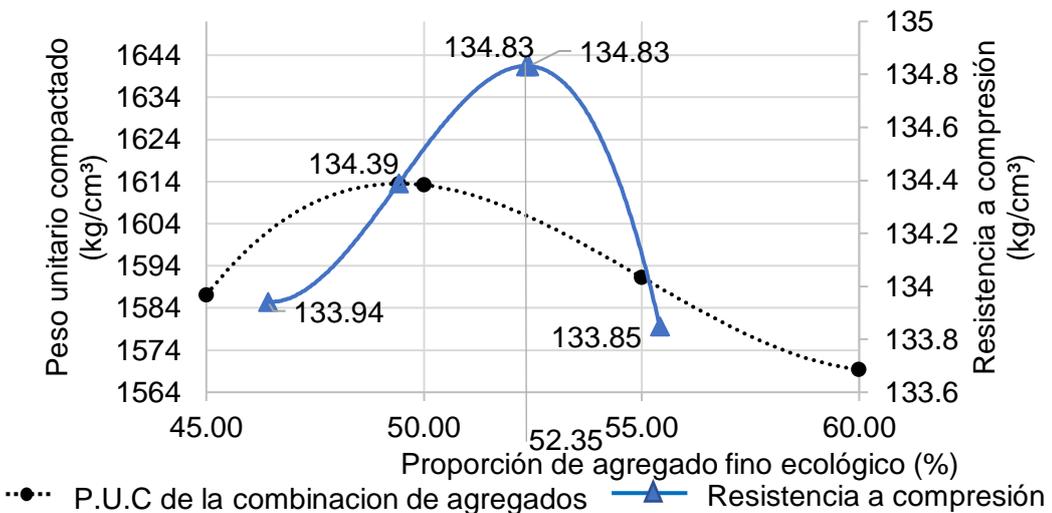


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 19 se presenta el traslape del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino ecológico, para obtener una mayor resistencia para ECO, $a/c = 0.70$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 52.35% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 47.65%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño definitivo.

Figura A 19. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión para ECO,

$a/c = 0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 122 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto ecológico ECO $a/c=0.70$.

Tabla A 122. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregados Ecológicos ECO,
 $a/c = 0.70$

Descripción	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2224	2356	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	9.03	2.38	-	-
Absorción (A)	%	7.40	5.72	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1/2"	-	-
% Agregados ecológicos	%	52.35	47.65	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 123 se muestra el diseño definitivo de concreto ecológico para ECO, $a/c= 0.70$.

Tabla A 123. Diseño de ECO, $a/c= 0.70$, Agua = 214 L, % Agregado Fino Ecológico / % Agregado Grueso Ecológico = 52.35/47.65

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	305.71	0.0977	1.00	305.71	1.00	6.87	7.19
Agua	214.00	0.2140	0.70	225.19	0.74	5.06	-
Arena	793.47	0.3568	2.60	865.12	2.83	19.45	-
Piedra	722.23	0.3066	2.36	739.42	2.42	16.62	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2035.42	1.00	-	2135.45	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 2.4. Diseño de mezcla de concreto con agregados ecológicos y aditivo superplastificante ECO+ADIT para $a/c= 0.60, 0.65$ y 0.70

El diseño de mezcla de ECO+ADIT consiste en el diseño de concreto con agregados ecológicos más aditivo superplastificante en un porcentaje de 0.7% en peso de cemento, considerando los $a/c= 0.60, 0.65$ y 0.70 cuyos valores se

mantienen fijos, variando la cantidad de agua, consecuentemente la cantidad de cemento para obtener el asentamiento solicitado, la proporción de agregados se consideró la del diseño de mezcla de concreto ecológico ECO.

En la siguiente Tabla A 124, Tabla A 125 y Tabla A 126, se muestra el diseño definitivo de concreto con agregados ecológico más aditivo superplastificante cuya cantidad es el 0.7% del peso de cemento ECO+ADIT para a/c= 0.60, 0.65, 0.70.

Tabla A 124. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.60, Agua = 187 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del

Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.41/47.59

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	311.67	0.0996	1.00	311.67	1.00	6.88	7.33
Agua	187.00	0.1870	0.60	198.53	0.64	4.39	-
Arena	822.03	0.3696	2.64	896.26	2.88	19.80	-
Piedra	746.43	0.3168	2.39	764.20	2.45	16.88	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	2.18	0.0020	0.01	2.18	0.01	0.05	-
Total	2069.32	1.0000	-	2172.84	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 125. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.65, Agua = 183 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del

Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.08/47.92

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	281.54	0.0899	1.00	281.54	1.00	6.22	6.62
Agua	183.00	0.1830	0.65	195.03	0.69	4.31	-
Arena	833.46	0.3748	2.96	908.72	3.23	20.08	-
Piedra	766.89	0.3255	2.72	785.14	2.79	17.35	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	1.97	0.0018	0.01	1.97	0.01	0.04	-
Total	2066.85	1.0000	-	2172.40	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 126. Diseño de ECO+ADIT, a/c= 0.70, Agua = 180 L, Aditivo Superplastificante = 0.7% del

Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.35/47.65

Materiales	Diseño seco			Diseño húmedo			Bolsa cem. unid.
	Peso seco kg	Volumen m ³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	
Cemento	257.14	0.0822	1.00	257.14	1.00	5.68	6.05
Agua	180.00	0.1800	0.70	192.00	0.75	4.24	-
Arena	850.75	0.3825	3.31	927.57	3.61	20.51	-
Piedra	774.37	0.3287	3.01	792.80	3.08	17.53	-
Aire	0.00	0.0250	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	1.80	0.0016	0.01	1.80	0.01	0.04	-
Total	2064.06	1.0000	-	2171.31	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan la Tabla A 127, Tabla A 128, Tabla A 129 y Tabla A 130 donde se presenta el peso de materiales y volumen de materiales por metro cubico de cada tipo de diseño seco y húmedo respectivamente.

Tabla A 127. Peso de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
		Cemento	kg	333.33	305.38	281.43	366.67	333.85	305.71	311.67
Agua	lt	200.00	198.50	197.00	220.00	217.00	214.00	187.00	183.00	180.00
Arena	kg	990.80	930.66	868.98	763.85	775.23	793.47	822.03	833.46	850.75
Piedra	kg	804.13	894.52	983.07	693.60	713.31	722.23	746.43	766.89	774.37
Aire	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aditivo	kg	-	-	-	-	-	-	2.18	1.97	1.80
Total	kg	2328.27	2329.07	2330.48	2044.11	2039.39	2035.42	2069.32	2066.85	2064.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 128. Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño Seco

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
		Cemento	m ³	0.1065	0.0976	0.0899	0.1171	0.1067	0.0977	0.0996
Agua	m ³	0.2000	0.1985	0.1970	0.2200	0.2170	0.2140	0.1870	0.1830	0.1800
Arena	m ³	0.3803	0.3573	0.3336	0.3435	0.3486	0.3568	0.3696	0.3748	0.3825
Piedra	m ³	0.2982	0.3317	0.3645	0.2944	0.3028	0.3066	0.3168	0.3255	0.3287
Aire	m ³	0.0150	0.0150	0.0150	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
Aditivo	m ³	-	-	-	-	-	-	0.0020	0.0018	0.0016
Total	m ³	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 129. Peso de Materiales Para Cada Diseño húmedo

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
		Cemento	kg	333.33	305.38	281.43	366.67	333.85	305.71	311.67
Agua	lt	205.22	203.94	202.66	230.72	228.19	225.19	198.53	195.03	192.00
Arena	kg	1008.84	947.60	884.80	832.82	845.24	865.12	896.26	908.72	927.57
Piedra	kg	807.99	898.82	987.79	710.11	730.29	739.42	764.20	785.14	792.80
Aire	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aditivo	kg	-	-	-	-	-	-	2.18	1.97	1.80
Total	kg	2355.38	2355.74	2356.67	2140.31	2137.56	2135.45	2172.84	2172.40	2171.31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 130. Volumen de Materiales de Cada Tipo de Diseño húmedo.

Materiales	Unidad	Diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN.			Diseño de concreto con agregados ecológicos, manteniendo fijo la relación agua/cemento ECO.			Diseño de concreto con agregados ecológicos más 0.7% de aditivo superplastificante ECO+ADIT		
		0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70	0.60	0.65	0.70
		Cemento	m ³	0.1065	0.0976	0.0899	0.1171	0.1067	0.0977	0.0996
Agua	m ³	0.2052	0.2039	0.2027	0.2307	0.2282	0.2252	0.1985	0.1950	0.1920
Arena	m ³	0.5808	0.5455	0.5094	0.5944	0.6033	0.6175	0.6397	0.6486	0.6621
Piedra	m ³	0.5732	0.6376	0.7007	0.5562	0.5720	0.5792	0.5986	0.6150	0.6210
Aire	m ³	0.0150	0.0150	0.0150	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
Aditivo	m ³	-	-	-	-	-	-	0.0020	0.0018	0.0016
Total	m ³	1.48	1.50	1.52	1.52	1.54	1.54	1.56	1.58	1.58

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C. CONCRETO FRESCO

ANEXO C 1. ASENTAMIENTO

Tabla A 131. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Asentamiento (pulg)			Asentamiento promedio	
			N.º 1	N.º 2	N.º 3	(pulg)	(mm)
PATRÓN	0.60	333.33	3 1/2	3 1/2	3 3/4	3.58	91
ECO	0.60	366.67	3 1/2	3 1/2	3 1/3	3.44	87
ECO+ADIT	0.60	311.67	3 1/2	3 3/4	4	3.75	95
PATRÓN	0.65	305.38	4	3 3/4	3 3/4	3.83	97
ECO	0.65	333.85	3 3/4	3 3/4	3 3/4	3.75	95
ECO+ADIT	0.65	281.54	3 3/4	3 3/4	4	3.83	97
PATRÓN	0.70	281.43	3 1/4	3 1/4	3 1/2	3.33	85
ECO	0.70	305.71	3 1/2	3 3/4	3 3/4	3.67	93
ECO+ADIT	0.70	257.14	3 1/2	3 3/4	3 3/4	3.67	93

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C 2. FLUIDEZ

Tabla A 132. Fluidez de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN.

a/c / Cemento (kg/m ³)	Diámetro (cm)						d. prom (cm)	d. equip (cm)	Fluidez (%)	Prom. de fluidez (%)
	d1	d2	d3	d4	d5	d6				
0.60 / 333.33	33.2	32.4	33.4	33.4	33.3	33.4	33.18	25	32.73	31.07
	31.8	32.6	32.2	32.5	31.7	33.3	32.35	25	29.40	
0.65 / 305.38	33.1	33.0	33.0	34.5	32.5	34.3	33.40	25	33.60	34.27
	33.3	33.5	33.9	33.9	34.5	33.3	33.73	25	34.93	
0.70 / 281.43	34.0	34.1	33.0	33.1	33.8	34.3	33.72	25	34.87	35.17
	34	34	34	34	34	34	33.87	25	35.47	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 133. Fluidez de Concreto con Agregados Ecológicos ECO.

a/c / Cemento (kg/m ³)	Diámetro (cm)						d. prom (cm)	d. equip (cm)	Fluidez (%)	Prom. de fluidez (%)
	d1	d2	d3	d4	d5	d6				
0.60 / 366.67	31.5	31.3	31.4	31.2	31.1	31.4	31.32	25	25.27	26.53
	31.8	31.9	32.5	31.5	32.0	32.0	31.95	25	27.80	
0.65 / 333.85	31.8	33.0	32.0	33.0	32.0	33.0	32.47	25	29.87	32.87
	33.0	34.0	34.4	35.0	33.4	34.0	33.97	25	35.87	
0.70 / 305.71	31.8	31.5	31.5	31.8	32.5	32.0	31.85	25	27.40	30.50
	33.5	33.5	33.6	33.0	33.4	33.4	33.40	25	33.60	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 134. *Fluidez de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT.*

a/c / Cemento (kg/m ³)	Diámetro (cm)						d. prom (cm)	d. equip (cm)	Fluidez (%)	Prom. de fluidez (%)
	d1	d2	d3	d4	d5	d6				
0.60 / 311.67	34.0	31.5	32.8	35.0	33.8	32.5	33.27	25	33.07	33.33
	33.5	32.5	34.0	32.5	34.5	33.4	33.40	25	33.60	
0.65 / 281.54	31.5	35.0	34.0	33.0	34.0	31.4	33.15	25	32.60	34.77
	34.8	32.5	33.3	34.5	36.0	34.3	34.23	25	36.93	
0.70 / 257.14	33.1	32.8	32.0	32.8	33.0	32.0	32.62	25	30.47	31.37
	32.5	33.5	33.8	32.6	32.4	33.6	33.07	25	32.27	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 135. *Fluidez de los Diferentes Tipos de Concreto.*

Tipo de concreto	a/c	Cemento	Fluidez
		kg/m ³	%
PATRÓN	0.60	333.33	31.07
	0.65	305.38	34.27
	0.70	281.43	35.17
ECO	0.60	366.67	26.53
	0.65	333.85	32.87
	0.70	305.71	30.50
ECO+ADIT	0.60	311.67	33.33
	0.65	281.54	34.77
	0.70	257.14	31.37

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C 3. PESO UNITARIO

Tabla A 136. *Peso Unitario de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN.*

a/c / cemento (kg/m ³)	Peso de recipiente + muestra	Peso de recipiente	Peso de muestra	Vol. de recipiente (1/3pie ³)	Peso unitario	Peso unitario promedio
	kg	kg	kg	m ³	kg/m ³	kg/m ³
0.60 / 333.33	27.81	5.51	22.3	0.00944	2362.57	2363.99
	27.72	5.51	22.21	0.00944	2353.04	
	27.94	5.51	22.43	0.00944	2376.35	
0.65 / 305.38	27.77	5.51	22.26	0.00944	2358.34	2365.05
	27.65	5.51	22.14	0.00944	2345.62	
	28.08	5.51	22.57	0.00944	2391.18	
0.70 / 281.43	27.76	5.51	22.25	0.00944	2357.28	2372.46
	28.04	5.51	22.53	0.00944	2386.94	
	27.91	5.51	22.4	0.00944	2373.17	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 137. Peso Unitario de Concreto con Agregados Ecológicos ECO.

a/c / cemento (kg/m ³)	Peso de recipiente + muestra	Peso de recipiente	Peso de muestra	Vol. de recipiente (1/3pie ³)	Peso unitario	Peso unitario promedio
	kg	kg	kg	m ³	kg/m ³	kg/m ³
0.60 / 366.67	24.52	5.51	19.01	0.00944	2014.01	
	24.74	5.51	19.23	0.00944	2037.32	2026.02
	24.64	5.51	19.13	0.00944	2026.73	
0.65 / 333.85	24.68	5.51	19.17	0.00944	2030.97	
	24.45	5.51	18.94	0.00944	2006.6	2018.96
	24.57	5.51	19.06	0.00944	2019.31	
0.70 / 305.71	24.58	5.51	19.07	0.00944	2020.37	
	24.46	5.51	18.95	0.00944	2007.66	2012.25
	24.47	5.51	18.96	0.00944	2008.72	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 138. Peso Unitario de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT

a/c / cemento (kg/m ³)	Peso de recipiente + muestra	Peso de recipiente	Peso de muestra	Vol. de recipiente (1/3pie ³)	Peso unitario	Peso unitario promedio
	kg	kg	kg	m ³	kg/m ³	kg/m ³
0.60 / 311.67	25.66	5.51	20.15	0.00944	2134.79	
	24.99	5.51	19.48	0.00944	2063.81	2099.48
	25.33	5.51	19.82	0.00944	2099.83	
0.65 / 281.54	25.29	5.51	19.78	0.00944	2095.59	
	25.20	5.51	19.69	0.00944	2086.06	2075.11
	24.80	5.51	19.29	0.00944	2043.68	
0.70 / 257.14	25.01	5.51	19.5	0.00944	2065.93	
	25.14	5.51	19.63	0.00944	2079.7	2052.51
	24.50	5.51	18.99	0.00944	2011.9	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 139. *Peso Unitario de los Diferentes Tipos de Concreto.*

Tipo de concreto	a/c	Cemento	Peso unitario
		kg/m ³	kg/m ³
PATRÓN	0.60	333.33	2363.99
	0.65	305.38	2365.05
	0.70	281.43	2372.46
ECO	0.60	366.67	2026.02
	0.65	333.85	2018.96
	0.70	305.71	2012.25
ECO+ADIT	0.60	311.67	2099.48
	0.65	281.54	2075.11
	0.70	257.14	2052.51

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C 4. EXUDACIÓN

C 4.1. Exudación de concreto de agregados naturales PATRÓN

Tabla A 140. *Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.60,*

Cemento=333.33 kg/m³.

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
08:51	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:01	10	10	1.2	1.2	0.00244	0.000244
09:11	10	20	3.6	4.8	0.00733	0.000733
09:21	10	30	4.6	9.4	0.00937	0.000937
09:31	10	40	9.5	18.9	0.01935	0.001935
10:01	30	70	19.2	38.1	0.03911	0.001304
10:31	30	100	10.7	48.8	0.02180	0.000727
11:01	30	130	8.5	57.3	0.01732	0.000577
11:31	30	160	1.8	59.1	0.00367	0.000122
12:01	30	190	2.4	61.5	0.00489	0.000163
12:31	30	220	0.0	61.5	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 141. Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$,

Cemento=305.38 kg/m³.

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
10:26	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:36	10	10	1.8	1.8	0.00367	0.000367
10:46	10	20	4.0	5.8	0.00815	0.000815
10:56	10	30	7.9	13.7	0.01609	0.001609
11:06	10	40	8.5	22.2	0.01732	0.001732
11:36	30	70	16.1	38.3	0.03280	0.001093
12:06	30	100	12.8	51.1	0.02608	0.000869
12:36	30	130	6.1	57.2	0.01243	0.000414
13:06	30	160	1.2	58.4	0.00244	0.000081
13:36	30	190	0.0	58.4	0.00000	0.000000
14:06	30	220	0.0	58.4	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 142. Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$,

Cemento=281.43 kg/m³.

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
11:28	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:38	10	10	2.4	2.4	0.00489	0.000489
11:48	10	20	4.5	6.9	0.00917	0.000917
11:58	10	30	7.2	14.1	0.01467	0.001467
12:08	10	40	10.2	24.3	0.02078	0.002078
12:38	30	70	19.6	43.9	0.03993	0.001331
13:08	30	100	16.0	59.9	0.03260	0.001087
13:38	30	130	7.0	66.9	0.01426	0.000475
14:08	30	160	1.8	68.7	0.00367	0.000122
14:38	30	190	0.9	69.6	0.00183	0.000061
15:08	30	220	0.0	69.6	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 143. Exudación de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN.

Descripción	Unidad	a/c / cemento		
		0.60 / 333.33	0.65 / 305.38	0.70 / 281.43
Masa de agua de exudación D	g	61.50	58.40	69.60
Agua de mezclado neta w	kg	9.58	9.52	9.46
Masa total de tanda W	kg	110.00	110.00	110.00
Masa de la muestra S	g	29590.00	29600.00	29700.00
Masa del agua en muestra del ensayo $C=(w/W) \times S$	g	2577.02	2561.75	2554.20
%Exudación = $100 \times (D/C)$	%	2.39	2.28	2.72

Fuente: Elaboración propia.

C 4.3. Exudación de concreto con agregados ecológicos ECO

Tabla A 144. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60, Cemento=366.67

kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
08:57	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:07	10	10	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:17	10	20	4.2	4.2	0.00856	0.000856
09:27	10	30	7.7	11.9	0.01569	0.001569
09:37	10	40	4.5	16.4	0.00917	0.000917
10:07	30	70	15.1	31.5	0.03076	0.001025
10:37	30	100	9.3	40.8	0.01895	0.000632
11:07	30	130	6.1	46.9	0.01243	0.000414
11:37	30	160	4.2	51.1	0.00856	0.000285
12:07	30	190	1.3	52.4	0.00265	0.000088
12:37	30	220	0.0	52.4	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 145. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m^3

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
08:25	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
08:35	10	10	1.8	1.8	0.00367	0.000367
08:45	10	20	3.5	5.3	0.00713	0.000713
08:55	10	30	3.6	8.9	0.00733	0.000733
09:05	10	40	10.0	18.9	0.02037	0.002037
09:35	30	70	14.0	32.9	0.02852	0.000951
10:05	30	100	9.7	42.6	0.01976	0.000659
10:35	30	130	6.1	48.7	0.01243	0.000414
11:05	30	160	3.9	52.6	0.00795	0.000265
11:35	30	190	1.5	54.1	0.00306	0.000102
12:05	30	220	0.0	54.1	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 146. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$, Cemento=305.71 kg/m^3

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:00	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:10	10	10	3.0	3.0	0.00611	0.000611
09:20	10	20	3.2	6.2	0.00652	0.000652
09:30	10	30	8.3	14.5	0.01691	0.001691
09:40	10	40	7.7	22.2	0.01569	0.001569
10:10	30	70	17.0	39.2	0.03463	0.001154
10:40	30	100	10.3	49.5	0.02098	0.000699
11:10	30	130	4.2	53.7	0.00856	0.000285
11:40	30	160	2.2	55.9	0.00448	0.000149
12:10	30	190	2.3	58.2	0.00469	0.000156
12:40	30	220	0.0	58.2	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 147. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos ECO

Descripción	Unidad	a/c / cemento		
		0.60 / 366.67	0.65 / 333.85	0.70 / 305.71
Masa de agua de exudación D	g	52.40	54.10	58.20
Agua de mezclado neta w	kg	11.86	11.74	11.17
Masa total de tanda W	kg	110.00	110.00	110.00
Masa de la muestra S	g	25360.00	25270.00	25190.00
Masa del agua en muestra del ensayo $C=(w/W) \times S$	g	2734.27	2697.00	2557.93
%Exudación = $100 \times (D/C)$	%	1.92	2.01	2.28

Fuente: Elaboración propia.

C 4.4. Exudación de concreto con agregados ecológicos más aditivo ECO+ADIT

Tabla A 148. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, a/c=0.60,

Cemento=311.67 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
08:57	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:07	10	10	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:17	10	20	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:27	10	30	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:37	10	40	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:07	30	70	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:37	30	100	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:07	30	130	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:37	30	160	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:07	30	190	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:37	30	220	0.0	0.0	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 149. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.65$,Cemento=281.54 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:42	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:52	10	10	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:02	10	20	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:12	10	30	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:22	10	40	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:52	30	70	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:22	30	100	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:52	30	130	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:22	30	160	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:52	30	190	0.0	0.0	0.00000	0.000000
13:22	30	220	0.0	0.0	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 150. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.70$,Cemento=257.14 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=490.87cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:23	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:33	10	10	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:43	10	20	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:53	10	30	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:03	10	40	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:33	30	70	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:03	30	100	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:33	30	130	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:03	30	160	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:33	30	190	0.0	0.0	0.00000	0.000000
01:03	30	220	0.0	0.0	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 151. Exudación de Concreto con Agregados Ecológicos más aditivo ECO+ADIT

Descripción	Unidad	a/c / cemento		
		0.60 / 311.67	0.65 / 281.54	0.70 / 257.14
Masa de agua de exudación D	g	0.00	0.00	0.00
Agua de mezclado neta w	kg	10.05	9.88	9.73
Masa total de tanda W	kg	110.00	110.00	110.00
Masa de la muestra S	g	26280.00	25970.00	25690.00
Masa del agua en muestra del ensayo $C=(w/W) \times S$	g	2401.04	2332.58	2272.40
%Exudación = $100 \times (D/C)$	%	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 152. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento	Exudación
		kg/cm ³	%
PATRÓN	0.60	333.33	2.39
	0.65	305.38	2.28
	0.70	281.43	2.72
ECO	0.60	366.67	1.92
	0.65	333.85	2.01
	0.70	305.71	2.28
ECO+ADIT	0.60	311.67	0.00
	0.65	281.54	0.00
	0.70	257.14	0.00

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C 5. TIEMPO DE FRAGUADO

C 5.1. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN

Tabla A 153. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$,

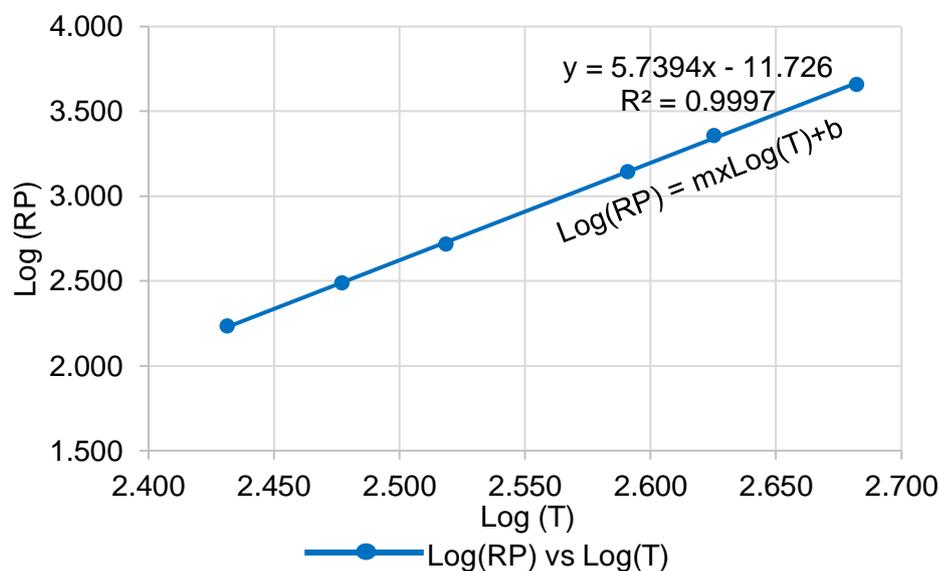
Cemento=333.33 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:05	00:00	0						
12:35	04:30	270	1 1/8	0.99	170	171.02	2.431	2.233
13:05	05:00	300	13/16	0.52	160	308.59	2.477	2.489
13:35	05:30	330	9/16	0.25	130	523.13	2.519	2.719
14:35	06:30	390	5/16	0.08	107	1395.06	2.591	3.145
15:07	07:02	422	1/4	0.05	112	2281.65	2.625	3.358
16:06	08:01	481	3/16	0.028	126	4563.29	2.682	3.659

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 20. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

La grafica de la Figura A 20 nos muestra una línea recta que es obtenida por análisis de regresión lineal utilizando los logaritmos de resistencia a la penetración $\text{Log}(RP)$ y el tiempo $\text{Log}(T)$, la ecuación de la línea obtenida es:

$$\text{Log}(RP) = mx\text{Log}(T) + b$$

Despejando tenemos:

$$T = 10^{\left(\frac{\text{Log}(RP)-b}{m}\right)}$$

Con esta ecuación determinamos los tiempos de fraguado inicial TFI y final TFF en los cuales la resistencia de penetración RP es igual a 500lb/pulg² y 4000lb/pulg² respectivamente.

En este caso tenemos que m = 5.7394 y b = -11.726, reemplazando valores obtenemos el tiempo de fraguado inicial TFI y final TFF como se muestra en la Tabla A 154 este procedimiento de cálculo se realiza para cada uno de los tipos de concreto.

Tabla A 154. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	05:26	326.08
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	07:48	468.46

Fuente: Elaboración propia.

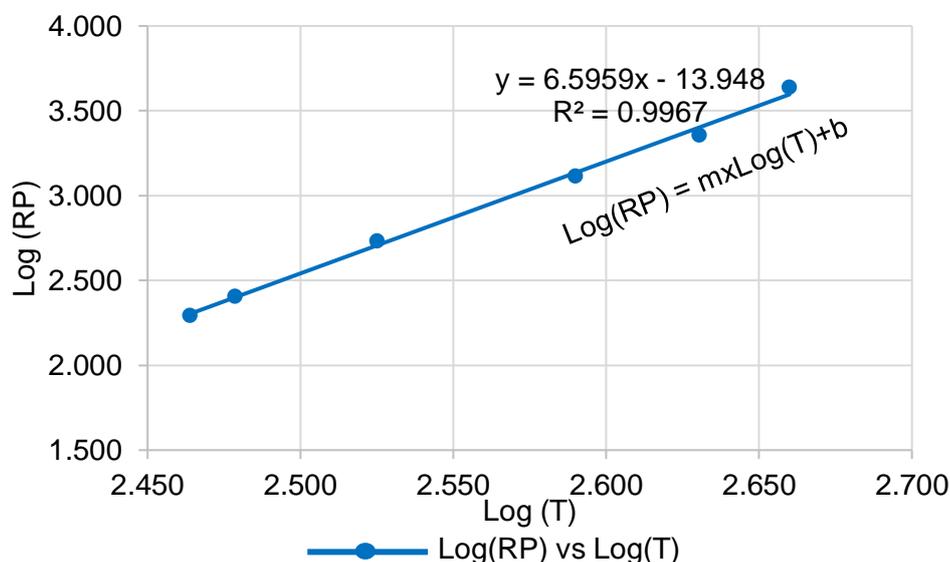
Tabla A 155. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.65, Cemento=305.38 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
09:34	00:00	0						
14:25	04:51	291	1 1/8	0.99	196	197.18	2.464	2.295
14:35	05:01	301	13/16	0.52	132	254.59	2.479	2.406
15:09	05:35	335	9/16	0.25	134	539.22	2.525	2.732
16:03	06:29	389	5/16	0.08	100	1303.80	2.590	3.115
16:41	07:07	427	1/4	0.05	112	2281.65	2.630	3.358
17:11	07:37	457	3/16	0.028	120	4345.99	2.660	3.638

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 21. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

PATRÓN, a/c=0.65, Cemento=305.38 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 156. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.65, Cemento=305.38 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	05:34	334.07
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	07:37	457.88

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 157. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.70,

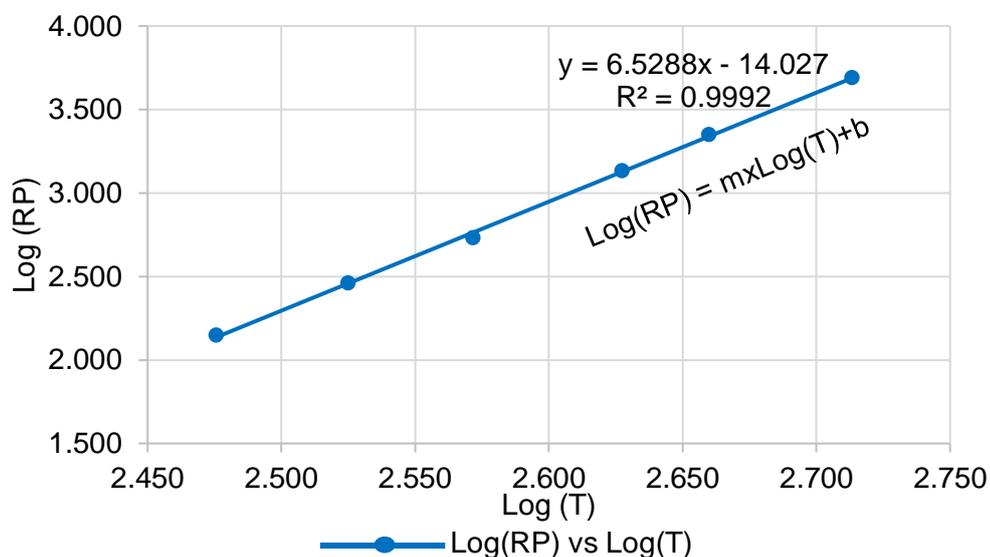
Cemento=281.43 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
10:42	00:00							
15:41	04:59	299	1 1/8	0.99	140	140.84	2.476	2.149
16:17	05:35	335	13/16	0.52	150	289.30	2.525	2.461
16:55	06:13	373	9/16	0.25	134	539.22	2.572	2.732
17:46	07:04	424	5/16	0.08	104	1355.95	2.627	3.132
18:19	07:37	457	1/4	0.05	110	2240.90	2.660	3.350
19:19	08:37	517	3/16	0.028	135	4889.24	2.713	3.689

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 22. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 158. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	06:04	364.65
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	08:21	501.42

Fuente: Elaboración propia.

C 5.2. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos ECO

Tabla A 159. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$,

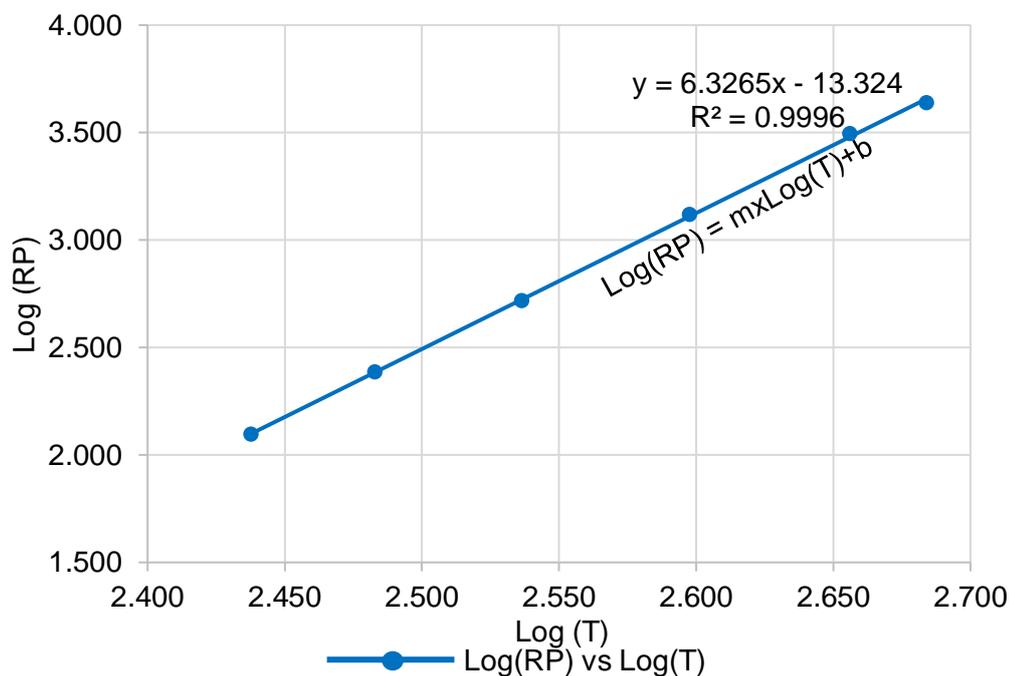
Cemento=366.67 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:30	00:00	0						
13:04	04:34	274	1 1/8	0.99	124	124.75	2.438	2.096
13:34	05:04	304	13/16	0.52	126	243.02	2.483	2.386
14:14	05:44	344	9/16	0.25	130	523.13	2.537	2.719
15:06	06:36	396	5/16	0.08	101	1316.84	2.598	3.120
16:03	07:33	453	1/4	0.05	154	3137.26	2.656	3.497
16:33	08:03	483	3/16	0.028	120	4345.99	2.684	3.638

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 23. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

ECO, $a/c=0.60$, Cemento=366.67 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 160. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos ECO,

$a/c=0.60$, Cemento=366.67 kg/m³

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	05:40	340.94
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	07:53	473.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 161. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$,

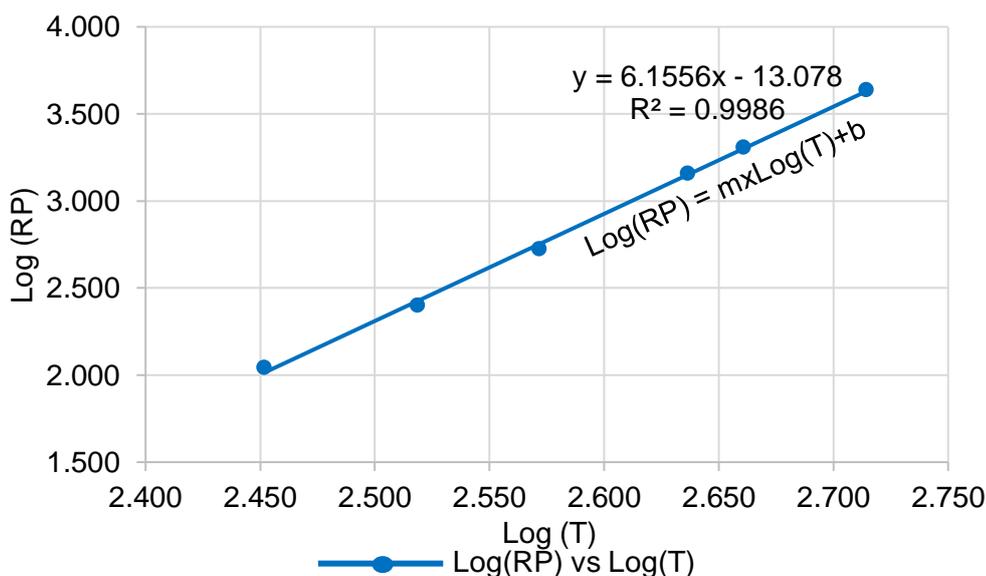
Cemento=333.85 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
07:58	00:00	0						
12:41	04:43	283	1 1/8	0.99	110	110.66	2.452	2.044
13:28	05:30	330	13/16	0.52	130	250.73	2.519	2.399
14:11	06:13	373	9/16	0.25	132	531.18	2.572	2.725
15:11	07:13	433	5/16	0.08	110	1434.18	2.636	3.157
15:36	07:38	458	1/4	0.05	100	2037.18	2.661	3.309
16:36	08:38	518	3/16	0.028	120	4345.99	2.714	3.638

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 24. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

ECO, $a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 162. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos ECO,

$a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	06:05	365.62
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	08:32	512.55

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 163. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$,

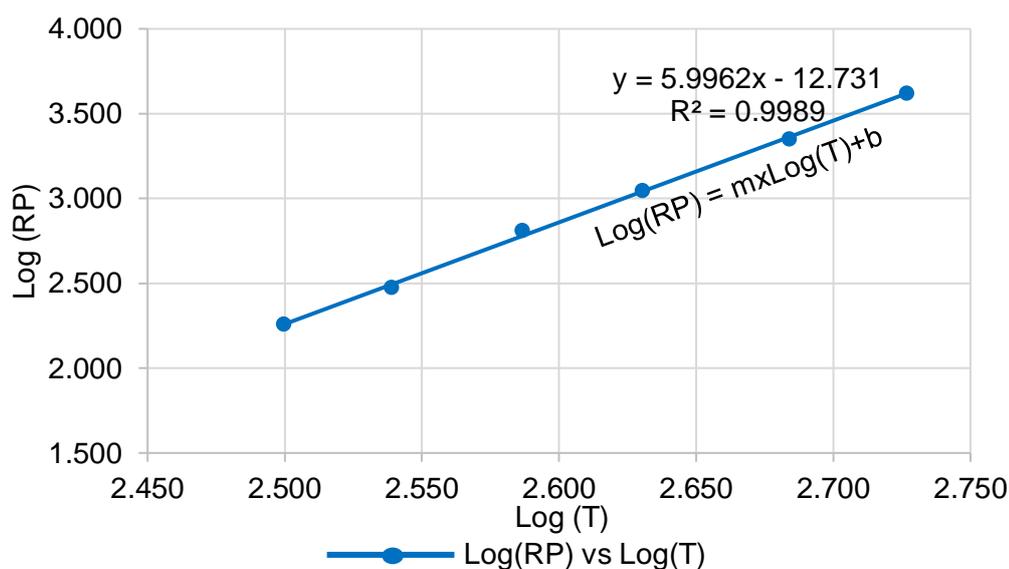
Cemento=305.71 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:28	00:00	0						
13:44	05:16	316	1 1/8	0.99	180	181.08	2.500	2.258
14:14	05:46	346	13/16	0.52	154	297.02	2.539	2.473
14:54	06:26	386	9/16	0.25	160	643.85	2.587	2.809
15:35	07:07	427	5/16	0.08	85	1108.23	2.630	3.045
16:31	08:03	483	1/4	0.05	110	2240.90	2.684	3.350
17:21	08:53	533	3/16	0.028	115	4164.91	2.727	3.620

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 25. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

ECO, $a/c=0.70$, Cemento=305.71 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 164. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos ECO,

$a/c=0.70$, Cemento=305.71 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	06:14	374.36
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	08:49	529.54

Fuente: Elaboración propia.

C 5.3. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT

Tabla A 165. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT,

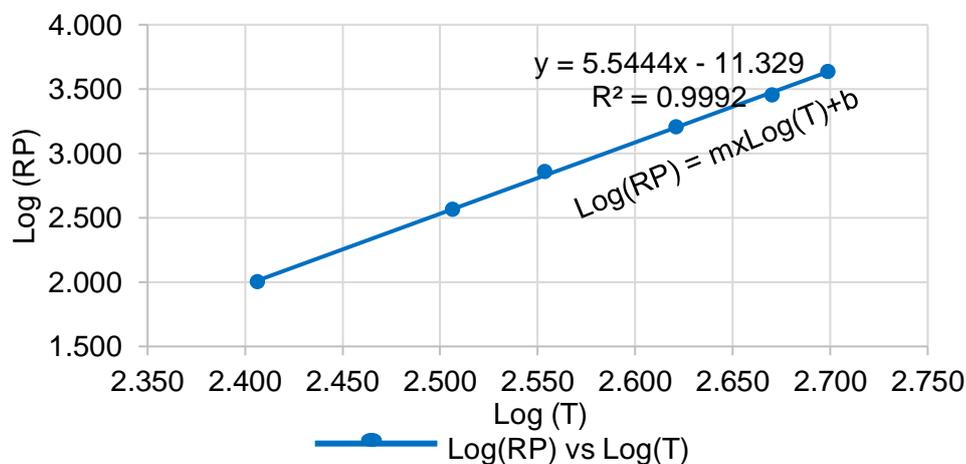
$a/c=0.60$, Cemento=311.67 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:30	00:00	0						
12:45	04:15	255	1 1/8	0.99	100	100.60	2.407	2.003
13:51	05:21	321	13/16	0.52	190	366.45	2.507	2.564
14:28	05:58	358	9/16	0.25	180	724.33	2.554	2.860
15:28	06:58	418	5/16	0.08	123	1603.67	2.621	3.205
16:18	07:48	468	1/4	0.05	140	2852.06	2.670	3.455
16:50	08:20	500	3/16	0.028	120	4345.99	2.699	3.638

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 26. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=311.67 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 166. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	05:38	338.93
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	08:13	493.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 167. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT,

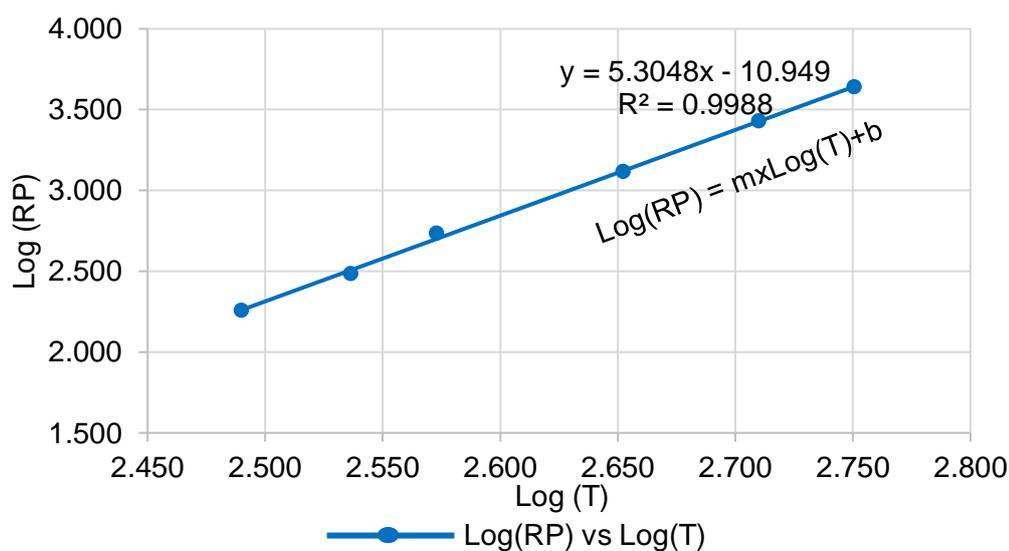
a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
09:13	00:00	0						
14:22	05:09	309	1 1/8	0.99	180	181.08	2.490	2.258
14:57	05:44	344	13/16	0.52	158	304.73	2.537	2.484
15:27	06:14	374	9/16	0.25	135	543.25	2.573	2.735
16:42	07:29	449	5/16	0.08	100	1303.80	2.652	3.115
17:46	08:33	513	1/4	0.05	132	2689.08	2.710	3.430
18:36	09:23	563	3/16	0.028	120	4345.99	2.751	3.638

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 27. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 168. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=281.54 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	06:13	373.90
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	09:13	553.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 169. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT,

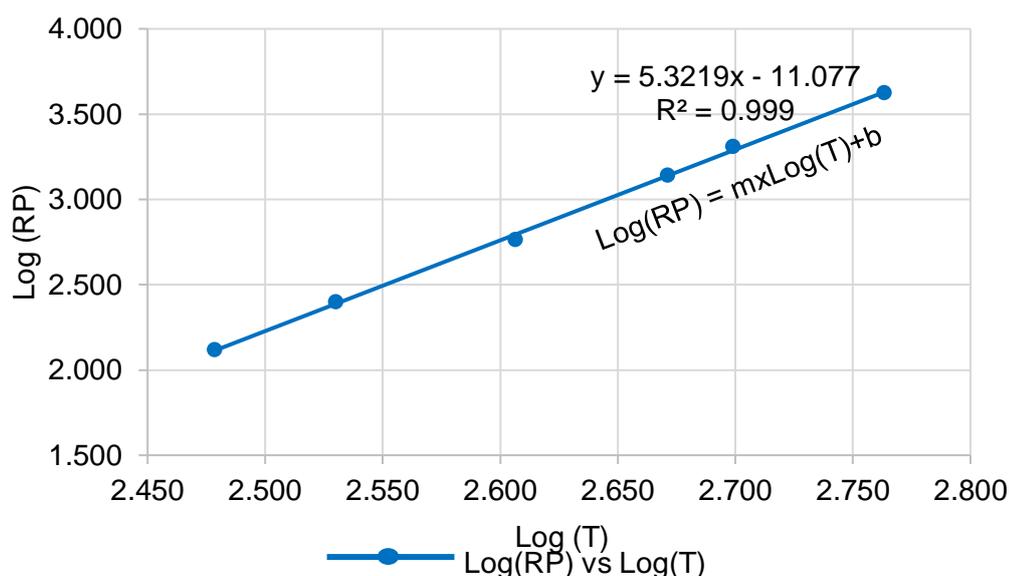
$a/c=0.70$, Cemento=257.14 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:58	00:00	0						
13:59	05:01	301	1 1/8	0.99	130	130.78	2.479	2.117
14:37	05:39	339	13/16	0.52	130	250.73	2.530	2.399
15:42	06:44	404	9/16	0.25	144	579.47	2.606	2.763
16:47	07:49	469	5/16	0.08	106	1382.03	2.671	3.141
17:18	08:20	500	1/4	0.05	100	2037.18	2.699	3.309
18:38	09:40	580	3/16	0.028	116	4201.12	2.763	3.623

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 28. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

ECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=257.14 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 170. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	06:27	387.74
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	09:33	573.11

Fuente: Elaboración propia.

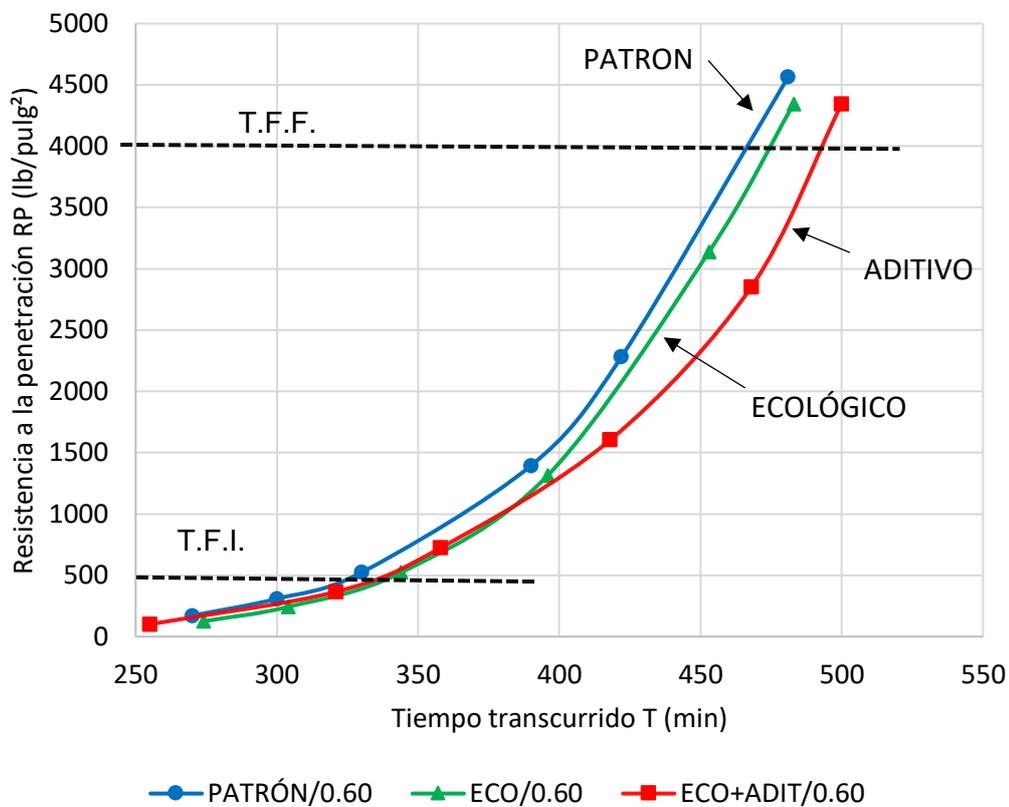
Tabla A 171. Tiempo de Fragua Inicial y Final de los Diferentes Tipos de Concreto.

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Tiempo de fragua inicial TFI		Tiempo de fragua final TFF	
			h:m	min	h:m	min
PATRÓN	0.60	333.33	05:26	326.08	07:48	468.46
	0.65	305.38	05:34	334.07	07:37	457.88
	0.70	281.43	06:04	364.65	08:21	501.42
ECO	0.60	366.67	05:26	326.15	07:39	459.79
	0.65	333.85	06:05	365.62	08:32	512.55
	0.70	305.71	06:14	374.36	08:49	529.54
ECO+ADIT	0.60	311.67	05:38	338.93	08:13	493.17
	0.65	281.54	06:13	373.90	09:13	553.35
	0.70	257.14	06:27	387.74	09:33	573.11

Fuente: Elaboración propia.

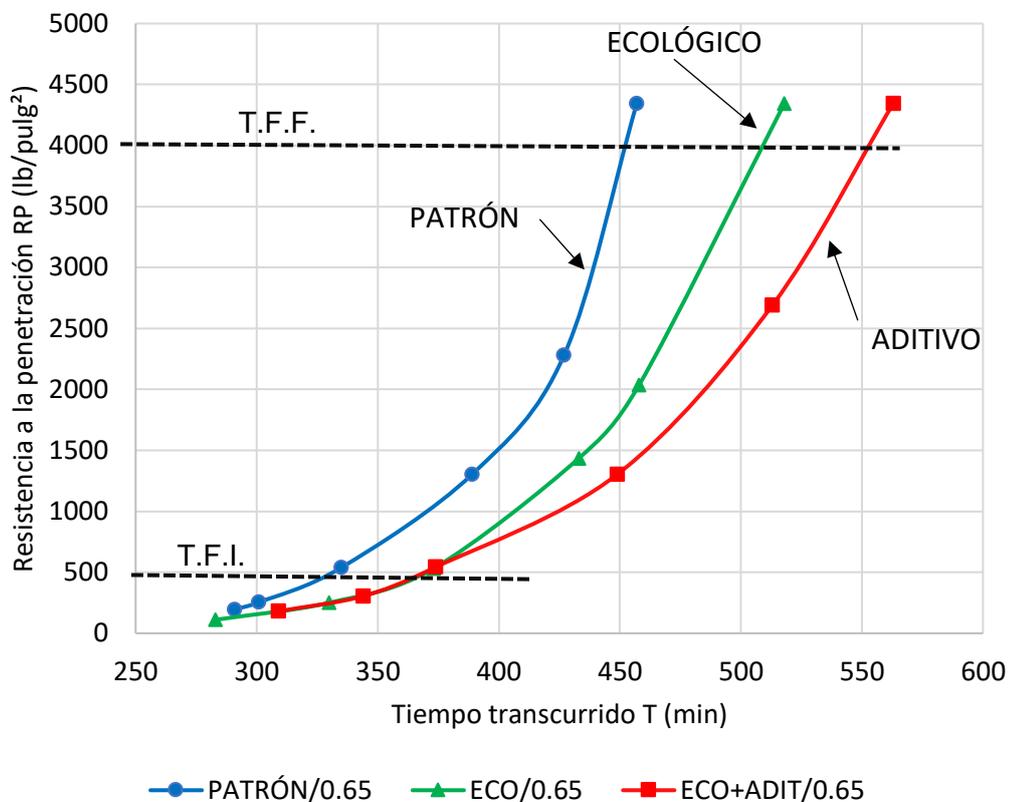
En la Figura A 29, Figura A 30 y Figura A 31 se presenta las curvas de resistencia a la penetración RP vs Tiempo transcurrido T de los diferentes tipos de concreto para cada a/c respectivamente.

Figura A 29. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para $a/c=0.60$



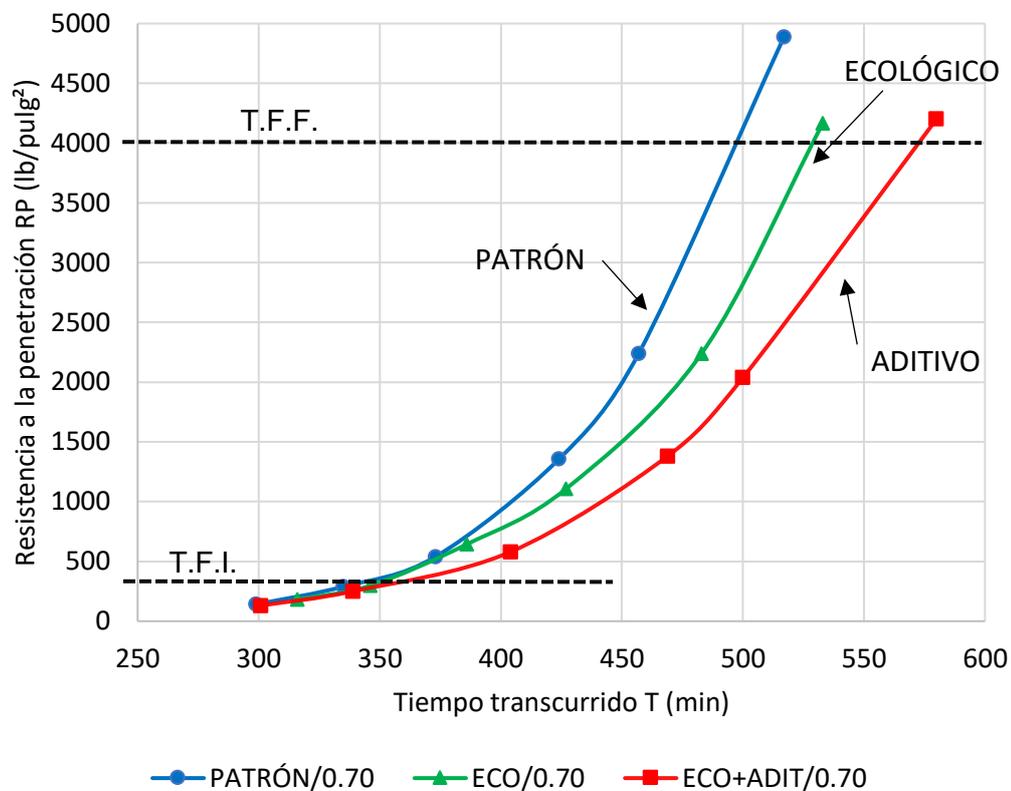
Fuente: Elaboración propia.

Figura A 30. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para $a/c=0.65$



Fuente: Elaboración propia.

Figura A 31. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para $a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D. CONCRETO ENDURECIDO**ANEXO D 1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

Estos datos de resistencia a la compresión del concreto han sido sometidos a un análisis estadístico para evaluar su aceptabilidad mediante el coeficiente de variación y también evaluar valores atípicos mediante el método de prueba de Grubbs en cada uno de las muestras ensayadas de acuerdo al día y tipo de concreto.

Se tiene valores aceptables de dispersión y no se encontró valores atípicos según la prueba de Grubbs en los ensayos de resistencia a la compresión cuyos valores se detallan en las siguientes tablas.

D 1.1. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN**Tabla A 172.** Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,*a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m³, 7 días.*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.06	10.07	10.07	79.56	22770.00	286
2	10.04	10.04	10.04	79.17	21960.00	277
3	10.07	10.04	10.06	79.41	25208.00	317
4	9.99	9.99	9.99	78.38	23405.00	299
5	9.96	9.97	9.97	77.99	23522.00	302
6	10.07	10.07	10.07	79.64	22559.00	283
7	10.03	9.99	10.01	78.70	22231.00	282
f'c promedio (kg/cm²)						292

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 173. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,*a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m³, 14 días.*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	9.99	9.98	78.23	25669.00	328
2	10.00	9.95	9.98	78.15	22104.00	283
3	10.00	9.99	10.00	78.46	24601.00	314
4	9.99	9.96	9.98	78.15	24622.00	315
5	9.99	9.97	9.98	78.23	23634.00	302
6	10.05	10.05	10.05	79.33	23542.00	297
7	9.99	9.93	9.96	77.91	24905.00	320
f'c promedio (kg/cm²)						308

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 174. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,*a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m³, 28 días*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	9.97	9.97	78.07	26226.00	336
2	9.96	9.98	9.97	78.07	25458.00	326
3	9.99	9.93	9.96	77.91	25970.00	333
4	9.94	9.94	9.94	77.60	26446.00	341
5	10.02	9.99	10.01	78.62	26376.00	335
6	9.94	9.97	9.96	77.83	27019.00	347
7	9.92	9.88	9.90	76.98	27177.00	353
8	9.95	9.95	9.95	77.76	27561.00	354
9	10.04	10.09	10.07	79.56	27918.00	351
10	9.93	9.93	9.93	77.44	28011.00	362
11	9.97	9.95	9.96	77.91	25735.00	330
12	10.00	9.99	10.00	78.46	25662.00	327
13	9.93	9.94	9.94	77.52	26393.00	340
14	10.00	10.02	10.01	78.70	26335.00	335
15	10.00	10.02	10.01	78.70	26759.00	340
16	10.00	10.00	10.00	78.54	26774.00	341
17	9.93	10.00	9.97	77.99	27385.00	351
18	10.05	9.96	10.01	78.62	26787.00	341
19	9.91	9.94	9.93	77.37	26359.00	341
20	9.93	9.97	9.95	77.76	26005.00	334
21	9.94	9.96	9.95	77.76	26011.00	335
22	9.95	9.90	9.93	77.37	27093.00	350
23	9.94	9.93	9.94	77.52	25359.00	327
24	9.95	9.93	9.94	77.60	26490.00	341
25	9.99	10.00	10.00	78.46	26717.00	341
f'c promedio (kg/cm²)						341

Tabla A 175. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,*a/c=0.60, Cemento=333.33 kg/m³, 56 días.*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.95	9.97	9.96	77.91	30152.00	387
2	9.98	9.97	9.98	78.15	30694.00	393
3	10.01	10.00	10.01	78.62	30438.00	387
4	9.96	9.94	9.95	77.76	31125.00	400
f'c promedio (kg/cm²)						392

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 176. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	292.42	308.31	340.52	391.80
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	14.125	15.355	9.212	6.261
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	4.83	4.98	2.71	1.60
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor critico = $INV.T(1-vs;gl)$ (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	277.38	282.85	326.09	387.00
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.0650	1.6580	1.5657	0.7679
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	317.46	328.14	361.69	400.29
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.7724	1.2916	2.2985	1.3552
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 177. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.06	10.00	10.03	79.01	21247.00	269
2	9.96	9.91	9.94	77.52	20089.00	259
3	9.99	9.99	9.99	78.38	20510.00	262
4	9.95	9.91	9.93	77.44	18813.00	243
5	10.03	9.90	9.97	77.99	20413.00	262
6	9.91	9.93	9.92	77.29	19066.00	247
7	9.90	9.90	9.90	76.98	21277.00	276
f'c promedio (kg/cm²)						260

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 178. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.09	10.03	10.06	79.49	21862.00	275
2	9.98	9.98	9.98	78.23	21872.00	280
3	10.06	10.09	10.08	79.72	23471.00	294
4	9.98	9.96	9.97	78.07	22408.00	287
5	9.98	9.95	9.97	77.99	24573.00	315
6	10.04	9.99	10.02	78.78	23118.00	293
7	9.98	10.00	9.99	78.38	24060.00	307
f'c promedio (kg/cm²)						293

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 179. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.02	9.99	10.01	78.62	24501.00	312
2	9.92	10.00	9.96	77.91	23806.00	306
3	10.02	10.00	10.01	78.70	21769.00	277
4	10.05	10.04	10.05	79.25	22623.00	285
5	9.99	10.00	10.00	78.46	22387.00	285
6	9.96	9.98	9.97	78.07	23848.00	305
7	9.95	9.96	9.96	77.83	25052.00	322
8	10.04	9.90	9.97	78.07	25028.00	321
9	9.99	9.93	9.96	77.91	26035.00	334
10	10.04	10.01	10.03	78.93	26003.00	329
11	10.01	10.05	10.03	79.01	22102.00	280
12	10.00	9.94	9.97	78.07	24000.00	307
13	10.02	10.01	10.02	78.78	24849.00	315
14	9.96	9.95	9.96	77.83	23668.00	304
15	9.90	9.96	9.93	77.44	24263.00	313
16	9.99	10.01	10.00	78.54	24634.00	314
17	9.99	10.01	10.00	78.54	23302.00	297
18	9.96	9.95	9.96	77.83	22913.00	294
19	10.00	10.02	10.01	78.70	24957.00	317
20	9.96	9.93	9.95	77.68	22666.00	292
21	9.97	9.96	9.97	77.99	22979.00	295
22	10.04	9.90	9.97	78.07	23980.00	307
23	10.01	10.05	10.03	79.01	22981.00	291
24	9.90	9.96	9.93	77.44	24260.00	313
25	9.97	9.96	9.97	77.99	22983.00	295
f'c promedio (kg/cm²)						304

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 180. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.07	10.04	10.06	79.41	25174.00	317
2	9.98	9.94	9.96	77.91	27922.00	358
3	9.99	9.96	9.98	78.15	28532.00	365
4	10.00	9.95	9.98	78.15	27075.00	346
f'c promedio (kg/cm²)						347

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 181. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=305.38 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	259.64	293.08	304.41	346.74
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	11.712	14.270	15.100	21.256
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	4.51	4.87	4.96	6.13
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	242.92	275.05	276.62	317.03
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.4271	1.2640	1.8407	1.3979
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	276.41	315.07	334.16	365.10
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.4318	1.5411	1.9697	0.8639
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 182. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.02	10.02	10.02	78.85	18470.00	234
2	10.00	9.99	10.00	78.46	18730.00	239
3	9.99	9.97	9.98	78.23	19370.00	248
4	10.02	9.99	10.01	78.62	18387.00	234
5	10.00	9.97	9.99	78.30	18381.00	235
6	10.00	9.99	10.00	78.46	18178.00	232
7	10.03	9.99	10.01	78.70	17482.00	222
f'c promedio (kg/cm²)						235

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 183. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.97	9.98	78.23	20363.00	260
2	10.03	10.06	10.05	79.25	20894.00	264
3	9.99	9.96	9.98	78.15	19401.00	248
4	10.00	10.06	10.03	79.01	18807.00	238
5	9.97	10.00	9.99	78.30	19763.00	252
6	10.03	10.03	10.03	79.01	19820.00	251
7	9.94	9.96	9.95	77.76	19619.00	252
f'c promedio (kg/cm²)						252

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 184. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.01	10.02	10.02	78.78	22303.00	283
2	10.03	10.02	10.03	78.93	22236.00	282
3	10.01	10.01	10.01	78.70	22015.00	280
4	9.96	9.94	9.95	77.76	22553.00	290
5	9.96	9.93	9.95	77.68	22772.00	293
6	10.02	10.05	10.04	79.09	22420.00	283
7	10.00	10.00	10.00	78.54	23012.00	293
8	9.95	9.94	9.95	77.68	22242.00	286
9	10.00	10.03	10.02	78.78	22392.00	284
10	9.95	9.95	9.95	77.76	21686.00	279
11	9.88	10.08	9.98	78.23	23313.00	298
12	9.94	9.94	9.94	77.60	21280.00	274
13	10.00	10.00	10.00	78.54	21553.00	274
14	9.94	9.96	9.95	77.76	22746.00	293
15	9.94	9.95	9.95	77.68	21690.00	279
16	9.90	9.92	9.91	77.13	21965.00	285
17	9.96	9.94	9.95	77.76	21382.00	275
18	9.95	9.92	9.94	77.52	23289.00	300
19	9.92	9.93	9.93	77.37	20644.00	267
20	9.99	10.01	10.00	78.54	22629.00	288
21	9.91	10.05	9.98	78.23	20758.00	265
22	9.90	9.94	9.92	77.29	21676.00	280
23	9.93	9.95	9.94	77.60	21486.00	277
24	9.88	10.08	9.98	78.23	21787.00	279
25	9.95	9.94	9.95	77.68	22490.00	290
f'c promedio (kg/cm²)						283

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 185. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	9.93	9.95	77.68	22547.00	290
2	10.04	10.04	10.04	79.17	23107.00	292
3	10.02	10.05	10.04	79.09	23503.00	297
4	9.95	9.96	9.96	77.83	23705.00	305
f'c promedio (kg/cm²)						296

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 186. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento=281.43 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	234.71	252.26	283.12	295.96
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	7.645	8.318	8.784	6.444
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	3.26	3.30	3.10	2.18
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	222.14	238.03	265.36	290.26
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.6444	1.7106	2.0220	0.8848
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	247.62	263.65	300.42	304.56
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.6877	1.3699	1.9691	1.3336
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 1.2. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO

Tabla A 187. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60,

Cemento=366.67 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.01	9.97	9.99	78.38	19092.00	244
2	10.00	9.95	9.98	78.15	18288.00	234
3	9.97	9.97	9.97	78.07	17657.00	226
4	10.04	10.03	10.04	79.09	17555.00	222
5	9.96	9.98	9.97	78.07	17747.00	227
6	9.99	9.99	9.99	78.38	20255.00	258
7	10.05	10.04	10.05	79.25	17419.00	220
f'c promedio (kg/cm²)						233

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 188. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60,

Cemento=366.67 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.94	9.94	9.94	77.60	20063.00	259
2	9.96	9.96	9.96	77.91	19556.00	251
3	10.00	9.95	9.98	78.15	20912.00	268
4	10.00	9.97	9.99	78.30	20995.00	268
5	10.04	10.04	10.04	79.17	20603.00	260
6	9.99	9.95	9.97	78.07	20176.00	258
7	9.97	9.98	9.98	78.15	22189.00	284
f'c promedio (kg/cm²)						264

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 189. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60,

Cemento=366.67 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	10.02	10.01	78.62	22797.00	290
2	9.93	10.04	9.99	78.30	22674.00	290
3	10.01	9.96	9.99	78.30	24826.00	317
4	9.97	10.05	10.01	78.70	21778.00	277
5	10.07	10.04	10.06	79.41	24213.00	305
6	10.05	10.07	10.06	79.49	21913.00	276
7	9.99	9.96	9.98	78.15	24144.00	309
8	9.99	9.95	9.97	78.07	22148.00	284
9	10.05	10.05	10.05	79.33	23633.00	298
10	9.98	9.94	9.96	77.91	23758.00	305
11	10.00	9.95	9.98	78.15	20763.00	266
12	9.99	9.96	9.98	78.15	22502.00	288
13	9.97	9.97	9.97	78.07	23990.00	307
14	9.97	9.97	9.97	78.07	24316.00	311
15	9.96	9.94	9.95	77.76	21260.00	273
16	10.07	10.03	10.05	79.33	22299.00	281
17	10.03	9.93	9.98	78.23	22410.00	286
18	10.00	9.96	9.98	78.23	21781.00	278
19	10.06	10.03	10.05	79.25	22663.00	286
20	10.02	10.03	10.03	78.93	24005.00	304
21	9.98	9.96	9.97	78.07	23769.00	304
22	9.97	9.95	9.96	77.91	23715.00	304
23	9.97	9.93	9.95	77.76	23188.00	298
24	9.99	9.96	9.98	78.15	22990.00	294
25	9.96	9.94	9.95	77.76	22780.00	293
f'c promedio (kg/cm²)						293

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 190. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.60,

Cemento=366.67 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	9.98	9.99	78.38	24519.00	313
2	9.97	10.00	9.99	78.30	26377.00	337
3	9.96	9.97	9.97	77.99	25882.00	332
4	9.98	10.01	10.00	78.46	24559.00	313
f'c promedio (kg/cm²)						324

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 191. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO, $a/c=0.60$, Cemento=366.67 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	233.04	263.98	293.02	323.63
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	13.744	10.577	13.497	12.549
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	5.90	4.01	4.61	3.88
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	219.80	251.00	265.69	312.81
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	0.9629	1.2274	2.0251	0.8624
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	258.41	283.94	317.04	336.85
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.8461	1.8866	1.7799	1.0535
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 192. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$, Cemento=333.85 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.1	10.1	10.10	80.12	13653.00	170
2	10.02	9.94	9.98	78.23	12804.00	164
3	10	10.10	10.05	79.33	16574.00	209
4	9.99	10	10.00	78.46	13300.00	170
5	9.99	9.98	9.99	78.30	15169.00	194
6	10	10	10.00	78.54	13808.00	176
7	10	9.99	10.00	78.46	15289.00	195
f'c promedio (kg/cm²)						182

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 193. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65,Cemento=333.85 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.94	9.97	77.99	16836.00	216
2	9.97	9.98	9.98	78.15	17185.00	220
3	9.99	9.97	9.98	78.23	17713.00	226
4	10.05	10.05	10.05	79.33	16025.00	202
5	9.98	9.99	9.99	78.30	16240.00	207
6	10.07	10.07	10.07	79.64	16179.00	203
7	9.97	9.97	9.97	78.07	16676.00	214
f'c promedio (kg/cm²)						213

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 194. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65,Cemento=333.85 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.93	9.9	9.92	77.21	16569.00	215
2	9.95	9.91	9.93	77.44	16657.00	215
3	9.97	9.96	9.97	77.99	17564.00	225
4	9.89	9.92	9.91	77.05	16799.00	218
5	9.9	9.9	9.90	76.98	17414.00	226
6	9.91	9.99	9.95	77.76	18254.00	235
7	9.91	9.91	9.91	77.13	18896.00	245
8	9.94	9.91	9.93	77.37	18021.00	233
9	9.94	9.94	9.94	77.60	19100.00	246
10	9.94	9.93	9.94	77.52	18665.00	241
11	9.95	9.91	9.93	77.44	18930.00	244
12	9.94	9.91	9.93	77.37	19368.00	250
13	9.92	9.97	9.95	77.68	15703.00	202
14	9.93	9.94	9.94	77.52	19234.00	248
15	9.87	9.91	9.89	76.82	17799.00	232
16	10.09	10.01	10.05	79.33	16918.00	213
17	9.98	9.98	9.98	78.23	18884.00	241
18	10.1	9.96	10.03	79.01	19146.00	242
19	10.06	10.08	10.07	79.64	18660.00	234
20	10.07	10.06	10.07	79.56	18990.00	239
21	10	10	10.00	78.54	19891.00	253
22	9.99	9.97	9.98	78.23	19821.00	253
23	10.06	9.95	10.01	78.62	16178.00	206
24	10.05	10.09	10.07	79.64	19293.00	242
25	9.99	9.97	9.98	78.23	18300.00	234
f'c promedio (kg/cm²)						233

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 195. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.65,

Cemento=333.85 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.99	9.99	78.30	20770.00	265
2	10	10.05	10.03	78.93	19442.00	246
3	10.04	10.06	10.05	79.33	20523.00	259
4	9.98	9.97	9.98	78.15	18849.00	241
f'c promedio (kg/cm²)						253

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 196. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a

la Compresión de ECO, a/c=0.65, Cemento=333.85 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	182.42	212.62	233.36	252.87
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	16.788	8.991	14.739	11.055
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	9.20	4.23	6.32	4.37
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc ²)) ^{0.5}	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	163.68	202.01	202.15	241.20
G _{min} =(\bar{X} -x _{min})/s	-	1.1161	1.1803	2.1171	1.0556
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	208.93	226.43	253.38	265.25
G _{max} =(x _{max} - \bar{X})/s	-	1.5794	1.5360	1.3584	1.1199
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 197. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.70,

Cemento=305.71 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.9	9.98	9.94	77.60	13279.00	171
2	10.04	10.03	10.04	79.09	12741.00	161
3	9.95	9.94	9.95	77.68	12648.00	163
4	9.96	10.01	9.99	78.30	13991.00	179
5	10.05	10.06	10.06	79.41	12372.00	156
6	9.98	10	9.99	78.38	12518.00	160
7	10.07	10.07	10.07	79.64	13363.00	168
f'c promedio (kg/cm²)						165

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 198. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.70,

Cemento=305.71 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.06	10.03	10.05	79.25	15320.00	193
2	9.96	9.96	9.96	77.91	14091.00	181
3	9.94	9.96	9.95	77.76	15698.00	202
4	10.1	9.93	10.02	78.78	14127.00	179
5	9.99	9.92	9.96	77.83	13601.00	175
6	9.95	9.93	9.94	77.60	13837.00	178
7	9.98	9.96	9.97	78.07	14384.00	184
f'c promedio (kg/cm²)						185

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 199. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.70,

Cemento=305.71 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.05	9.93	9.99	78.38	15256.00	195
2	10.00	9.93	9.97	77.99	13713.00	176
3	9.98	9.92	9.95	77.76	15269.00	196
4	9.96	9.99	9.98	78.15	14782.00	189
5	9.96	9.97	9.97	77.99	15418.00	198
6	9.97	9.96	9.97	77.99	14631.00	188
7	10.02	10.95	10.49	86.34	14812.00	172
8	9.96	9.96	9.96	77.91	15416.00	198
9	9.99	9.95	9.97	78.07	16341.00	209
10	9.98	9.97	9.98	78.15	14755.00	189
11	9.98	9.96	9.97	78.07	15092.00	193
12	10.03	9.95	9.99	78.38	16428.00	210
13	9.98	10.02	10.00	78.54	13747.00	175
14	10.03	10.05	10.04	79.17	17298.00	218
15	9.97	9.96	9.97	77.99	16783.00	215
16	9.97	9.97	9.97	78.07	16008.00	205
17	10.00	9.95	9.98	78.15	18477.00	236
18	9.96	9.95	9.96	77.83	14671.00	188
19	10.01	10.01	10.01	78.70	17127.00	218
20	9.97	9.95	9.96	77.91	16824.00	216
21	9.95	9.98	9.97	77.99	16284.00	209
22	9.94	9.96	9.95	77.76	17057.00	219
23	10.05	9.96	10.01	78.62	15230.00	194
24	10.00	9.95	9.98	78.15	16155.00	207
25	9.98	10.02	10.00	78.54	15847.00	202
f'c promedio (kg/cm²)						201

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 200. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, a/c=0.70,

Cemento=305.71 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.98	9.98	78.23	18626.00	238
2	10.08	10.1	10.09	79.96	19080.00	239
3	9.97	9.97	9.97	78.07	18778.00	241
4	9.99	9.98	9.99	78.30	18425.00	235
f'c promedio (kg/cm²)						238

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 201. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO, $a/c=0.70$, $Cemento=305.71 \text{ kg/m}^3$

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	165.29	184.67	200.57	238.14
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	7.791	9.604	15.605	2.161
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	4.71	5.20	7.78	0.91
Coef. de variación max. (CV_{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor critico = $INV.T(1-vs;gl)$ (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	155.81	174.74	171.55	235.30
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.2169	1.0338	1.8600	1.3137
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	178.67	201.89	236.44	240.53
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.7183	1.7927	2.2983	1.1066
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 1.3. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT

Tabla A 202. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, $a/c=0.60$, $Cemento=311.67 \text{ kg/m}^3$, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.93	10.04	9.99	78.30	21530.00	275
2	9.97	10.00	9.99	78.30	24516.00	313
3	10.00	9.98	9.99	78.38	25594.00	327
4	9.96	9.99	9.98	78.15	26103.00	334
5	9.93	10.00	9.97	77.99	23979.00	307
6	9.99	10.00	10.00	78.46	24907.00	317
7	10.00	9.99	10.00	78.46	21712.00	277
f'c promedio (kg/cm²)						307

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 203. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.04	10.02	10.03	79.01	25382.00	321
2	9.98	9.95	9.97	77.99	22364.00	287
3	9.95	9.96	9.96	77.83	25503.00	328
4	9.98	9.99	9.99	78.30	21586.00	276
5	9.97	10.00	9.99	78.30	24482.00	313
6	9.93	9.98	9.96	77.83	23867.00	307
7	10.04	9.99	10.02	78.78	27988.00	355
f'c promedio (kg/cm²)						312

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 204. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.98	9.99	78.30	25018.00	319
2	10.00	10.05	10.03	78.93	27511.00	349
3	10.05	10.04	10.05	79.25	28143.00	355
4	10.00	10.02	10.01	78.70	28347.00	360
5	9.99	9.97	9.98	78.23	27719.00	354
6	9.96	9.97	9.97	77.99	26276.00	337
7	10.05	10.05	10.05	79.33	27878.00	351
8	9.99	9.99	9.99	78.38	28717.00	366
9	10.05	10.03	10.04	79.17	26319.00	332
10	10.01	9.98	10.00	78.46	25602.00	326
11	9.92	9.99	9.96	77.83	28482.00	366
12	9.98	9.97	9.98	78.15	28295.00	362
13	9.97	9.96	9.97	77.99	26860.00	344
14	9.97	9.96	9.97	77.99	27573.00	354
15	9.97	9.96	9.97	77.99	25842.00	331
16	10.06	10.07	10.07	79.56	28116.00	353
17	9.96	10.01	9.99	78.30	26407.00	337
18	9.99	9.99	9.99	78.38	26059.00	332
19	9.97	10.01	9.99	78.38	28552.00	364
20	10.07	10.06	10.07	79.56	27053.00	340
21	10.07	9.96	10.02	78.78	28196.00	358
22	9.97	9.95	9.96	77.91	24581.00	315
23	10.05	10.05	10.05	79.33	26347.00	332
24	9.99	9.94	9.97	77.99	28344.00	363
25	9.97	9.96	9.97	77.99	27150.00	348
f'c promedio (kg/cm²)						346

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 205. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	9.98	9.97	78.07	27098.00	347
2	9.98	9.97	9.98	78.15	29855.00	382
3	10.03	10.04	10.04	79.09	27896.00	353
4	10.00	9.99	10.00	78.46	26477.00	337
f'c promedio (kg/cm²)						355

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 206. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a

la Compresión de ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	307.17	312.27	346.12	354.82
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	23.099	26.428	14.929	19.202
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	7.52	8.46	4.31	5.41
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc ²)) ^{0.5}	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	274.95	275.67	315.49	337.45
G _{min} =(\bar{X} -x _{min})/s	-	1.3949	1.3850	2.0511	0.9046
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	334.02	355.29	366.37	382.03
G _{max} =(x _{max} - \bar{X})/s	-	1.1624	1.6277	1.3566	1.4169
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 207. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más AditivoECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.97	9.98	78.23	21203.00	271
2	9.97	9.99	9.98	78.23	17606.00	225
3	10.03	9.98	10.01	78.62	17208.00	219
4	10.04	10.06	10.05	79.33	19965.00	252
5	10	10	10.00	78.54	19625.00	250
6	9.94	10.05	10.00	78.46	20317.00	259
7	10.05	10.05	10.05	79.33	17714.00	223
f'c promedio (kg/cm²)						243

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 208. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más AditivoECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	10	9.99	78.30	17631.00	225
2	9.99	9.99	9.99	78.38	22089.00	282
3	9.98	9.95	9.97	77.99	19112.00	245
4	9.97	9.91	9.94	77.60	21307.00	275
5	9.98	9.94	9.96	77.91	20884.00	268
6	10.12	9.96	10.04	79.17	19462.00	246
7	9.97	10.06	10.02	78.78	20609.00	262
f'c promedio (kg/cm²)						257

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 209. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más AditivoECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.93	10	9.97	77.99	23881.00	306
2	10.05	10.04	10.05	79.25	21642.00	273
3	10.03	10	10.02	78.78	21992.00	279
4	9.96	9.98	9.97	78.07	20787.00	266
5	9.94	9.99	9.97	77.99	22959.00	294
6	10.01	10.06	10.04	79.09	23533.00	298
7	10	9.99	10.00	78.46	21657.00	276
8	10.03	10.05	10.04	79.17	23091.00	292
9	10.06	9.99	10.03	78.93	25087.00	318
10	9.99	9.94	9.97	77.99	23196.00	297
11	10	9.95	9.98	78.15	22274.00	285
12	10.05	10.06	10.06	79.41	22827.00	287
13	10.03	10.08	10.06	79.41	22704.00	286
14	10.06	10.07	10.07	79.56	21909.00	275
15	9.96	10	9.98	78.23	23104.00	295
16	9.96	9.98	9.97	78.07	23266.00	298
17	10.06	10.07	10.07	79.56	21145.00	266
18	10.01	9.99	10.00	78.54	20722.00	264
19	10.06	10.09	10.08	79.72	23525.00	295
20	9.95	10	9.98	78.15	21993.00	281
21	9.99	9.96	9.98	78.15	22026.00	282
22	10	9.96	9.98	78.23	20297.00	259
23	9.96	9.96	9.96	77.91	23324.00	299
24	10	9.96	9.98	78.23	23759.00	304
25	9.95	9.99	9.97	78.07	22711.00	291
f'c promedio (kg/cm²)						287

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 210. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más AditivoECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10	10.02	10.01	78.70	24600.00	313
2	9.99	9.98	9.99	78.30	23636.00	302
3	10	10.04	10.02	78.85	21356.00	271
4	10	9.98	9.99	78.38	22316.00	285
f'c promedio (kg/cm²)						292

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 211. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de ECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=281.54 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	242.68	257.44	286.73	292.49
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	20.224	19.780	14.529	18.452
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	8.33	7.68	5.07	6.31
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)	(Aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
Grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	218.88	225.16	259.47	270.83
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.1770	1.6320	1.8762	1.1741
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	271.05	281.81	317.83	312.59
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.4024	1.2320	2.1405	1.0892
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 212. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=257.14 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	9.97	9.97	77.99	17022.00	218
2	9.98	9.94	9.96	77.91	16809.00	216
3	9.91	9.95	9.93	77.44	16618.00	215
4	9.96	9.96	9.96	77.91	17278.00	222
5	9.9	9.94	9.92	77.29	16740.00	217
6	9.96	9.97	9.97	77.99	17184.00	220
7	9.92	9.98	9.95	77.76	17175.00	221
f'c promedio (kg/cm²)						218

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 213. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más AditivoECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³, 14 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	10	9.99	78.38	18063.00	230
2	9.99	10	10.00	78.46	18133.00	231
3	10.05	10.05	10.05	79.33	17673.00	223
4	9.96	9.99	9.98	78.15	18532.00	237
5	10	10.03	10.02	78.78	18028.00	229
6	10	9.96	9.98	78.23	17634.00	225
7	10.08	10	10.04	79.17	18800.00	237
f'c promedio (kg/cm²)						230

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 214. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más AditivoECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³, 28 días

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.97	9.98	78.23	21727.00	278
2	10.00	9.97	9.99	78.30	21296.00	272
3	10	9.97	9.99	78.30	20281.00	259
4	9.98	10.01	10.00	78.46	21138.00	269
5	9.99	9.99	9.99	78.38	20490.00	261
6	10.06	10.05	10.06	79.41	21667.00	273
7	10.07	10.04	10.06	79.41	21291.00	268
8	9.98	10	9.99	78.38	20733.00	265
9	10	9.98	9.99	78.38	21360.00	273
10	9.97	9.95	9.96	77.91	20625.00	265
11	9.96	9.96	9.96	77.91	21542.00	276
12	10.00	10	10.00	78.54	21249.00	271
13	10.05	10.04	10.05	79.25	20943.00	264
14	9.99	9.99	9.99	78.38	20975.00	268
15	9.98	9.96	9.97	78.07	21081.00	270
16	10.08	10.03	10.06	79.41	21467.00	270
17	9.98	9.98	9.98	78.23	21141.00	270
18	10.06	10.04	10.05	79.33	21188.00	267
19	9.98	9.96	9.97	78.07	20989.00	269
20	10.05	10.06	10.06	79.41	21701.00	273
21	9.95	9.94	9.95	77.68	20480.00	264
22	9.99	9.99	9.99	78.38	20390.00	260
23	10.06	10.03	10.05	79.25	21563.00	272
24	10.00	10	10.00	78.54	20735.00	264
25	10	9.98	9.99	78.38	21832.00	279
f'c promedio (kg/cm²)						269

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 215. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³, 56 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.02	10.03	10.03	78.93	21775.00	276
2	9.98	10.01	10.00	78.46	22172.00	283
3	10.03	9.96	10.00	78.46	21472.00	274
4	9.98	9.96	9.97	78.07	21683.00	278
f'c promedio (kg/cm²)						277

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 216. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a

la Compresión de ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	14 días	28 días	56 días
Cantidad de datos (n)	-	7	7	25	4
Media (\bar{X})	kg/cm ²	218.31	230.46	268.78	277.46
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.771	5.492	5.205	3.799
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	1.27	2.38	1.94	1.37
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00200	0.01250
grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	23	2
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.1978	6.2053
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc ²)) ^{0.5}	-	1.9381	1.9381	2.6629	1.4625
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	214.58	222.79	259.00	273.66
G _{min} =(\bar{X} -x _{min})/s	-	1.3445	1.3974	1.8782	1.0004
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	221.76	237.47	278.53	282.59
G _{max} =(x _{max} - \bar{X})/s	-	1.2465	1.2755	1.8737	1.3480
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 217 se presenta el resumen de los valores promedio de resistencia a compresión de los diferentes tipos de concretos objetos de estudio.

Tabla A 217. Resistencia a Compresión de los Diferentes Tipos de Concreto.

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Resistencia a compresión kg/cm ²			
			7 días	14 días	28 días	56 días
PATRÓN	0.60	333.33	292	308	341	392
	0.65	305.38	260	293	304	347
	0.70	281.43	235	252	283	296
ECO	0.60	366.67	233	264	293	324
	0.65	333.85	182	213	233	253
	0.70	305.71	165	185	201	238
ECO+ADIT	0.60	311.67	307	312	346	355
	0.65	281.54	243	257	287	292
	0.70	257.14	218	230	269	277

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D 2. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Estos datos de resistencia a la tracción del concreto han sido sometidos a un análisis estadístico para evaluar su aceptabilidad mediante el coeficiente de variación y también evaluar valores atípicos mediante el método de prueba de Grubbs en cada uno de las muestras ensayadas de acuerdo al tipo de concreto.

A continuación, se detalla en las siguientes tablas, la de resistencia a la tracción y su evaluación de aceptabilidad mediante el coeficiente de variación y evaluación de valores atípicos mediante el método de prueba de Grubbs.

D 2.1. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN

Tabla A 218. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$,Cemento=333.33 kg/m³, 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.75	9.93	10.10	9.93	20.51	20.60	20.56	12217	38.1
2	9.83	10.00	10.13	9.99	20.68	20.73	20.71	11169	34.4
3	9.89	10.05	10.12	10.02	20.52	20.52	20.52	11631	36.0
4	9.74	10.00	10.09	9.94	20.38	20.40	20.39	10949	34.4
5	9.76	9.96	10.12	9.95	20.54	20.51	20.53	11534	36.0
6	9.89	9.99	10.09	9.99	20.53	20.49	20.51	13092	40.7
7	9.75	9.95	10.07	9.92	20.46	20.48	20.47	10073	31.6
T Promedio(kg/cm²)									35.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 219. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$,Cemento=305.38 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.80	9.99	10.15	9.98	20.49	20.49	20.49	9237	28.8
2	9.76	9.95	10.10	9.94	20.59	20.49	20.54	9925	31.0
3	9.85	10.02	10.17	10.01	20.65	20.59	20.62	9937	30.6
4	9.76	9.95	10.12	9.94	20.57	20.49	20.53	10434	32.5
5	9.78	10.00	10.10	9.96	20.59	20.47	20.53	10671	33.2
6	9.75	9.92	10.13	9.93	20.44	20.51	20.48	11195	35.0
7	9.79	9.93	10.10	9.94	20.50	20.50	20.50	8980	28.1
T Promedio(kg/cm²)									31.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 220. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.70,

Cemento=281.43 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.80	10.05	10.12	9.99	20.60	20.60	20.60	8802	27.2
2	9.80	10.00	10.12	9.97	20.54	20.51	20.53	9718	30.2
3	9.81	10.02	10.12	9.98	20.55	20.58	20.57	9098	28.2
4	9.80	10.00	10.14	9.98	20.50	20.47	20.49	9701	30.2
5	10.13	10.01	9.99	10.04	20.53	20.53	20.53	10265	31.7
6	10.17	10.04	9.90	10.04	20.59	20.63	20.61	9335	28.7
7	10.10	10.00	9.90	10.00	20.50	20.56	20.53	9832	30.5
T Promedio(kg/cm²)								29.5	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 221. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a

la Tracción de PATRÓN

Descripción	Unid	PATRÓN a/c=0.60	PATRÓN a/c=0.65	PATRÓN a/c=0.70
Cantidad de datos (n)	-	7	7	7
Media (\bar{X})	kg/cm ²	35.87	31.32	29.54
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.919	2.474	1.538
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	8.14	7.90	5.21
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00714
grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	5
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.6805
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.9381	1.9381	1.9381
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	31.57	28.06	27.23
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.4745	1.3168	1.5017
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	40.68	35.04	31.69
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.6463	1.5051	1.3977
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 2.2. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos ECO

Tabla A 222. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$,Cemento=366.67 kg/m³, 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.78	9.97	10.10	9.95	20.55	20.58	20.57	10364	32.2
2	9.87	10.04	10.20	10.04	20.79	20.74	20.77	8165	24.9
3	9.90	9.99	10.12	10.00	20.56	20.69	20.63	10061	31.0
4	9.76	9.97	10.11	9.95	20.52	20.63	20.58	8934	27.8
5	9.79	10.00	10.14	9.98	20.48	20.50	20.49	10357	32.3
6	9.79	9.98	10.15	9.97	20.70	20.70	20.70	7854	24.2
7	9.80	9.97	10.14	9.97	20.84	20.65	20.75	10076	31.0
T Promedio(kg/cm²)									29.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 223. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$,Cemento=333.85 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.79	10.00	10.18	9.99	20.58	20.66	20.62	9323	28.8
2	9.90	10.04	10.14	10.03	20.63	20.63	20.63	8316	25.6
3	9.80	9.95	10.13	9.96	20.56	20.60	20.58	7588	23.6
4	9.78	9.95	10.10	9.94	20.55	20.57	20.56	7356	22.9
5	9.76	9.95	10.10	9.94	20.53	20.52	20.53	7780	24.3
6	9.79	10.00	10.20	10.00	20.63	20.51	20.57	7615	23.6
7	9.80	9.98	10.16	9.98	20.74	20.76	20.75	9421	29.0
T Promedio(kg/cm²)									25.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 224. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$,Cemento=305.71 kg/m³, 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.93	10.03	10.20	10.05	20.54	20.53	20.54	8392	25.9
2	9.77	9.94	10.14	9.95	20.69	20.68	20.69	7718	23.9
3	9.86	10.03	10.17	10.02	20.71	20.78	20.75	8708	26.7
4	9.78	9.97	10.10	9.95	20.74	20.60	20.67	8627	26.7
5	9.79	9.97	10.14	9.97	20.80	20.67	20.74	6679	20.6
6	9.80	9.94	10.15	9.96	20.70	20.70	20.70	6794	21.0
7	9.79	9.94	10.10	9.94	20.76	20.63	20.70	9210	28.5
T Promedio(kg/cm²)									24.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 225. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de ECO

Descripción	Unid	ECO a/c=0.60	ECO a/c=0.65	ECO a/c=0.70
Cantidad de datos (n)	-	7	7	7
Media (\bar{X})	kg/cm ²	29.07	25.39	24.74
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	3.416	2.532	3.036
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	11.75	9.97	12.27
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00714
grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	5
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.6805
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.9381	1.9381	1.9381
Dato de valor mínimo (X _{min})	kg/cm ²	24.22	22.91	20.57
G _{min} =(\bar{X} -X _{min})/s	-	1.4197	0.9779	1.3723
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X _{max})	kg/cm ²	32.25	28.96	28.49
G _{max} =(X _{max} - \bar{X})/s	-	0.9309	1.4119	1.2368
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 2.3. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT

Tabla A 226. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³, 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.90	10.06	10.20	10.05	20.58	20.62	20.60	11215	34.5
2	9.77	9.99	10.11	9.96	20.60	20.56	20.58	10993	34.2
3	9.78	9.97	10.11	9.95	20.54	20.52	20.53	11090	34.6
4	9.86	10.00	10.14	10.00	20.39	20.39	20.39	10117	31.6
5	9.76	9.99	10.10	9.95	20.49	20.54	20.52	8800	27.5
6	9.78	9.99	10.12	9.96	20.75	20.60	20.68	10501	32.5
7	9.68	9.97	10.09	9.91	20.53	20.48	20.51	11116	34.8
T Promedio(kg/cm²)									32.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 227. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³, 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	10.17	9.98	9.80	9.98	20.73	20.68	20.71	9988	30.8
2	10.16	10.10	9.80	10.02	20.56	20.55	20.56	8272	25.6
3	10.14	9.98	9.80	9.97	20.60	20.60	20.60	9336	28.9
4	10.22	10.09	9.94	10.08	20.63	20.57	20.60	8625	26.4
5	10.09	9.94	9.89	9.97	20.66	20.65	20.66	8736	27.0
6	10.13	9.98	9.88	10.00	20.57	20.54	20.56	8230	25.5
7	10.10	9.96	9.80	9.95	20.65	20.53	20.59	8549	26.6
T Promedio(kg/cm²)									27.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 228. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³, 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.76	9.99	10.13	9.96	20.57	20.54	20.56	8499	26.4
2	9.80	10.00	10.15	9.98	20.47	20.46	20.47	8236	25.7
3	9.81	9.99	10.13	9.98	20.57	20.57	20.57	8790	27.3
4	9.76	10.00	10.13	9.96	20.60	20.61	20.61	8644	26.8
5	9.80	10.00	10.16	9.99	20.53	20.54	20.54	9135	28.4
6	9.80	10.00	10.14	9.98	20.60	20.54	20.57	8137	25.2
7	9.90	10.04	10.14	10.03	20.80	20.67	20.74	8531	26.1
T Promedio(kg/cm²)									26.6

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 229 se tiene un valor atípico para ECO+ADIT a/c=0.60, al cual se procede a descartar dicho valor y se vuelve a realizar la prueba de Grubbs como se muestra en la Tabla A 230 en la cual ya no hay valores atípicos.

Tabla A 229. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de ECO+ADIT

Descripción	Unid	ECO+ADIT a/c=0.60	ECO+ADIT a/c=0.65	ECO+ADIT a/c=0.70
Cantidad de datos (n)	-	7	7	7
Media (\bar{X})	kg/cm ²	32.78	27.25	26.55
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.643	1.925	1.048
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	8.06	7.06	3.95
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00714	0.00714	0.00714
grado de libertad n-2 (gl)	-	5	5	5
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.6805	3.6805	3.6805
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.9381	1.9381	1.9381
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	27.45	25.50	25.23
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	2.0170	0.9090	1.2631
$G_{min}<G_{crit}$	-	(Atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	34.81	30.76	28.36
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	0.7675	1.8232	1.7222
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 230. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos Corregido de Resistencia a la Tracción de ECO+ADIT a/c=0.60

Descripción	Unid	ECO+ADIT a/c=0.60
Cantidad de datos (n)	-	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	33.67
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.324
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	3.93
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	31.59
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.5715
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	34.81
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	0.8613
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 231. Resistencia a la Tracción de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c	Cemento kg/m ³	Tracción T
			kg/cm ² 28 días
PATRÓN	0.60	333.33	35.9
	0.65	305.38	31.3
	0.70	281.43	29.5
ECO	0.60	366.67	29.1
	0.65	333.85	25.4
	0.70	305.71	24.7
ECO+ADIT	0.60	311.67	33.7
	0.65	281.54	27.3
	0.70	257.14	26.6

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D 3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Estos datos de resistencia a la flexión del concreto han sido sometidos a un análisis estadístico para evaluar su aceptabilidad mediante el coeficiente de variación y también evaluar valores atípicos mediante el método de prueba de Grubbs en cada uno de las muestras ensayadas de acuerdo al día y tipo de concreto.

Se tiene valores aceptables de dispersión y no se encontró valores atípicos según la prueba de Grubbs en los ensayos de resistencia a la flexión cuyos valores se detallan en las siguientes tablas.

D 3.1. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN

Tabla A 232. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$,
Cemento=333.33 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	14.93	15.01	15.04	14.99	15.30	15.32	15.36	15.33	45	3300	43.1
2	15.03	15.04	14.91	14.99	15.31	15.37	15.41	15.36	45	3160	41.2
3	15.30	15.19	15.03	15.17	15.24	15.24	15.31	15.26	45	3400	43.5
4	14.99	14.95	14.94	14.96	15.61	15.57	15.29	15.49	45	2790	36.2
5	15.13	15.16	15.03	15.11	15.40	15.30	15.27	15.32	45	3040	39.1
6	14.88	14.90	14.87	14.88	15.39	15.43	15.44	15.42	45	2745	36.2
Mr promedio (Kg/cm²)											39.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 233. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$,
Cemento=305.38 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.09	15.20	15.30	15.20	15.30	15.29	15.24	15.28	45	2820	36.0
2	14.96	15.08	15.14	15.06	15.14	15.20	15.28	15.21	45	2740	35.8
3	15.16	15.15	15.10	15.14	15.40	15.20	15.20	15.27	45	2880	37.1
4	15.05	15.00	14.96	15.00	15.40	15.34	15.36	15.37	45	2950	38.4
5	15.28	15.27	15.35	15.30	15.05	15.00	14.95	15.00	45	2975	38.1
6	15.32	15.31	15.33	15.32	14.90	14.93	14.89	14.91	45	3100	39.9
Mr promedio (Kg/cm²)											37.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 234. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.70,
Cemento=281.43 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.09	15.06	15.04	15.06	15.34	15.20	15.21	15.25	45	3105	40.4
2	15.33	15.23	15.30	15.29	15.38	15.23	15.27	15.29	45	2650	33.4
3	15.25	15.00	15.07	15.11	15.30	15.29	15.30	15.30	45	2690	34.7
4	14.98	14.96	14.95	14.96	15.20	15.17	15.30	15.22	45	2650	35.0
5	14.87	14.84	14.84	14.85	15.23	15.10	15.29	15.21	45	2840	38.1
6	15.15	15.16	15.19	15.17	15.40	15.30	15.30	15.33	45	2880	36.7
Mr promedio (Kg/cm2)											36.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 235. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a
la Flexión PATRÓN

Descripción	Unid	PATRÓN a/c=0.60	PATRÓN a/c=0.65	PATRÓN a/c=0.70
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	39.89	37.52	36.38
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	3.263	1.574	2.571
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	8.18	4.20	7.07
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc ²)) ^{0.5}	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X _{min})	kg/cm ²	36.16	35.75	33.37
G _{min} =(\bar{X} -X _{min})/s	-	1.1405	1.1270	1.1706
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X _{max})	kg/cm ²	43.54	39.87	40.38
G _{max} =(X _{max} - \bar{X})/s	-	1.1196	1.4914	1.5569
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 3.2. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO

Tabla A 236. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.60$,

Cemento=366.67 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	14.91	15.00	15.08	15.00	15.52	15.49	15.42	15.48	45	2545	32.9
2	14.87	14.99	15.21	15.02	15.52	15.52	15.57	15.54	45	2450	31.4
3	15.34	15.22	15.04	15.20	15.57	15.67	15.70	15.65	45	2672	33.3
4	14.53	14.70	14.81	14.68	15.52	15.69	15.76	15.66	45	2010	26.8
5	15.14	15.18	15.22	15.18	15.66	15.70	15.73	15.70	45	2525	31.4
6	14.97	15.04	15.13	15.05	15.52	15.60	17.60	16.24	45	2380	29.1
Mr promedio (Kg/cm2)											30.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 237. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.65$,

Cemento=333.85 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.30	15.26	15.04	15.20	15.49	15.58	15.45	15.51	45	2325	29.2
2	15.03	15.03	15.03	15.03	15.43	15.59	15.62	15.55	45	2375	30.4
3	14.90	14.95	14.86	14.90	15.46	15.60	15.54	15.53	45	2400	31.3
4	14.88	14.86	14.80	14.85	15.50	15.58	15.40	15.49	45	2150	28.3
5	15.06	15.09	15.09	15.08	15.65	15.80	15.76	15.74	45	2265	28.5
6	15.07	15.10	15.10	15.09	15.40	15.64	15.60	15.55	45	2260	28.7
Mr promedio (Kg/cm2)											29.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 238. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos ECO, $a/c=0.70$,

Cemento=305.71 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	14.74	14.89	15.01	14.88	15.55	15.45	15.36	15.45	45	2250	29.6
2	14.85	14.80	14.77	14.81	15.45	15.47	15.47	15.46	45	1980	26.3
3	14.90	14.95	14.99	14.95	15.41	15.42	15.43	15.42	45	2180	28.5
4	15.17	15.11	15.05	15.11	15.70	15.66	15.55	15.64	45	2185	27.5
5	14.56	14.70	14.80	14.69	15.54	15.64	15.78	15.65	45	2155	28.7
6	14.92	15.03	15.05	15.00	15.34	15.35	15.39	15.36	45	2165	28.2
Mr promedio (Kg/cm2)											28.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 239. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión ECO

Descripción	Unid	ECO a/c=0.60	ECO a/c=0.65	ECO a/c=0.70
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	30.83	29.41	28.13
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.449	1.197	1.129
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	7.95	4.07	4.01
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc ²)) ^{0.5}	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X _{min})	kg/cm ²	26.81	28.33	26.28
G _{min} =(\bar{X} -X _{min})/s	-	1.6406	0.9046	1.6406
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X _{max})	kg/cm ²	33.26	31.30	29.59
G _{max} =(X _{max} - \bar{X})/s	-	0.9944	1.5794	1.2912
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 3.3. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT

Tabla A 240. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.60, Cemento=311.67 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.34	15.11	15.00	15.15	15.50	15.43	15.40	15.44	45	2600	33.0
2	15.17	15.13	15.09	15.13	15.55	15.52	15.53	15.53	45	2865	36.3
3	15.05	15.03	15.00	15.03	15.22	15.19	15.16	15.19	45	2765	36.3
4	15.30	15.18	15.06	15.18	15.22	15.24	15.20	15.22	45	2645	33.9
5	15.14	15.18	15.19	15.17	15.15	15.22	15.12	15.16	45	2500	32.2
6	15.10	15.18	15.22	15.17	15.45	15.45	15.40	15.43	45	2755	34.9
Mr promedio (Kg/cm2)											34.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 241. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.65, Cemento=281.54 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.33	15.19	15.01	15.18	15.23	15.29	15.32	15.28	45	2535	32.4
2	15.15	15.14	15.09	15.13	15.45	15.64	15.50	15.53	45	2350	29.8
3	15.24	15.13	15.09	15.15	15.56	15.59	15.47	15.54	45	2460	31.0
4	15.05	15.12	15.14	15.10	15.61	15.77	15.62	15.67	45	2840	35.8
5	14.96	14.98	14.09	14.68	15.51	15.29	15.24	15.35	45	2445	33.3
6	15.04	15.04	15.04	15.04	15.44	15.53	15.46	15.48	45	2400	30.8
Mr promedio (Kg/cm2)											32.2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 242. Resistencia a Flexión de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo

ECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=257.14 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.12	15.13	15.05	15.10	15.23	15.30	15.30	15.28	45	2485	32.1
2	14.85	14.80	14.80	14.82	15.46	15.40	15.42	15.43	45	2305	30.6
3	15.01	15.01	15.01	15.01	15.42	15.49	15.49	15.47	45	2325	30.0
4	14.87	14.83	14.77	14.82	15.27	15.31	15.32	15.30	45	2120	28.4
5	15.29	15.14	15.03	15.15	15.26	15.30	15.29	15.28	45	2350	30.1
6	15.02	15.01	15.00	15.01	15.47	15.53	15.55	15.52	45	2500	32.2
Mr promedio (Kg/cm2)											30.6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 243. Valores Aceptables de Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión ECO+ADIT

Descripción	Unid	ECO+ADIT a/c=0.60	ECO+ADIT a/c=0.65	ECO+ADIT a/c=0.70
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	34.44	32.18	30.57
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.676	2.148	1.432
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	4.87	6.67	4.68
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	32.24	29.76	28.38
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.3127	1.1278	1.5350
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	36.28	35.76	32.18
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.0954	1.6667	1.1219
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 244. Resistencia a la Flexión de los Diferentes Tipos de Concreto.

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Mr (Kg/cm ²)
			28 días
PATRÓN	0.60	333.33	39.9
	0.65	305.38	37.5
	0.70	281.43	36.4
ECO	0.60	366.67	30.8
	0.65	333.85	29.4
	0.70	305.71	28.1
ECO+ADIT	0.60	311.67	34.4
	0.65	281.54	32.2
	0.70	257.14	30.6

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D 4. ABSORCIÓN, DENSIDAD Y VACÍOS PERMEABLES

Estos datos de Absorción, densidad y vacíos permeables del concreto han sido sometidos a una evaluación de valores atípicos mediante el método de prueba de Grubbs en cada uno de las muestras ensayadas de acuerdo al tipo de concreto.

A continuación, se detalla en las siguientes tablas, la Absorción, densidad y vacíos permeables y su evaluación de aceptabilidad mediante la evaluación de valores atípicos mediante el método de prueba de Grubbs.

D 4.1. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN

Tabla A 245. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados NaturalesPATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						promedio
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	894.6	904.8	899.8	888.8	865.9	793.3	
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	958.0	959.6	963.7	954.6	930.1	847.7	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	959.2	960.8	964.8	955.6	931.2	848.5	
masa aparente sumergida (D)	gr	558.7	566.2	563.1	554.3	540.0	495.4	
Absorción después de la inmersión $(B-A)\times 100/A$	%	7.09	6.06	7.10	7.40	7.41	6.86	6.99
Absorción después de la inmersión y ebullición $(C-A)\times 100/A$	%	7.22	6.19	7.22	7.52	7.54	6.96	7.11
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.23	2.29	2.24	2.21	2.21	2.25	2.24
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.39	2.43	2.40	2.38	2.38	2.40	2.40
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.40	2.43	2.40	2.38	2.38	2.40	2.40
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.66	2.67	2.67	2.66	2.66	2.66	2.66
vacíos permeables $(g2-g1)\times 100/g2$	%	16.13	14.19	16.18	16.65	16.69	15.63	15.91

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 246 se tiene un valor atípico para PATRÓN $a/c=0.60$, al cual se procede a descartar dicho valor y se vuelve a realizar la prueba de Grubbs como se muestra en la Tabla A 247 en la cual ya no hay valores atípicos.

Tabla A 246. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de

PATRÓN, $a/c=0.60$

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	7.11	2.24	15.91
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.499	0.029	0.928
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	7.03	1.30	5.83
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	6.19	2.21	14.19
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.8404	0.9221	1.8544
$G_{min}<G_{crit}$	-	(Atípico)	(No atípico)	(Atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	7.54	2.29	16.69
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	0.8672	1.8121	0.8405
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 247. Detección de Valores Atípicos Corregido de Absorción, Densidad y Vacíos

Permeables de PATRÓN, $a/c=0.60$

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	5	5	5
Media (\bar{X})	kg/cm ²	7.29	2.23	16.26
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.241	0.015	0.434
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	3.31	0.67	2.67
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.01000	0.01000	0.01000
Grado de libertad n-2 (gl)	-	3	3	3
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	4.5407	4.5407	4.5407
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.6714	1.6714	1.6714
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	6.96	2.21	15.63
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.3822	1.0875	1.4379
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	7.54	2.25	16.69
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.0321	1.1326	1.0051
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 248. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Naturales

PATRÓN, a/c=0.65, Cemento=305.38 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	872.0	873.4	897.1	880.9	899.6	886.9	promedio
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	933.7	936.4	951.4	939.2	957.0	947.4	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	935.0	938.2	953.2	940.9	958.7	949.0	
masa aparente sumergida (D)	gr	545.6	544.6	562.2	550.5	560.8	554.5	
Absorción después de la inmersión $(B-A)\times 100/A$	%	7.08	7.21	6.05	6.62	6.38	6.82	6.69
Absorción después de la inmersión y ebullición $(C-A)\times 100/A$	%	7.22	7.42	6.25	6.81	6.57	7.00	6.88
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.24	2.22	2.29	2.26	2.26	2.25	2.25
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.40	2.38	2.43	2.41	2.41	2.40	2.40
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.40	2.38	2.44	2.41	2.41	2.41	2.41
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.67	2.66	2.68	2.67	2.66	2.67	2.67
vacíos permeables $(g2-g1)\times 100/g2$	%	16.18	16.46	14.35	15.37	14.85	15.74	15.49

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 249. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de

PATRÓN, a/c=0.65

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	6.88	2.25	15.49
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.429	0.025	0.801
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	6.23	1.11	5.17
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	6.25	2.22	14.35
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.4621	1.3553	1.4282
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	7.42	2.29	16.46
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.2584	1.6471	1.2121
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 250. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Naturales

PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=281.43 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	855.0	878.8	890.7	886.1	898.9	898.0	promedio
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	916.9	946.4	960.7	946.4	958.6	961.8	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	917.9	947.7	961.9	947.5	959.7	963.1	
masa aparente sumergida (D)	gr	534.5	549.3	556.0	556.2	561.4	560.6	
Absorción después de la inmersión $(B-A)\times 100/A$	%	7.24	7.69	7.86	6.81	6.64	7.10	7.22
Absorción después de la inmersión y ebullición $(C-A)\times 100/A$	%	7.36	7.84	7.99	6.93	6.76	7.25	7.36
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.23	2.21	2.19	2.26	2.26	2.23	2.23
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.39	2.38	2.37	2.42	2.41	2.39	2.39
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.39	2.38	2.37	2.42	2.41	2.39	2.39
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.67	2.67	2.66	2.69	2.66	2.66	2.67
vacíos permeables $(g2-g1)\times 100/g2$	%	16.41	17.29	17.54	15.69	15.26	16.17	16.40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 251. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de
PATRÓN, $a/c=0.70$

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	7.36	2.23	16.40
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.487	0.027	0.888
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	6.62	1.23	5.42
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	6.76	2.19	15.26
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.2153	1.3143	1.2727
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	7.99	2.26	17.54
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.3107	1.2414	1.2904
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 4.2. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos ECO

Tabla A 252. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos

ECO, a/c=0.60, Cemento=366.67 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	701.0	737.0	733.5	712.5	717.6	735.6	promedio
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	793.9	836.9	828.0	807.6	811.8	832.1	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	798.5	843.1	832.6	813.1	818.6	838.2	
masa aparente sumergida (D)	gr	419.8	442.7	442.1	429.2	427.8	437.6	
Absorción después de la inmersión $(B-A)\times 100/A$	%	13.25	13.55	12.88	13.35	13.13	13.12	13.21
Absorción después de la inmersión y ebullición $(C-A)\times 100/A$	%	13.91	14.40	13.51	14.12	14.07	13.95	13.99
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	1.85	1.84	1.88	1.86	1.84	1.84	1.85
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.10	2.09	2.12	2.10	2.08	2.08	2.09
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.11	2.11	2.13	2.12	2.09	2.09	2.11
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.49	2.50	2.52	2.52	2.48	2.47	2.50
vacíos permeables $(g2-g1)\times 100/g2$	%	25.75	26.50	25.38	26.20	25.84	25.61	25.88

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 253. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de

ECO, a/c=0.60

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	13.99	1.85	25.88
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.292	0.016	0.408
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	2.09	0.87	1.58
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	13.51	1.84	25.38
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.6503	0.8364	1.2328
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	14.40	1.88	26.50
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.3800	1.7697	1.5154
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 254. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos

ECO, a/c=0.65, Cemento=333.85 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						promedio
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	689.9	712.3	695.9	693.1	696.7	729.5	
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	783.3	807.4	786.5	784.2	791.0	828.0	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	798.8	814.5	799.9	794.9	799.2	836.1	
masa aparente sumergida (D)	gr	403.5	418.3	407.7	406.4	409.0	427.8	
Absorción después de la inmersión (B- A)x100/A	%	13.54	13.35	13.02	13.14	13.54	13.50	13.35
Absorción después de la inmersión y ebullición (C-A)x100/A	%	15.78	14.35	14.94	14.69	14.71	14.61	14.85
Densidad Seca (g1) Axp/(C-D)	gr/cm ³	1.75	1.80	1.77	1.78	1.79	1.79	1.78
Densidad después de inmersión Bxp/(C-D)	gr/cm ³	1.98	2.04	2.01	2.02	2.03	2.03	2.02
Densidad después de inmersión y ebullición Cxp/(C-D)	gr/cm ³	2.02	2.06	2.04	2.05	2.05	2.05	2.04
Densidad aparente (g2) Axp/(A-D)	gr/cm ³	2.41	2.42	2.41	2.42	2.42	2.42	2.42
vacíos permeables (g2-g1)x100/g2	%	27.55	25.80	26.52	26.20	26.27	26.11	26.41

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 255 se tiene un valor atípico para ECO a/c=0.65, al cual se procede a descartar dicho valor y se vuelve a realizar la prueba de Grubbs como se muestra en la Tabla A 256 en la cual ya no hay valores atípicos.

Tabla A 255. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de

ECO, a/c=0.65

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	14.85	1.78	26.41
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.497	0.018	0.607
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	3.35	1.02	2.30
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	14.35	1.75	25.80
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.0063	1.8592	1.0085
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(Atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	15.78	1.80	27.55
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.8831	1.0425	1.8823
$G_{max}<G_{crit}$	-	(Atípico)	(No atípico)	(Atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 256. Detección de Valores Atípicos Corregido de Absorción, Densidad y Vacíos

Permeables de ECO, a/c=0.65

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	5	5	5
Media (\bar{X})	kg/cm ²	14.66	1.79	26.18
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.215	0.008	0.262
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	1.46	0.47	1.00
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.01000	0.01000	0.01000
Grado de libertad n-2 (gl)	-	3	3	3
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	4.5407	4.5407	4.5407
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.6714	1.6714	1.6714
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	14.35	1.77	25.80
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.4594	1.3548	1.4614
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	14.94	1.80	26.52
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.3219	1.4531	1.2907
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 257. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos

ECO, a/c=0.70, Cemento=305.71 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						promedio
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	692.3	701.4	712.6	704.1	704.8	693.0	
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	788.8	801.9	808.4	802.7	797.7	788.7	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	795.3	811.1	815.2	808.8	803.1	796.4	
masa aparente sumergida (D)	gr	410.0	418.0	420.4	413.8	417.8	406.0	
Absorción después de la inmersión $(B-A)\times 100/A$	%	13.94	14.33	13.44	14.00	13.18	13.81	13.78
Absorción después de la inmersión y ebullición $(C-A)\times 100/A$	%	14.88	15.64	14.40	14.87	13.95	14.92	14.78
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	1.80	1.78	1.80	1.78	1.83	1.78	1.80
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.05	2.04	2.05	2.03	2.07	2.02	2.04
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.06	2.06	2.06	2.05	2.08	2.04	2.06
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.45	2.47	2.44	2.43	2.46	2.41	2.44
vacíos permeables $(g2-g1)\times 100/g2$	%	26.73	27.91	25.99	26.51	25.51	26.49	26.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 258. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de

ECO, a/c=0.70

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	14.78	1.80	26.52
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.569	0.020	0.808
Coef. de variación s/ \bar{X} (CV)	%	3.85	1.10	3.05
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	13.95	1.78	25.51
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.4569	1.0349	1.2487
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	15.64	1.83	27.91
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.5203	1.7136	1.7129
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 4.3. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT

Tabla A 259. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=311.67 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						promedio
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	756.9	763.9	767.8	766.8	747.4	770.5	
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	846.9	856.1	861.8	861.0	835.5	862.1	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	850.2	859.9	865.3	864.1	839.1	865.7	
masa aparente sumergida (D)	gr	461.6	464.1	464.4	464.3	455.3	468.5	
Absorción después de la inmersión (B- A)x100/A	%	11.89	12.07	12.24	12.28	11.79	11.89	12.03
Absorción después de la inmersión y ebullición (C-A)x100/A	%	12.33	12.57	12.70	12.69	12.27	12.36	12.48
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	1.95	1.93	1.92	1.92	1.95	1.94	1.93
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.18	2.16	2.15	2.15	2.18	2.17	2.17
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.19	2.17	2.16	2.16	2.19	2.18	2.17
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.56	2.55	2.53	2.53	2.56	2.55	2.55
vacíos permeables $(g2-g1)x100/g2$	%	24.01	24.25	24.32	24.34	23.89	23.97	24.13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 260. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de
ECO+ADIT, $a/c=0.60$

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	12.48	1.93	24.13
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.191	0.014	0.196
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	1.53	0.74	0.81
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	12.27	1.92	23.89
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.1265	1.2463	1.2131
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	12.70	1.95	24.34
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.1217	1.0304	1.0559
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 261. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos
más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=281.54 kg/m³

Descripción	unid.	Muestras						
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	717.3	711.1	710.5	744.8	723.4	751.7	promedio
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	805.6	799.3	795.6	832.7	811.4	842.5	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	810.8	805.5	804.2	843.1	815.3	847.8	
masa aparente sumergida (D)	gr	424.8	421.5	421.7	442.4	430.7	448.6	
Absorción después de la inmersión $(B-A)\times 100/A$	%	12.31	12.40	11.98	11.80	12.16	12.08	12.12
Absorción después de la inmersión y ebullición $(C-A)\times 100/A$	%	13.03	13.28	13.19	13.20	12.70	12.78	13.03
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	1.86	1.85	1.86	1.86	1.88	1.88	1.87
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.09	2.08	2.08	2.08	2.11	2.11	2.09
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.10	2.10	2.10	2.10	2.12	2.12	2.11
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.45	2.46	2.46	2.46	2.47	2.48	2.46
vacíos permeables $(g2-g1)\times 100/g2$	%	24.22	24.58	24.50	24.53	23.89	24.07	24.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 262. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de
ECO+ADIT, $a/c=0.65$

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	13.03	1.87	24.30
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.237	0.013	0.281
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	1.82	0.72	1.16
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	12.70	1.85	23.89
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.3811	0.9906	1.4441
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	13.28	1.88	24.58
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.0329	1.3453	1.0071
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 263. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de Concreto con Agregados Ecológicos más Aditivo ECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=257.14 kg/m³.

Descripción	unid.	Muestras						promedio
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	
Densidad de agua $\rho=1\text{g/cm}^3$								
Peso de muestra secado en horno (A)	gr	685.7	706.5	716.2	730.2	709.7	709.7	
Peso de muestra saturada por inmersión SSSI (B)	gr	772.3	798.0	803.7	818.6	798.2	798.2	
Peso de muestra saturada por ebullición SSSE (C)	gr	774.9	801.6	809.6	824.3	802.6	802.6	
masa aparente sumergida (D)	gr	414.0	426.6	437.0	445.4	430.8	430.8	
Absorción después de la inmersión $(B-A)\times 100/A$	%	12.63	12.95	12.22	12.11	12.47	12.47	12.47
Absorción después de la inmersión y ebullición $(C-A)\times 100/A$	%	13.01	13.46	13.04	12.89	13.10	13.10	13.10
Densidad Seca (g1) $A_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	1.90	1.88	1.92	1.93	1.91	1.91	1.91
Densidad después de inmersión $B_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.14	2.13	2.16	2.16	2.15	2.15	2.15
Densidad después de inmersión y ebullición $C_{xp}/(C-D)$	gr/cm ³	2.15	2.14	2.17	2.18	2.16	2.16	2.16
Densidad aparente (g2) $A_{xp}/(A-D)$	gr/cm ³	2.52	2.52	2.57	2.56	2.54	2.54	2.54
vacíos permeables $(g2-g1)\times 100/g2$	%	24.72	25.36	25.07	24.84	25.00	25.00	25.00

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 264 se tiene un valor atípico para ECO+ADIT, $a/c=0.70$, al cual se procede a descartar dicho valor y se vuelve a realizar la prueba de Grubbs como se muestra en la Tabla A 265 en la cual ya no hay valores atípicos.

Tabla A 264. Detección de Valores Atípicos de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de

ECO+ADIT, $a/c=0.70$

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	6	6	6
Media (\bar{X})	kg/cm ²	13.10	1.91	25.00
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.194	0.016	0.220
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	1.48	0.81	0.88
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833	0.00833
Grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	12.89	1.88	24.72
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.0951	1.5673	1.2697
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	13.46	1.93	25.36
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.8692	1.2095	1.6585
$G_{max}<G_{crit}$	-	(Atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 265. Detección de Valores Atípicos Corregido de Absorción, Densidad y Vacíos

Permeables de ECO+ADIT, $a/c=0.70$

Descripción	Unid	Absorción por inmersión + ebullición	Densidad Seca	Vacíos permeables
Cantidad de datos (n)	-	5	5	5
Media (\bar{X})	kg/cm ²	13.03	1.91	24.92
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.087	0.011	0.143
Coef. de variación s/\bar{X} (CV)	%	0.67	0.58	0.58
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.01000	0.01000	0.01000
Grado de libertad n-2 (gl)	-	3	3	3
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	4.5407	4.5407	4.5407
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.6714	1.6714	1.6714
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	12.89	1.90	24.72
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.6056	1.1911	1.4391
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	13.10	1.93	25.07
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	0.8221	1.2509	1.0102
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 266. Absorción, Densidad y Vacíos Permeables de los Diferentes Tipos de Concreto.

Tipo de concreto	a/c	Cemento (kg/m ³)	Absorción por Inmersión %	Absorción por inmersión+ebullición %	Densidad seca gr/cm ³	Densidad después de inmersión gr/cm ³	Densidad después de inmersión +ebullición gr/cm ³	Densidad aparente gr/cm ³	Vacíos permeables %
PATRÓN	0.60	333.33	7.17	7.29	2.23	2.39	2.39	2.66	16.26
	0.65	305.38	6.69	6.88	2.25	2.40	2.41	2.67	15.49
	0.70	281.43	7.22	7.36	2.23	2.39	2.39	2.67	16.40
ECO	0.60	366.67	13.21	13.99	1.85	2.09	2.11	2.50	25.88
	0.65	333.85	13.31	14.66	1.79	2.02	2.05	2.42	26.18
	0.70	305.71	13.78	14.78	1.80	2.04	2.06	2.44	26.52
ECO+ADIT	0.60	311.67	12.03	12.48	1.93	2.17	2.17	2.55	24.13
	0.65	281.54	12.12	13.03	1.87	2.09	2.11	2.46	24.30
	0.70	257.14	12.38	13.03	1.91	2.15	2.16	2.55	24.92

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO E. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización			Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensiones	Indicadores	Tipo de Investigación:
¿Es factible utilizar agregados ecológicos provenientes de concreto reciclado que afecta negativamente al medio ambiente?	Estudiar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregados ecológicos provenientes de concreto reciclado y comparar costos	El uso de agregados ecológicos proveniente de concreto reciclado influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia; y también en costos	VI1) Agregados ecológicos y agregados naturales	Peso unitario Peso específico Absorción Humedad Granulometría Material mas fino que pasa malla N.º 200 Abrasión Máxima compacidad de la combinación de agregados	kg/m³ kg/m³ % % adimensional % % %	Experimental Cuantitativa Nivel de investigación: Descriptivo Diseño de investigación: Experimental Población:
Problemas	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Dimensiones	Indicadores	Produccion de concreto diseñado con agregados naturales y ecológicos para a/c=0.60, 0.65 y 0.70
1) ¿Cuál será el efecto de utilizar agregados ecológicos en las propiedades físicas del concreto fresco?	1) Determinar las propiedades físicas del concreto fresco utilizando agregados naturales y ecológicos	1) Las propiedades físicas de concreto en estado fresco varían al utilizar agregados ecológicos respecto del uso de agregados naturales	VD1) Propiedades físicas del concreto fresco, utilizando agregados ecológicos y naturales	Consistencia Fluidez Peso unitario Contenido de aire Exudación Tiempo de fraguado	Pulgada % Kg/m³ % % Minutos	Muestra: Concreto fresco de cada uno de los 9 tipos, 477 probetas y 54 vigas Fuentes de información: Normas nacionales e internacionales tesis, paper y libros
2) ¿Cuál será el efecto de utilizar agregados ecológicos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido?	2) Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido utilizando agregados naturales y ecológicos.	2) Las propiedades físicas y mecánicas de concreto en estado endurecido varían al utilizar agregados ecológicos respecto del uso de agregados naturales	VD2) Propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido, utilizando agregados ecológicos y naturales	Propiedades mecánicas: Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión Propiedades físicas: Absorción Densidad Vacíos permeables	kg/cm² kg/cm² kg/cm² % gr/cm³ %	
3) ¿Cuál será el efecto de utilizar agregados ecológicos en el costo del concreto?	3) Comparar costos del concreto utilizando agregados naturales y ecológicos	3) El costo del concreto varia al utilizar agregados ecológicos respecto del uso de agregados naturales	VD3) Costos de concreto, utilizando agregados ecológicos y naturales	Costo unitario	Soles	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO F. FICHAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



Ficha técnica

AGREGADOS



PRODUCTO	Agregado grueso / Piedra Chancada
MEDIDAS	1/2" 3/8" 1/4"
CARACTERÍSTICAS	Agregado Ecológico grueso. Obtenido por la trituración artificial de material reciclado (gravas, concreto). Muy importante para la elaboración del concreto . Ideal para la construcción
PESO	Saco de 33 Kg / A pedido por metro cúbico (m ³)
COLOR	Plomo
USO Y APLICACIONES	Ideal como agregado para solados, falsas zapatas, sobrecimientos, falso piso, entrepisos, veredas, muros de contención, mejoramiento de sub base, mejoramiento de base y pavimentos, entre otros
TIPO	Áridos a granel



PRODUCTO	Agregado G / Arena gruesa
CARACTERÍSTICAS	Agregado Ecológico Grueso. Obtenido por la trituración artificial de material reciclado (gravas, concreto). Muy importante para la elaboración del concreto . Ideal para la construcción
PESO	Saco de 33 Kg / A pedido por metro cúbico (m ³)
COLOR	Marrón
USO Y APLICACIONES	Ideal como agregado para solados, falsas zapatas, sobrecimientos, falso piso, entrepisos, veredas, muros de contención, mejoramiento de sub base, mejoramiento de base y pavimentos, entre otros
TIPO	Áridos a granel



FICHA TÉCNICA /

CEMENTO SOL

DESCRIPCIÓN:

- Es un cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de clínker y yeso.

BENEFICIOS:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en *shotcrete*.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

USOS:

- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieran características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- Bolsas de 42.5 kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y *big bags*.



RECOMENDACIONES /

DOSIFICACIÓN:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

MANIPULACIÓN:

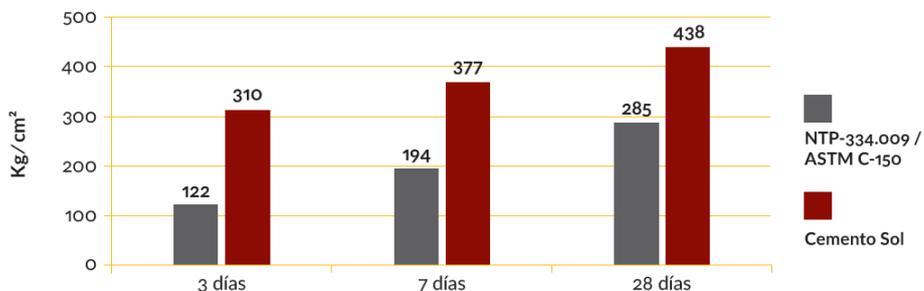
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

ALMACENAMIENTO:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno.

REQUISITOS MECÁNICOS /

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS /

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
Resistencia a la compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	438	Mínimo 285*
Tiempo de fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
Fases mineralógicas			
C ₂ S	%	11.9	No específica
C ₃ S	%	54.2	No específica
C ₃ A	%	10.1	No específica
C ₄ AF	%	9.7	No específica

*Requisito opcional



MasterEase 3900

Aditivo superplastificante/reductor de agua de alto rango para producción de concretos de baja viscosidad y reología mejorada con un buen mantenimiento de consistencia.

DESCRIPCIÓN

MasterEase 3900 es un aditivo superplastificante de última generación, basado en la nueva tecnología de polímeros exclusiva de Master Builders Solutions, especialmente diseñado para la producción de concretos de baja viscosidad incluso con reducidos contenidos de agua debido a su innovadora formulación que permite una adsorción retardada de las partículas de cemento obteniendo una hidratación mucho más eficiente.

USOS RECOMENDADOS

Diseñado para mejorar la reología y con ello su trabajabilidad, bombeabilidad y la puesta en obra del concreto fabricado. Permite la fabricación de concretos de elevada fluidez y de alta resistencia, con un buen mantenimiento de consistencia.

MasterEase 3900 cumple con las especificaciones de la clasificación tipo F según la ASTM C494.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Gran poder reductor de agua.
- Mejora el acabado y la textura de la superficie del concreto.
- Aumenta las resistencias iniciales y finales del concreto
- Buen mantenimiento de consistencia para cubrir los tiempos de transporte, sin retraso de fraguado.
- Facilita el bombeo y reduce el tiempo de aplicación y compactación
- Dota al concreto de un excelente comportamiento reológico, con reducida viscosidad y pegajosidad, y docilidad mejorada.
- Excelente cohesión

RECOMENDACIONES DE USO

MasterEase 3900 se añade al concreto durante su amasado, con la última parte del agua de mezcla. Debe mezclarse un tiempo suficiente para garantizar la completa homogeneización del aditivo en toda la masa.

MasterEase 3900 es compatible con los plastificantes y retardantes de la gama MasterPozzolith, MasterPolyheed y MasterSet de MBS.

MasterEase 3900 puede ser añadido directamente al camión mezclador, para restablecer concretos que hayan perdido consistencia. En este caso, se debe asegurar la plena compatibilidad entre aditivos antes de la aplicación. No es recomendable añadir el aditivo antes del agua de amasado, sobre el cemento y los agregados.

Dosificación:

El rango de dosificación recomendado para MasterEase 3900 es de 650 ml a 1500 ml por 100 kg de cemento en función del tipo de materiales y tipo de concreto a fabricar, dependiendo del uso esto puede variar por la naturaleza de los agregados y condiciones insitu.

Dosificaciones diferentes a las recomendadas son posibles con ensayos previos que justifiquen su buen desempeño.

CONSIDERACIONES

Si el MasterEase 3900 se congela, llévese a una temperatura de +20°C o más, y agítese hasta que esté completamente reconstituido. No use aire comprimido para agitarlo.

DATOS TÉCNICOS

Aspecto:	Líquido
Color:	Marrón
Densidad:	1,10 g/cm ³
pH:	Min 5.0

ALMACENAMIENTO

MasterEase 3900 tiene una vida útil de 12 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.



MasterEase 3900

Aditivo hiperplastificante/reductor de agua de alto rango para la producción especialmente de concreto proyectado y concretos bombeados y reología mejorada con un buen mantenimiento de consistencia en el tiempo.

PRESENTACIÓN

MasterEase 3900 se suministra en tambores de 208 L, tanques de 1000 L y a granel.

SEGURIDAD

Lea, entienda y siga la información contenida en la Hoja Datos de Seguridad (SDS) y de la etiqueta del producto antes de usar. La SDS puede obtenerse solicitando a su representante de ventas de Master® Builders Solutions.

Master® Builders Solutions es una marca registrada por las compañías de MBCC Group en diferentes países del mundo.

ANEXO G. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura A 32. *Acopio y Separación en Planta de CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS del Concreto de Desmorte de Construcción*



Figura A 33. *Salida Agregados Ecológicos del Equipo de Trituración*



Figura A 34. Almacenamiento de Agregados Ecológicos en Planta



Figura A 35. Agregado Grueso Natural (Izquierda) y Agregado Grueso Ecológico (Derecha)



Figura A 36. Agregado Fino Natural (Izquierda) y Agregado Fino Ecológico (Derecha)



Figura A 37. Procedimiento de Obtención de Peso Unitario de Agregados



Figura A 38. *Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Fino*



Figura A 39. *Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso*



Figura A 40. Granulometría Agregado Fino y Grueso



Figura A 41. Ensayo de Abrasión al Agregado Grueso



Figura A 42. Material que Pasa la Malla N.º 200



Figura A 43. Peso de los Materiales del Concreto



Figura A 44. Dosificación del Aditivo Superplastificante para el Concreto



Figura A 45. Peso Unitario de Concreto Fresco



Figura A 46. Consistencia, Medición de Slump ce Concreto Fresco



Figura A 47. Tiempo de Fraguado



Figura A 48. Ensayo de Contenido de Aire en el Concreto Fresco



Figura A 49. Ensayo de Exudación

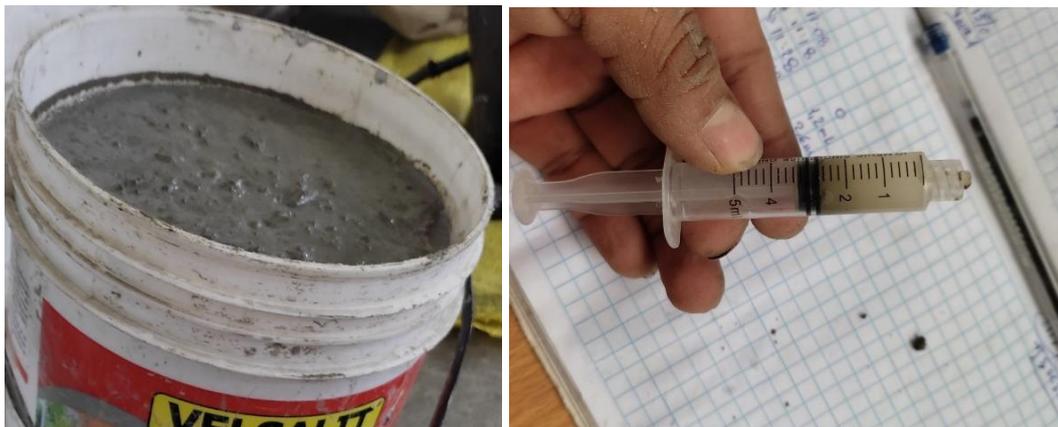


Figura A 50. Ensayo de Fluidez



Figura A 51 Toma de Temperatura del Concreto y del Medio Ambiente



Figura A 52. Vaciado de Probetas y Vigas



Figura A 53. Desencofrado de Vigas para su Posterior Curado



Figura A 54. Probetas y Vigas para Ensayos de Concreto Endurecido de un Diseño



Figura A 55. Colocación de Cal a la Poza de Curado



Figura A 56. Ensayo a Compresión de Concreto Endurecido



Figura A 57. Ensayo a Tracción por Compresión Diametral



Figura A 58 Ensayo a Flexión de Concreto Endurecido



Figura A 59. Vigas Ensayadas a Flexión Mostrándose la Posición de Falla



Figura A 60. Muestras de Concreto para Ensayo de Absorción, Densidad y Vacíos Permeables



Figura A 61 Saturación de Muestras por Ebullición



Figura A 62. Muestras de Concreto con Agregados Naturales (Arriba) y con Agregados Ecológicos (Abajo) donde se aprecia la Mayor Cantidad de Poros en el Concreto con Agregados Ecológicos

