

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023

Presentado por:

Arnold Boza Mosqueira

Juan Gabriel Corrales Oscco

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



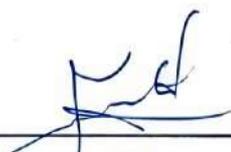
TESIS

Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsíllice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023

Presentado por **Arnold Boza Mosqueira** y **Juan Gabriel Corrales Oscco**, para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 05 de Setiembre de 2024, ante el Jurado Evaluador:

Presidente:



Mtro. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Primer miembro:



Dr. José Luis Merma Aroni

Segundo miembro:



Mag. Alfredo Fernández Ayma

Asesor:



Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 130-2024

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada **“Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c = 210 \text{ Kg cm}^2$ / utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023”**, presentado por los Bachs. Arnold Boza Mosqueira y Juan Gabriel Corrales Oscco, Para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(10%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 26 de agosto del 2024


Dr. Lintol Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA

C. c.
Archivo
REG. N° 564



Agradecimiento

Agradecemos profundamente por el apoyo brindado por nuestros familiares, docentes y compañeros de trabajo quienes cumplieron un rol importante para alcanzar el propósito de esta investigación.

Arnold Boza Mosqueira

Juan Gabriel Corrales Oscco



Dedicatoria

A mis padres, Rolando Boza Salcedo e Isabel Mosqueira Sequeiros por ser una fuente inagotable de apoyo y cariño en el transcurso de mi carrera académica.

Arnold Boza Mosqueira

A mi madre Rosa Oscco Torres, por su apoyo incondicional y enseñarme la convicción que hay que tener con el esfuerzo y paciencia para conseguir tus metas.

A mi padre Felix Corrales Retamoso, por educarme y formarme como persona, siempre sembrándome las ganas de superarse y buscar un futuro mejor.

A mis hermanos, por su apoyo y motivación que siempre me apoyaron con mi formación académica y personal.

Juan Gabriel Corrales Oscco



Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023

Línea de investigación: Ingeniería de materiales

Esta publicación está bajo Licencia de Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.3 Justificación de la investigación	6
CAPITULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.1.1 Objetivo general	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	8
2.2.1 Hipótesis general	8
2.2.2 Hipótesis específicas	9
2.3 Operacionalización de las variables	10
CAPITULO III	11
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	11
3.1 Antecedentes	11
3.1.1 A nivel internacional	11
3.1.2 Antecedentes nacionales	14
3.1.3 Antecedentes locales	17
3.2 Marco teórico	19
3.2.1 Concreto reciclado	19



3.2.2	Propiedad de compresión del concreto	60
3.2.3	Propiedad de flexión del concreto	64
3.2.4	Propiedad de consistencia del concreto	69
3.3	Marco conceptual	73
CAPITULO IV		75
METODOLOGÍA		75
4.1	Tipo y nivel de investigación	75
4.2	Diseño de la investigación	76
4.3	Descripción ética de la investigación.	77
4.4	Población y muestra	78
4.5	Procedimiento	84
4.6	Técnicas e instrumentos	103
4.7	Análisis Estadístico	104
CAPÍTULO V		107
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		107
5.1	Análisis de resultados	107
5.2	Contrastación de hipótesis	124
5.2.1	Contrastación de hipótesis general	124
5.2.2	Contrastación de hipótesis específica 1	129
5.2.3	Contrastación de hipótesis específica 2	141
5.3	Discusión	146
CAPÍTULO VI		153
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		153
6.1	Conclusiones	153
6.2	Recomendaciones	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		156
ANEXOS		163



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables de la investigación.	10
Tabla 2 — Muestras del GC y muestras del GE1	80
Tabla 3 — Muestras del GC y muestras del GE2	81
Tabla 4 — Muestras del GC y muestras del GE3	82
Tabla 5 — Muestras del GC y muestras del GE1	83
Tabla 6 — Muestras del GC y muestras del GE2	83
Tabla 7 — Muestras del GC y muestra del GE3	84
Tabla 8 — Prueba de resistencia a la abrasión	90
Tabla 9 — Propiedades del agregado fino	91
Tabla 10 — Propiedades del agregado grueso	91
Tabla 11 — Propiedades del cemento	92
Tabla 12 — Dosificación de cantidades de materiales por 1m ³	99
Tabla 13 — Resistencia a la compresión del GC a los 7,14,28 días	112
Tabla 14 — Resistencia a flexión del GC a los 28 días	114
Tabla 15 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 7,14,28 días	114
Tabla 16 — Resistencia a flexión del GE1 a los 28 días	115
Tabla 17 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 7,14,28 días	116
Tabla 18 — Resistencia a flexión del GE2 a los 28 días	117
Tabla 19 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 7,14,28 días	118
Tabla 20 — Resistencia a flexión del GE3 a los 28 días	119
Tabla 21 — Consistencia del concreto con diferentes porcentajes de sustitución	120
Tabla 22 — Análisis de costos del concreto con agregado grueso natural	121
Tabla 23 — Análisis de costos del concreto con agregado grueso reciclado	122
Tabla 24 — Comparativa de costos de producción de mezcla de concreto por m ³	123
Tabla 25 — Comparación de las propiedades de los agregados	123
Tabla 26 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 28 días	126



Tabla 27 — ANOVA de dos factores de la RCF a los 28 días	127
Tabla 28 — Comparación múltiple HSD Tukey a la edad de 28 días	127
Tabla 29 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 28 días	128
Tabla 30 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 7 días	130
Tabla 31 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 14 días	131
Tabla 32 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 28 días	132
Tabla 33 — ANOVA de un factor de la RF a los 7 días	133
Tabla 34 — ANOVA de un factor de la RF a 14 días	133
Tabla 35 — ANOVA de un factor de la RF a 28 días	134
Tabla 36 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 7 días	134
Tabla 37 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 14 días	135
Tabla 38 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 28 días.	136
Tabla 39 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 7 días	138
Tabla 40 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 14 días	139
Tabla 41 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 28 días	140
Tabla 42 — ANOVA de un factor de la resistencia a flexión del concreto a 28 días	142
Tabla 43 — ANOVA de un factor de la RCF del concreto a 28 días	143
Tabla 44 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 28 días	144
Tabla 45 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 28 días	145
Tabla 46 — Matriz de consistencia de la investigación	165
Tabla 47 — Resistencia a la compresión del GC a los 7 días y su tipo de falla	167
Tabla 48 — Resistencia a la compresión del GC a los 14 días y su tipo de falla	168
Tabla 49 — Resistencia a la compresión del GC a los 28 días y su tipo de falla	169
Tabla 50 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 7 días y su tipo de falla	170
Tabla 51 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 14 días y su tipo de falla	171
Tabla 52 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 28 días y su tipo de falla	172
Tabla 53 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 7 días y su tipo de falla	173
Tabla 54 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 14 días y su tipo de falla	174
Tabla 55 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 28 días y su tipo de falla	175
Tabla 56 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 7 días y su tipo de falla	176
Tabla 57 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 14 días y su tipo de falla	177
Tabla 58 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 28 días y su tipo de falla	178



Tabla 59 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GC	179
Tabla 60 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GE1	180
Tabla 61 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GE2	181
Tabla 62 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GE3	182
Tabla 63 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GC	183
Tabla 64 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GE1	184
Tabla 65 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GE2	184
Tabla 66 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GE3	185



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Análisis del agua en laboratorio	27
Figura 2 — Proceso de fabricación del cemento	29
Figura 3 — Óxidos componentes del cemento	31
Figura 4 — Clasificación de agregados según granulometría	42
Figura 5 — Manejo de residuos de la actividad de la construcción	44
Figura 6 — Clasificación de los residuos de la construcción	45
Figura 7 — Usos del agregado de concreto reciclado	46
Figura 8 — Propiedades a estudiar para el agregado de concreto reciclado	46
Figura 9 — Normas utilizadas para ensayos de los agregados	51
Figura 10 — Distribución de tamaños de agregados	52
Figura 11 — Nivel de vacíos en los agregados	53
Figura 12 — Granulometría óptima de la combinación de agregados	54
Figura 13 — Expresiones de la gravedad específica	55
Figura 14 — Fórmulas del peso específico	56
Figura 15 — Estados de humedad del agregado	57
Figura 16 — Ecuaciones para calcular el porcentaje de absorción	58
Figura 17 — Ensayo de resistencia a compresión	61
Figura 18 — Ensayo de resistencia a flexión	66
Figura 19 — Ensayo de asentamiento	70
Figura 20 — Diseño de la investigación.	77
Figura 21 — Procedimiento de ejecución del proyecto	85
Figura 22 — Vía existente antes de ser demolida	85
Figura 23 — Vía existente demolida	86
Figura 24 — Escombros de concreto	86
Figura 25 — Material reciclado	87



Figura 26 — Adquisición de materiales	87
Figura 27 — Adquisición de aditivos	88
Figura 28 — Ensayo Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	88
Figura 29 — Ensayo de peso unitario y vacíos de los agregados gruesos y finos	89
Figura 30 — Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos	89
Figura 31 — Ensayo de gravedad específica y absorción de agregados finos	89
Figura 32 — Ensayo de máquina de Los Ángeles	90
Figura 33 – Determinación de la Fuerza de Compresión	92
Figura 34 – Selección de Slump	92
Figura 35 – Determinación de cantidad de agua	93
Figura 36 – Determinación de cantidad de aire	94
Figura 37 – Determinación de la cantidad de cemento	94
Figura 38 – Determinación de volumen de agregado grueso	96
Figura 39 — Dosificación de materiales	99
Figura 40 — Mezcla de materiales	100
Figura 41 — Prueba de slump	100
Figura 42— Elaboración de testigos cilíndricos	100
Figura 43 — Elaboración de viguetas de concreto	101
Figura 44 — Desencofrado y curado	101
Figura 45 — Rotura de testigos cilíndricos	102
Figura 46 — Rotura de viguetas de concreto	103
Figura 47— Resistencia a la compresión a los 7 días	107
Figura 48— Resistencia a la compresión a los 14 días	108
Figura 49 — Resistencia a la compresión a los 28 días	109
Figura 50 — Resistencia a la flexión a los 28 días	110
Figura 51 — Curva de resistencia a la compresión a diferentes días	111
Figura 52 — Diagrama de barras de resistencia a la compresión	112
Figura 53 — Diagrama de barras de asentamiento	121
Figura 54 — Diagrama de barras costo de producción de concreto.	123
Figura 55 — Formato de instrumento N 1	186
Figura 56 — Formato de instrumento N 2	187
Figura 57 — Formato de instrumento N 3	188



Figura 58 — Formato de instrumento N 4	189
Figura 59 — Formato de instrumento N 5	190
Figura 60 — Formato de instrumento N 6	191
Figura 61 — Formato de instrumento N 7	192
Figura 62 — Formato de instrumento N 8	193
Figura 63 — Formato de instrumento N 9	194
Figura 64 — Formato de instrumento N 10	195
Figura 65 — Formato de instrumento N 11	196
Figura 66 — Formato de instrumento N 12	197
Figura 67 — Formato de instrumento N 13	198
Figura 68 — Formato de instrumento N 14	199
Figura 69 — Formato de instrumento N 15	200
Figura 70 — Formato de instrumento N 16	201
Figura 71 — Formato de instrumento N 17	202
Figura 72 — Formato de instrumento N 18	203
Figura 73 — Formato de instrumento N 19	204
Figura 74 — Formato de instrumento N 20	205
Figura 75 — Formato de instrumento N 21	206
Figura 76 — Formato de instrumento N 22	207
Figura 77 — Formato de instrumento N 1 completo	209
Figura 78 — Formato de instrumento N 2 completo.	210
Figura 79 — Formato de instrumento N 3 completo	211
Figura 80 — Formato de instrumento N 4 completo	212
Figura 81 — Formato de instrumento N 5 completo	213
Figura 82 — Formato de instrumento N 6 completo	214
Figura 83 — Formato de instrumento N 7 completo	215
Figura 84 — Formato de instrumento N 8 completo	216
Figura 85 — Formato de instrumento N 9 completo	217
Figura 86 — Formato de instrumento N 10 completo	218
Figura 87 — Formato de instrumento N 11 completo	219
Figura 88 — Formato de instrumento N 12 completo	220
Figura 89 — Formato de instrumento N 13 completo	221



Figura 90 — Formato de instrumento N 14 completo	222
Figura 91 — Formato de instrumento N 15 completo	223
Figura 92 — Formato de instrumento N 16 completo	224
Figura 93 — Formato de instrumento N 17 completo	225
Figura 94 — Formato de instrumento N 18 completo	226
Figura 95 — Formato de instrumento N 19 completo	227
Figura 96 — Formato de instrumento N 20 completo	228
Figura 97 — Formato de instrumento N 21 completo	229
Figura 98 — Formato de instrumento N 22 completo	230
Figura 99 — Recolección de escombros de concreto	232
Figura 100 — Recolección de escombros de concreto	232
Figura 101 — Almacenamiento de los escombros de concreto	233
Figura 102 — Traslado de los escombros de concreto	233
Figura 103 — Resultados de análisis granulométrico	234
Figura 104 — Vaciado del concreto del GC	234
Figura 105 — Vaciado del concreto del GC	235
Figura 106 — Ensayo de resistencia a la compresión del GC a los 14 días	235
Figura 107 — Ensayo de resistencia a la compresión del GE2 a los 14 días	236
Figura 108 — Ensayo de resistencia a la flexión del GE2 a los 14 días	236
Figura 109 — Casco Urbano de la Ciudad de Abancay	238
Figura 110 — Plano de ubicación cantera	241
Figura 111 — Plano de ubicación zona de eliminación de escombros	242



INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo urbano han llevado a una acumulación significativa de escombros de concreto provenientes de la demolición de pavimentos al final de su vida útil. Estos residuos, a menudo desechados inadecuadamente, contribuyen a la contaminación ambiental. Dado que las losas de concreto tienen una vida útil de 15 a 20 años, la necesidad de gestionar estos escombros de manera eficiente se vuelve crucial para reducir el impacto ambiental. Este problema resalta la importancia de investigar alternativas sostenibles, como el uso de concreto reciclado.

El objetivo principal de esta investigación es analizar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ Kg/cm², utilizando aditivos como microsílíce y superplastificante. La metodología empleada es un estudio experimental descriptivo que incluye la aplicación de normas NTP y ASTM. La muestra comprende 72 testigos cilíndricos y 24 vigas, y se comparan un grupo de control sin agregado reciclado con grupos experimentales que incorporan 50%, 75% y 100% de agregado grueso reciclado.

La teoría empleada se basa en los principios de la ingeniería de materiales y la tecnología del concreto, que exploran cómo el reciclaje de materiales puede afectar las propiedades mecánicas y de consistencia del concreto.

La tesis se organiza de la siguiente manera: Capítulo I, planteamiento del problema, abarcando la descripción y enunciado del problema, así como la justificación de la investigación; Capítulo II, objetivos e hipótesis, incluyendo la operacionalización de las variables; Capítulo III, marco teórico referencial, que comprende los antecedentes, marco teórico y marco conceptual; Capítulo IV, metodología, detallando el tipo, nivel y diseño de la investigación, la descripción ética, población y muestra, procedimiento, técnicas e instrumentos, y el análisis estadístico; Capítulo V, resultados y discusión, con el análisis de resultados, comprobación de hipótesis y discusión; y finalmente, Capítulo VI, conclusiones y recomendaciones.



RESUMEN

La tesis titulada "Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm², utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en Abancay - 2023" se realizó debido a la necesidad de gestionar los escombros de concreto generados por la demolición de pavimentos al final de su vida útil, que a menudo son desechados de manera inadecuada, causando contaminación ambiental. El objetivo principal fue determinar cómo el uso de concreto reciclado afecta las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm², utilizando aditivos como microsílíce y superplastificante. La teoría empleada se basa en los principios de la ingeniería de materiales y la tecnología del concreto, que exploran cómo el reciclaje de escombros provenientes de demoliciones de infraestructuras de concreto y es uso de aditivos puede afectar las propiedades físico mecánicas del concreto, asimismo se utilizó la NTP, ACI y ASTM. La metodología consistió en un estudio experimental descriptivo con una muestra de 72 testigos cilíndricos y 24 vigas. Se compararon un grupo de control (GC) con 0% de agregado grueso reciclado con grupos experimentales que utilizaron diferentes porcentajes de agregado grueso reciclados (50%, 75% y 100%). Los resultados indicaron que el concreto reciclado influye positivamente en la compresión, flexión y consistencia del concreto. A los 7 días, las muestras con agregado reciclado mostraron una resistencia a compresión superior a la del grupo de control. A los 14 días, los porcentajes de 50% y 100% se mostraban superior al grupo de control, mientras que el de 50% era menor, y a los 28 días, todas las muestras con agregado reciclado superaron al grupo de control en resistencia. En términos de flexión y consistencia, las muestras con agregado reciclado también superaron al grupo de control. Sin embargo, el uso de concreto reciclado incrementó el costo de producción en un 24.9% en comparación con el concreto tradicional. En conclusión, el uso de concreto reciclado como agregado grueso, junto con aditivos, mejora las propiedades físico mecánicas concreto, aunque con un costo de producción mayor.

Palabras clave: *Agregado grueso, concreto reciclado, consistencia, propiedades de compresión, propiedades de flexión.*



ABSTRACT

The thesis titled "Analysis of the Influence of Using Recycled Concrete as Coarse Aggregate on the Compression, Flexural, and Consistency Properties of Concrete $F'c=210$ kg/cm², using Superplasticizer and Microsilica in Abancay - 2023" was conducted due to the need to manage concrete debris generated by the demolition of pavements at the end of their service life, which are often disposed of improperly, leading to environmental contamination. The main objective was to determine how the use of recycled concrete affects the compression, flexural, and consistency properties of concrete $F'c=210$ kg/cm², using additives such as microsilica and superplasticizer. The theory employed is based on the principles of materials engineering and concrete technology, which explore how the recycling of materials can affect the mechanical and consistency properties of concrete. Additionally, NTP and ASTM standards were used. The methodology involved an experimental descriptive study with a sample of 72 cylindrical specimens and 24 beams. A control group (Gc) with 0% recycled coarse aggregate was compared with experimental groups that used different percentages of recycled coarse aggregate (50%, 75%, and 100%). The results indicated that recycled concrete positively influences compression and flexural properties but negatively affects consistency. At 7 days, the samples with recycled aggregate showed higher compressive strength compared to the control group. At 14 days, the 50% and 100% replacement percentages showed higher strength than the control group, while the 75% replacement was lower. At 28 days, all samples with recycled aggregate exceeded the control group in terms of resistance. In terms of flexural properties and consistency, the samples with recycled aggregate also surpassed the control group. However, the use of recycled concrete increased production costs by 24.9% compared to traditional concrete. In conclusion, recycled concrete, along with additives, improves the mechanical properties and consistency of concrete, though with a higher production cost.

Keywords: *Recycled concrete, coarse aggregate, compression properties, flexural properties, consistency.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

El concreto está en todas partes, es el segundo material más utilizado después del agua, y configura nuestro ambiente siendo propicio para nuestro desarrollo. Desde hogares hasta escuelas, hospitales, oficinas, vías y veredas, en general siendo utilizado para todo tipo de infraestructura donde todos ellos están contruidos con concreto. Este material es altamente resistente y puede perdurar durante siglos en diversas aplicaciones. No obstante, debido a los cambios en las necesidades humanas, se generan grandes cantidades de escombros de concreto: solo en Europa, Estados Unidos y Japón se producen más de 900 millones de toneladas al año, sin contar la cantidad desconocida en otras partes del mundo. A pesar de ello, el concreto puede ser recuperado y reutilizado de manera efectiva: puede ser triturado y empleado como agregado en nuevos proyectos (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009, p.3).

A nivel mundial el tratamiento que siempre se les ha dado a los escombros generados en la construcción, ha sido depositarlos en escombreras, sitios de relleno ó cualquier lugar que resulte útil para salir del paso. La visión ambiental fue hasta hace poco algo que nadie consideraba. Sin embargo hoy en día la visión que se tiene es muy diferente, ha ido cambiando con los años, al punto que varios países como Alemania y Holanda han optado por desarrollar prácticas mucho más amigables con el medio ambiente, mitigando la generación de escombros y propiciando el reciclaje de estos, usándolos como materias primas en el desarrollo de eco materiales que disminuyen el impacto causado por arrojar dichos escombros en grandes espacios de terreno que podría aprovecharse de otra manera (Díaz, Vargas y Jiménez, 2012).



En la ciudad de Abancay, el crecimiento y desarrollo de la población ha llevado a la pavimentación de las calles con losas de concreto, que tienen una vida útil de 15 a 25 años. Al finalizar este ciclo, se planifica la renovación de las vías, lo que genera escombros de concreto. Actualmente, se estima que existe 56 km de vías pavimentadas, ocupando un volumen de 112,200 m³, equivalente a 268,800 t de concreto según el Anexo E. El problema radica en la falta de una gestión adecuada de residuos sólidos en la ciudad, especialmente para el reciclaje del concreto proveniente de demoliciones. Esto ha llevado a la declaración de emergencia mediante la Resolución Ministerial N° 109-2024-MINAM del 2 de abril de 2024, subrayando la urgencia de abordar esta problemática (La República, 2024).

Además, las empresas dedicadas a la producción de bloques de concreto en Abancay enfrentan dificultades relacionadas con la calidad y las propiedades del concreto reciclado. Estos problemas están asociados a la falta de infraestructura adecuada y la necesidad de tecnologías y métodos de reciclaje más eficientes. La implementación de plantas de tratamiento de residuos sólidos más modernas y el desarrollo de políticas y programas que fomenten el reciclaje efectivo son cruciales para mejorar la situación en Abancay (Cabrera y Ramirez, 2019)

Por lo tanto, esta investigación propone integrar los escombros de concreto en un nuevo concreto reciclado, abordando el problema del inadecuado manejo de residuos sólidos y la contaminación resultante de los desechos de construcción en lugares no autorizados. Este proyecto busca dar utilidad a los escombros de concreto, utilizando aditivos superplastificantes y microsílíce para mejorar sus propiedades mecánicas, por lo que se evaluarán las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto, para asegurar que el concreto reciclado cumpla con los estándares necesarios para su uso en la construcción. La evaluación incluirá pruebas rigurosas de resistencia a la compresión y flexión, así como análisis de consistencia para garantizar la trabajabilidad del concreto reciclado en aplicaciones prácticas. Este enfoque no solo resolverá el problema de la gestión de residuos en Abancay, sino que también contribuirá a la sostenibilidad y eficiencia de los recursos en la construcción local, promoviendo prácticas más ecológicas y responsables.



1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023?

1.2.2 Problemas específicos

) ¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023?

) ¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de flexión del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023?

) ¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023?

1.3 Justificación de la investigación

Justificación social: En nuestra región, no contamos con lugares adecuados donde evacuar los escombros de concreto, ocasionando impactos negativos sobre el entorno que nos rodea, como la contaminación del suelo, agua, aire, y efectos secundarios sobre la flora y la fauna de nuestra ciudad. En este contexto, surge la necesidad de reutilizar los escombros de concreto, proponiendo triturar dichos escombros para obtener agregado grueso reciclado.

Justificación económica: El enfoque de reciclar escombros de concreto tiene el potencial de reciclar y dar una nueva oportunidad a los escombros de concreto al ser usados como



agregado grueso para nuevas proporciones de diseños de mezcla de concreto, lo cual puede reducir costos en la producción de nuevos elementos estructurales de concreto siempre en cuando exista las facilidades para el proceso de producción.

Relevancia: El objetivo de esta investigación es recopilar información adicional sobre las posibles aplicaciones que le podemos dar a los escombros de concreto, aportando con la dosificación de los aditivos a utilizar en un diseño de mezcla utilizando agregado grueso reciclado. A través de ensayos realizados al agregado grueso reciclado, se obtendrán sus propiedades físicas y mecánicas, generando conocimiento aplicable en futuros trabajos.

Justificación Metodológica: La elaboración y aplicación de esta investigación sobre la reutilización de escombros de concreto se realizará utilizando un diseño de mezcla por el método ACI - 211, lo cual permitirá conocer la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo superplastificante y microsílíce.

Aplicabilidad: La investigación demostrará la validez y confiabilidad de los ensayos, llevándose a cabo en un determinado tiempo y periodo en la ciudad de Abancay. Este conocimiento podrá ser aplicado en futuros trabajos para producir nuevos elementos estructurales de concreto con agregado grueso reciclado.



CAPITULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.

2.1.2 Objetivos específicos

- J Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de compresión del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.

- J Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de flexión del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.

- J Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de consistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando aditivo



superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.

2.2.2 Hipótesis específicas

-) El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en la propiedad de compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.

-) El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en la propiedad de flexión del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.

-) El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en la propiedad de consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023.



2.3 Operacionalización de las variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables de la investigación.

“Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsíllice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023”

Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Instrumentos
Variable Independiente	Concreto reciclado	Es un material resultante de la demolición de alguna estructura de concreto y/o concreto armado.	La técnica que se utilizará será la observación y como instrumento las fichas técnicas de las pruebas de laboratorio que servirán como herramienta.	Análisis granulométrico (tamizado). Ensayo de densidad real y aparente. Ensayo de absorción de agua. Ensayo de abrasión de los ángeles. Diseño de mezclas de concreto.	Granulometría Densidad Absorción Resistencia al desgaste por abrasión. Porcentaje a dosificar 50%, 75%, 100%.	% kg/m ³ % % %	Tamiz Picnómetro Horno Aparato de “Los Ángeles” Hoja de cálculo
Variable Dependiente	Propiedad de compresión del concreto	Es el esfuerzo (kg/cm ²) a la compresión respecto al eje longitudinal a la acción de una fuerza.	Se utilizará para identificar si el concreto cumple con la resistencia esperada.	Ensayo de resistencia a la compresión.	Carga máxima aplicada. Deformación.	kg/cm ²	Máquina de ensayos universal
	Propiedad de flexión del concreto	Es el esfuerzo (kg/cm ²) a la flexión respecto al eje transversal a la acción de una fuerza.	Se utilizará para identificar si el concreto cumple con la flexión esperada.	Ensayo de resistencia a flexión.	Carga máxima aplicada Longitud, ancho y altura	kg/cm ²	Hoja de cálculo
	Propiedad de consistencia del concreto	Es el nivel de manejabilidad y facilidad que tiene la mezcla para ocupar los espacios del molde o encofrado.	Se utilizará para identificar si el concreto cumple con la consistencia esperada.	Ensayo de cono de Abrams.	Asentamiento del concreto (SLUMP)	pulgada	Ficha de recolección de datos



CAPITULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 A nivel internacional

La investigación titulada: “Análisis Técnico-Económico del Uso de Concreto Reciclado y el Concreto Convencional en Colombia”, aborda la necesidad de gestionar adecuadamente los escombros de concreto para evitar la contaminación ambiental, analizando la viabilidad económica de utilizar agregados reciclados en mezclas de concreto en lugar de agregados naturales. El objetivo es comparar las propiedades mecánicas y el costo de producción de mezclas con 100%, 30% y 0% de agregado reciclado, manteniendo una resistencia a la compresión similar. Se realizó una metodología cuantitativa con ensayos de caracterización física y mecánica de los materiales, siguiendo las Normas Técnicas Colombianas (NTC). La muestra incluyó escombros de pequeñas vigas y cilindros. Los resultados mostraron que, aunque el concreto con 100% de agregado reciclado presenta deficiencias en resistencia a la tensión y flexión, un reemplazo del 30% de agregado reciclado ofrece una resistencia aceptable con costos incrementados en un 24.9%. Se concluye que, aunque el concreto reciclado es más costoso, puede ser una opción viable para elementos estructurales debido a sus beneficios ambientales y la reducción de costos asociados con la minería y el transporte de agregados naturales (Ospina, Moreno y Rodríguez, 2017).

En la tesis titulada "Comparación estructural y estimación de costos de la utilización de concreto con agregados naturales y concreto con residuos de construcción y demolición (R.C.D) como agregado", el objetivo general es realizar una comparación teórica entre un concreto estructural convencional y un concreto estructural con RCD como agregado. En la tesis, se realizó una comparación de la resistencia a la compresión para un reemplazo del 25% de agregados naturales por RCD, encontrándose una reducción del F'_c entre el 4% y el 5%. Seguidamente, se realizó



una comparación de los costos de ambos proyectos con el reemplazo del 25%, concluyendo que los costos son aproximadamente equivalentes. Sin embargo, para cumplir con las certificaciones LEED (un reconocimiento internacional para edificios sustentables) y alcanzar alta calidad en las empresas, es necesario invertir en este proceso (Castellanos y Rivera, 2017, pp. 55-56).

La investigación titulada “Estudio comparativo entre un hormigón tradicional y otro con agregado grueso reciclado (RCD) para aplicación no estructural en la fabricación de losetas para vías peatonales”, tuvo el objetivo de comparar ambos tipos de hormigón para determinar su viabilidad en aplicaciones peatonales, ya sea de forma parcial o total. Para el estudio, se empleó una muestra total de 240 losetas que fueron sometidas a pruebas de flexión, compresión, absorción y desgaste. La dosificación de las muestras se realizó utilizando el Método ACI 211.3R-02 para hormigones secos, siguiendo las normativas de asentamiento ASTM C 143 y 1170, y el peso unitario según ASTM C-138, además de las normas bolivianas correspondientes. En la comparación entre hormigones convencionales con contenidos de 250 y 300 kg/cm³ y proporciones de 0%, 50%, 75% y 100% de agregado grueso reciclado, se observaron valores de absorción del 10.19% y desgaste del 29.94%, respectivamente. A los 28 días, las resistencias alcanzaron 5.3 MPa y 6.0 MPa, cumpliendo así con la resistencia mínima requerida de 4.5 MPa para tráfico peatonal liviano en Bolivia. Tras las pruebas de compresión, absorción y desgaste, se concluyó que el uso de concreto reciclado como agregado grueso es viable únicamente en proporciones inferiores al 20% (Mamani y Mamani, 2022).

La investigación titulada "Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado", evaluó las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado en reemplazo del agregado natural. Las muestras se agruparon en 0% de reemplazo, 20% y 40%. Como base teórica, se utilizó la investigación de Arriaga (2013), quien recomienda que, para lograr una resistencia similar a la del concreto convencional en elementos estructurales, se debe emplear un reemplazo del 20% de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado, además de resaltar la importancia de experimentar con



mayores porcentajes de reemplazo. Los resultados mostraron que reemplazos de hasta un 40% de agregado reciclado no afectan negativamente las propiedades mecánicas del concreto. La resistencia a compresión y el módulo elástico del concreto con 40% de agregado reciclado fueron similares a los de la muestra de control, mientras que la resistencia a flexión mostró una ligera disminución. En términos de durabilidad, el concreto con agregado reciclado presentó una permeabilidad a cloruros y una resistencia a la carbonatación comparables o incluso superiores a las del concreto convencional. Estos hallazgos sugieren que el concreto con agregado reciclado es adecuado para la fabricación de elementos estructurales como losas, debido a sus propiedades mecánicas y de durabilidad similares a las del concreto tradicional (Bojacá, 2013).

Rosero Alvarez (2019) en su investigación titulada "Propuesta de guía de uso de los agregados reciclados en Colombia provenientes de RCD, basado en normativa internacional y en el desarrollo de investigaciones de Universidades Colombianas", propone una guía para la utilización de residuos de construcción y demolición (RCD) como agregado en la producción de concreto. Basándose en la Norma Técnica Colombiana para determinar la consistencia y fluidez de la mezcla, Reglamento sismorresistente de Colombia para la resistencia a la compresión, al corte, a la flexión y otras normativas internacionales, se establecen los requisitos necesarios, como densidad, tamaño de partículas, absorción, y contenido de sulfatos y cloruros. Los resultados muestran que, tras procesos de clasificación, limpieza y reciclaje, los RCD pueden cumplir con los requisitos mínimos para ser utilizados como agregados reciclados. La guía establece los tipos de usos permitidos para el concreto hidráulico estructural y no estructural, dependiendo de la resistencia a la compresión (F_c) y de las clases de exposición. En conclusión, la investigación demuestra que los RCD, al cumplir con los estándares especificados, son adecuados para la fabricación de concreto, mejorando la sostenibilidad en la construcción. Cabe resaltar que en las investigaciones realizadas en las universidades Colombianas, los RCD son seleccionados y no como habitualmente se generan en obra o en procesos de demolición.



3.1.2 Antecedentes nacionales

En el proyecto de tesis denominado “Estudio de la influencia del tipo y porcentaje de reemplazo de los agregados reciclados en las propiedades del concreto, para diseños de $f'c$ 175, 210 y 280 kg/cm², en la ciudad de Arequipa”, Cáceres y Valencia (2018) concluyeron que los pesos específicos del agregado reciclado fueron menores que los agregados naturales, donde noto que el peso específico varía en función de la procedencia del agregado de concreto reciclado, y también que esa variación de peso específico disminuye a medida que aumenta la resistencia de concreto original de donde proviene el agregado reciclado. con respecto a la absorción del agregado reciclado tiene mayor porcentaje que el agregado natural, debido a la presencia de mortero, también concluyendo que la absorción varía según la resistencia del concreto original de cual se extrae el agregado reciclado. para el caso del peso unitario compactado, peso unitario suelto, el del agregado reciclado fue mucho menor que del agregado normal, y esa diferencia disminuye si la resistencia del concreto original es mayor. la trabajabilidad de la mezcla disminuye a medida que aumenta la resistencia de diseño de mezcla. En la resistencia a compresión concluye que medida que aumenta la resistencia del diseño, la resistencia a compresión generada por el uso de agregados reciclados disminuye, y esta disminuye aún más si el reemplazo del agregado natural por el agregado reciclado aumenta. en el tema de costo-beneficio concluye que el uso de agregados reciclados es recomendable para concretos de baja resistencia, pues, no presenta problemas respecto a la resistencia esperada, pero para resistencias mayores se debe tener cuidado con las limitaciones que presenta el uso de agregados reciclados.

En la tesis titulada “Estudio del comportamiento físico-mecánico del concreto diseñado y elaborado con agregado grueso reciclado en la ciudad de Cajamarca”, Tafur Peralta (2015) investigó la resistencia física y mecánica de un concreto elaborado con agregado grueso reciclado (AGR). La investigación es de tipo experimental y se centró en evaluar cómo el uso de AGR afecta la resistencia a la compresión del concreto. Se concluyó que el concreto con AGR presenta un aumento del 4.15% en la resistencia a la compresión en comparación con el concreto con agregado natural, aunque esto implica un incremento del 5.10% en la cantidad



de cemento necesario, lo que eleva el costo por metro cúbico del concreto. A pesar de este aumento en el costo, las propiedades del AGR no influyen negativamente en la resistencia mecánica del concreto, según los resultados obtenidos. En conclusión, el uso de agregado grueso reciclado (AGR) en la elaboración de concreto demuestra ser una alternativa viable, ya que el concreto con AGR presenta una resistencia a la compresión superior en un 4.15% comparado con el concreto elaborado con agregado natural. Aunque el incremento en la cantidad de cemento necesario para alcanzar esta resistencia genera un aumento del 5.10% en el costo por metro cúbico, el AGR no afecta negativamente la resistencia mecánica del concreto. Esto sugiere que, con ajustes adecuados en la mezcla, el AGR puede ser utilizado eficazmente en la construcción, promoviendo la sostenibilidad sin comprometer la calidad estructural del concreto.

En el trabajo de graduación denominado “Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento Portland tipo HS para cimentaciones, distrito la Molina, año 2019”, Caycho y Espinoza (2019) utilizaron el cemento Portland Tipo HS en un diseño de mezcla de concreto con agregado grueso reciclado. Posteriormente, optimizaron las propiedades del concreto reciclado en el estado fresco con un determinado porcentaje de agregado grueso reciclado, y determinaron la relación agua/cemento para optimizar la resistencia del concreto reciclado en estado endurecido en las cimentaciones del distrito de La Molina. Concluyeron que las propiedades del concreto reciclado se encontraban dentro de los rangos permisibles por la Norma Técnica Peruana para el asentamiento, contenido de aire y temperatura del concreto reciclado en estado endurecido. Utilizaron el aditivo SikaCem Plastificante para lograr una mezcla trabajable empleando el método de mortero equivalente. Al realizar el ensayo de compresión, obtuvieron un aumento del 1% en la resistencia para el diseño con 25% de agregado grueso reciclado (A.G.R.) y una reducción del 5% en la resistencia para el diseño con 50% de A.G.R., del 11% para el diseño con 75% de A.G.R., y del 16% para el diseño con 100% de A.G.R., todo basado en una relación de agua/cemento de 0.53. En el ensayo de resistencia a la flexión, obtuvieron una reducción del 12% en la resistencia para el diseño con 25% de A.G.R., del 9% para el diseño con 50% de A.G.R., del 11% para el diseño con



75% de A.G.R., y del 16% para el diseño con 100% de A.G.R., todo en base al diseño patrón con una relación agua/cemento de 0.53. En el ensayo de resistencia a la tracción, obtuvieron un aumento del 1% en la resistencia para el diseño con 25% de A.G.R., y una reducción del 10% para el diseño con 50% de A.G.R., del 10% para el diseño con 75% de A.G.R., y del 16% para el diseño con 100% de A.G.R., realizando todos estos ensayos en base al diseño patrón con una relación de agua/cemento de 0.53.

En su investigación titulada “Uso de Concreto Reciclado en el Diseño de Concreto $f_c=210$ kg/cm² para Edificaciones, Lima – 2021”, Espinoza y Villanueva (2021) se plantearon el objetivo principal de evaluar las propiedades físicas de los agregados y determinar la resistencia y permeabilidad del concreto mediante el diseño, elaboración y ensayo de probetas. Este estudio, de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental, se llevó a cabo con una muestra de 76 probetas de concreto, diseñadas con proporciones de 10%, 30% y 50% de concreto reciclado como agregado grueso. La investigación se sustentó en bases teóricas conformadas por las normas ASTM y la Norma Técnica Peruana, asegurando así la adecuada caracterización y comportamiento de los materiales empleados. El análisis de estas probetas incluyó la evaluación de la resistencia a la compresión y a la flexión en intervalos de 7, 14 y 28 días de maduración, así como el grado de permeabilidad a los 28 días de curado. La investigación se fundamentó en la premisa de reutilizar concreto reciclado tanto en diseños de concreto estructural como no estructural, en respuesta a la explotación masiva de recursos naturales y con el fin de reducir la contaminación ambiental y los costos económicos en el país. Los resultados del estudio indicaron que al incorporar un 10% de concreto reciclado como agregado grueso, la resistencia a compresión se mantuvo dentro del rango de diseño, mientras que la capacidad de resistir carga perpendicular (resistencia a la flexión) mostró un índice superior al de diseño. Además, la permeabilidad del concreto con un 10% de agregado reciclado se encontró dentro de los parámetros establecidos. En conclusión, el concreto diseñado con un 10% de agregado reciclado no presentó modificaciones significativas en sus capacidades de resistencia y permeabilidad, siendo apto para su uso en el diseño de edificaciones.



En su investigación titulada “Análisis de las características mecánicas del concreto incorporando agregado de concreto reciclado en la ciudad de Juliaca – 2021”, Calsina Quispe (2021) se plantea el objetivo de evaluar la influencia del agregado grueso de concreto reciclado en la resistencia a la compresión del concreto. Este estudio, de enfoque cuantitativo y naturaleza experimental, se llevó a cabo utilizando una muestra de 45 probetas. La base teórica se fundamentó en las especificaciones granulométricas del agregado grueso según la norma ASTM C-33, garantizando así un comportamiento adecuado del concreto. Los resultados obtenidos en la investigación revelaron que la absorción del concreto reciclado con porcentajes de incorporación del 0%, 25%, 50%, 75% y 100% fue de 1.92%, 2.54%, 3.09%, 3.65% y 4.27%, respectivamente. El porcentaje de desgaste para los mismos niveles de incorporación fue de 18.3%, 23.08%, 27.18%, 31.72% y 36.68%. Asimismo, el peso específico disminuyó conforme aumentaba la proporción de concreto reciclado, siendo 2.54 gr/cm³, 2.51 gr/cm³, 2.46 gr/cm³, 2.43 gr/cm³ y 2.39 gr/cm³, respectivamente. En cuanto a la resistencia a la compresión, los valores registrados fueron de 217.98 kg/cm², 210.65 kg/cm², 203.76 kg/cm², 196.22 kg/cm² y 181.91 kg/cm² para las proporciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de concreto reciclado. Las conclusiones indicaron que tanto la absorción como el porcentaje de desgaste del agregado grueso aumentan con mayores contenidos de concreto reciclado. Por otro lado, el peso específico disminuye a medida que se incrementa la adición de concreto reciclado. La resistencia a la compresión del concreto mostró una tendencia polinómica de tercer grado, alcanzando su valor máximo con el 0% de concreto reciclado (217.98 kg/cm², equivalente al 103.8% de f'_c) y el mínimo con el 100% de incorporación de concreto reciclado.

3.1.3 Antecedentes locales

En el proyecto de tesis denominado “Influencia de la incorporación de agregado grueso de concreto reciclado, en las propiedades mecánicas a compresión y flexión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² - Abancay 2021”, Medina Anghely (2022) afirma que, el uso de concreto reciclado si influye en la resistencia a compresión y flexión en la sustitución de 50 y 75% de agregado natural por agregado reciclado, pero en la



sustitución de 25% no influye en la resistencia a compresión como a flexión; donde concluye que a mayor cantidad de agregado reciclado la resistencia es menor tanto en compresión como a flexión, también señala que el comportamiento de las muestras llegan a cumplir con la resistencia establecida según lo requerido de $F'c$ 210kg/cm² de edad a los 28 días. En la resistencia a flexión los módulos de rotura fueron similares concreto patrón al 25%,50% y 75% teniendo un 1.209%,6.799% y 12.023% de variación en base a la muestra patrón.

En su investigación titulada "Evaluación de las características físico-mecánicas del concreto elaborado con agregado reciclado de pavimentos, para su uso en construcciones – Abancay", Román Castañeda (2023) se propuso determinar la resistencia y el porcentaje óptimo de agregado reciclado para su uso en construcciones. Para ello, se realizaron pruebas de compresión axial en 75 probetas utilizando una metodología de diseño experimental con enfoque cuantitativo. Los resultados mostraron que las resistencias alcanzadas con porcentajes de sustitución del 25%, 45%, 65% y 100% en comparación con una muestra estándar fueron variables. Sin embargo, se observó que los porcentajes de sustitución del 25% y 45% cumplen con los requisitos de la Norma Técnica Peruana, logrando resistencias de 218.21 kg/cm² y 215.84 kg/cm², respectivamente, superiores al estándar de 210 kg/cm². En contraste, la resistencia requerida no se alcanzó cuando se utilizó agregado reciclado para sustituir el 65% o el 100% del árido. El estudio concluye que la utilización de agregado reciclado de pavimentos en la elaboración de concreto es viable y cumple con las normativas técnicas hasta un 45% de sustitución. A estos niveles, las características físico-mecánicas del concreto se mantienen dentro de los parámetros aceptables para su uso en construcciones, logrando resistencias superiores al estándar establecido. No obstante, la sustitución de agregado reciclado por encima del 45% no garantiza la resistencia necesaria, lo que limita su aplicación práctica a estos porcentajes más bajos.

De los antecedentes podemos concluir que el uso de agregado reciclado en concreto presenta variaciones en sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Reemplazos del 25% al 45% de agregado reciclado son viables y cumplen con normativas



técnicas, manteniendo la resistencia y durabilidad adecuadas para construcciones. Sin embargo, reemplazos superiores tienden a disminuir la resistencia y aumentar la absorción y el desgaste, limitando su aplicación. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para la utilización de agregados reciclados en la industria de la construcción, promoviendo prácticas más sostenibles sin comprometer significativamente la calidad estructural del concreto.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Concreto reciclado

3.2.1.1 Definición del concreto y concreto reciclado

El concreto es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que, cuando se solidifica, es uno de los materiales más duraderos para la construcción de cimientos y muros. En algunos países latinoamericanos, la mezcla de arena, agua y cemento se denomina mortero y en otros países tiene el nombre de hormigón cuando ya está compactado (Díaz ,2022).

El concreto es un material compuesto por una mezcla que actúa como aglutinante y partículas de áridos, que son la fase discontinua del material, incrustadas en él. El cemento, el agua y los áridos, que en ocasiones se combinan con aditivos, sufren una reacción química para producir la sustancia (Rivva, 2019).

En ese sentido, el concreto es una composición de cemento Portland, áridos finos, áridos gruesos, aire y agua en proporciones adecuadas para conseguir unas propiedades predeterminadas. El cemento y el agua experimentan una reacción química uniéndose las partículas de los áridos en una mezcla. En ocasiones, se añaden a los concretos aditivos para mejorar o alterar sus características (Abanto ,2018).

Asimismo, el concreto reciclado es el material producido mediante la trituración de concreto existente en agregado reciclado, el cual se utiliza para fabricar nuevo concreto. Esta práctica no solo es ecológicamente sostenible, sino que también puede mejorar algunas propiedades del concreto, como la trabajabilidad y la resistencia en ciertas condiciones (Mehta y Monteiro, 2006).



El concreto reciclado es aquel que utiliza agregados reciclados provenientes de desechos de concreto demolido. Este tipo de concreto es especialmente relevante en la construcción sostenible, ya que permite la reutilización de materiales, reduciendo así la demanda de agregados naturales y minimizando los residuos de demolición (Kou y Poon, 2012).

El concreto reciclado es una mezcla que utiliza agregados reciclados de concreto preexistente, combinados con cemento y agua para producir nuevo concreto. El uso de concreto reciclado puede tener un impacto significativo en la reducción de residuos de construcción y en la conservación de recursos naturales (ACI Committee 555, 2001).

3.2.1.2 Métodos de reciclaje de concreto

a) Trituración y clasificación

El método más común de reciclaje de concreto implica la trituración del material de desecho para convertirlo en agregados reciclados. Este proceso incluye la separación de materiales no deseados como acero y otros contaminantes, seguido de la clasificación de los agregados por tamaño (Tam ,2009). La trituración y clasificación son procesos esenciales para producir agregados reciclados de alta calidad, que pueden ser utilizados en nuevas aplicaciones de construcción, incluyendo carreteras y edificios (Duan y Poon, 2014). Es importante eliminar impurezas como acero, madera y plásticos durante el proceso de clasificación para asegurar la calidad de los agregados reciclados (Tam y Tam, 2006).

b) Usos en nuevas mezclas de concreto

Los agregados reciclados pueden ser utilizados en la producción de nuevo concreto, implicando el reemplazo parcial o total de los agregados naturales por estos, lo que puede afectar las propiedades mecánicas del concreto, pero ofrece beneficios ambientales significativos (Kou y Poon, 2012). El concreto reciclado puede ser empleado en aplicaciones estructurales y no estructurales, dependiendo de la calidad de los agregados reciclados y la proporción utilizada (Hansen, 1992). Además,



el comportamiento del concreto fabricado con diferentes proporciones de agregados reciclados ha sido estudiado, concluyendo que, aunque la trabajabilidad y resistencia pueden verse afectadas, el uso de aditivos puede mejorar estas propiedades (Poon et al., 2004).

c) Incorporación en otros materiales de construcción

El uso de polvo de concreto reciclado (RCP, por sus siglas en inglés) en la fabricación de materiales de construcción, como bloques de concreto, ladrillos y pavimentos, permite aprovechar incluso las fracciones más finas del concreto reciclado, maximizando su reutilización (Jianzhuang y Katz, 2013). La utilización de RCP en la fabricación de materiales compuestos de cemento, que pueden ser usados en aplicaciones como paneles de construcción y pavimentos, también ha sido discutida (LI et al., 2018). Además, el análisis del uso de RCP en la producción de morteros y su influencia en la durabilidad y resistencia de los productos finales ha sido examinado (Silva et al., 2014).

3.2.1.3 Características del concreto

- Características del concreto fresco

Las características del concreto en su estado fresco se describen a continuación.

a) Trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto se refiere a la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, compactar y terminar una mezcla de concreto fresco sin que ocurra segregación ni pérdida de uniformidad (Neville, 1995). Esta propiedad determina el esfuerzo necesario para manejar una mezcla de concreto desde su mezcla inicial hasta su colocación y compactación, asegurando que fluya adecuadamente y llene los moldes sin separarse (Mehta y Monteiro, 2006). La cantidad de agua en la mezcla influye en la trabajabilidad del concreto: a mayor cantidad de agua, mayor será la trabajabilidad; sin embargo, un aumento en la relación agua/cemento puede reducir la resistencia a compresión. Además, las proporciones de los áridos también afectan la



trabajabilidad: una mayor cantidad de áridos granulares incrementa la trabajabilidad (Abanto, 2018).

b) Consistencia

La consistencia del concreto se refiere al grado de saturación de la mezcla, siendo crucial la cantidad de agua utilizada (Abanto, 2018). Esta propiedad se describe como la capacidad de la mezcla fresca de hormigón para deformarse y adaptarse al molde o encofrado sin que los componentes se separen (Mudry, 2015). Además, la consistencia del concreto se define como la medida de su fluidez o trabajabilidad, evaluada a través del ensayo de asentamiento (Kosmatka, Kerkhoff y Panarese, 2002, p. 127).

c) Segregación

La segregación del concreto se refiere a la desunión de los diversos componentes de la mezcla en estado fresco, que incluye elementos de tamaños y densidades variables. Los elementos de mayor peso se disponen en el fondo, mientras que los más ligeros flotan en la superficie, lo que puede provocar la aparición de fracturas y cangrejas (Effio et al., 2022). Kosmatka describe la segregación como el fenómeno en el cual los componentes de la mezcla fresca, como el cemento, los agregados y el agua, se separan durante el manejo y colocación, llevando a una distribución desigual de los materiales y afectando negativamente la calidad y resistencia final del concreto (Kosmatka, Kerkhoff y Panarese, 2002, p. 134). Neville describe la segregación como el proceso en el que los componentes de una mezcla de concreto se separan durante su manipulación, transporte y colocación, resultando en una distribución desigual que puede perjudicar la calidad y durabilidad del concreto (Neville, 1995).

d) Exudación

La exudación del concreto ocurre cuando la sedimentación de partículas hace que una parte del agua combinada suba a la superficie. Las grandes cantidades de partículas en el árido y el módulo de fineza del material cementante inciden directamente en la exudación. Este



fenómeno es perjudicial porque puede volver al concreto poroso, reduciendo su durabilidad y resistencia (Effio et al., 2022). Kosmatka describe la exudación como el proceso por el cual el agua libre en la mezcla asciende a la superficie y forma una capa líquida, fenómeno que puede afectar negativamente la calidad del concreto si no se gestiona adecuadamente debido a la diferencia en densidad entre el agua y los sólidos en la mezcla (Kosmatka, Kerkhoff y Panarese, 2002, p. 135). Mehta y Monteiro describen la exudación como el proceso en el cual el agua libre dentro de una mezcla de concreto fresco se desplaza hacia la superficie debido a la sedimentación de los sólidos más pesados, lo que puede provocar la formación de una película de agua y la aparición de defectos en la estructura del concreto (Mehta y Monteiro, 2006).

- Características concreto endurecido

Las características del concreto en estado endurecido son las siguientes (Effio et. al.,2022).

a) Elasticidad

Se refiere al comportamiento que ofrece el concreto ante las deformaciones bajo carga sin sufrir deformaciones permanentes. El concreto es intrínsecamente inelástico porque ninguna porción de su gráfico de compresión tensión-deformación muestra un comportamiento lineal.

b) Resistencia

El hormigón tiene la capacidad de resistir peso y fuerza, y se comporta mejor a compresión que a tracción; por tanto, su resistencia dependerá principalmente del grado en que esta sustancia pueda concentrarse en la mezcla, que suele expresarse como una relación en peso de agua y cemento.

c) Extensibilidad



Esta característica permite que el concreto se deforme sin romperse. Su valor se calcula en relación a la deformación unitaria máxima que soporta el concreto antes de romperse.

d) Durabilidad

Esta característica es crucial para el concreto, ya que resiste el intemperismo, los efectos químicos y la tensión que experimentará durante su uso. La mayor parte del deterioro causado por la intemperie se debe a los ciclos de hielo-deshielo.

e) Impermeabilidad

Es una propiedad esencial del concreto que se optimiza disminuyendo la proporción de agua. Cuando se presenta exceso de agua, se produce una evaporación, dejando huecos que pueden permear o desplazarse por el hormigón.

Las características del concreto en estado endurecido son fundamentales para determinar su desempeño a largo plazo en diversas aplicaciones estructurales.

f) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes del concreto endurecido, ya que determina su capacidad para soportar cargas de compresión sin fallar (Neville, 1995). Esta propiedad es una medida clave de la capacidad del concreto endurecido para resistir fuerzas de compresión, siendo un indicador esencial de su calidad y durabilidad (Mehta y Monteiro, 2006). Además, la resistencia a la compresión es crucial para su uso en estructuras, definiendo su capacidad para resistir cargas sin fracturarse (Shetty, 2005).

g) Durabilidad

La durabilidad del concreto se define como su capacidad para resistir condiciones ambientales agresivas y ataques químicos a lo largo del tiempo, manteniendo su integridad y funcionalidad (Neville, 1995). Esta propiedad incluye la capacidad del material para mantener sus propiedades y estructura bajo condiciones adversas, como ciclos de



congelamiento y deshielo, ataques químicos y abrasión (Mehta y Monteiro, 2006). La durabilidad se refiere a la habilidad del concreto endurecido para resistir el deterioro ambiental y mantener su desempeño estructural a lo largo del tiempo (Shetty, 2005).

h) Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es la capacidad del concreto endurecido para resistir fuerzas de flexión o curvatura sin romperse (Neville, 1995). Esta medida de la capacidad del concreto para soportar fuerzas de curvatura es particularmente importante en elementos estructurales sometidos a cargas flexibles, como vigas y losas (Mehta y Monteiro, 2006). Además, la resistencia a la flexión es esencial para la integridad estructural de elementos sometidos a cargas dinámicas (Shetty, 2005).

i) Absorción de agua

La absorción de agua es una característica del concreto endurecido que indica su capacidad para absorber agua, lo cual puede afectar su durabilidad y resistencia a los ciclos de congelación y descongelación (Neville, 1995). Esta propiedad mide la cantidad de agua que un concreto endurecido puede absorber y es un indicador de su porosidad y potencial de durabilidad bajo condiciones húmedas (Mehta y Monteiro, 2006). La absorción de agua también puede influir en la resistencia a la intemperie y a ataques químicos (Shetty, 2005).

3.2.1.4 Componentes del concreto

- Agua

a) Definición

Para la preparación del concreto, se debe emplear agua potable o aquella que se conoce por experiencia como adecuada para tal propósito; sin embargo, no todas las aguas potables son apropiadas para la mezcla de concreto, y las aguas inadecuadas para el consumo humano no siempre son deficientes para realizar las mezclas de concreto (Rivva, 2019). El agua utilizada en la construcción es esencial para la hidratación del cemento, permitiendo la formación de productos de hidratación que proporcionan al concreto su resistencia y



durabilidad; la calidad del agua es crucial, ya que las impurezas pueden afectar negativamente las propiedades del concreto (Neville, 1995). Además, el agua en la mezcla de concreto actúa como medio para la reacción química del cemento e influye en la trabajabilidad de la mezcla; es fundamental que el agua esté libre de contaminantes que puedan perjudicar el fraguado y la resistencia del concreto (Mehta y Monteiro, 2006).

b) Requisitos de calidad

Los requisitos de calidad están en la norma NTP 339.088. El agua para la mezcla no debe contener sulfatos, azúcares, aceites ni colorantes, pues dichas sustancias pueden afectar negativamente el fraguado, la resistencia, la durabilidad, la apariencia del concreto o los elementos metálicos incorporados en él. En cuanto a la mezcla de concreto, la reacción química entre el agua y el cemento conduce a formar el gel y permite que se adquieran las características deseadas tanto en estado fresco como endurecido. Por otro lado, se puede emplear el agua cuya cantidad de sólidos sueltos sea menor o igual a 200 ppm, de lo contrario se debe analizar los elementos que presenta el agua en un espectrofotómetro de absorción atómica como se puede apreciar en la Figura 1 (Rivva, 2019).

Los requisitos de calidad del agua (Neville, 1995):

) Pureza: El agua debe estar libre de aceites, grasas, ácidos, álcalis, sales y materia orgánica que puedan interferir con el proceso de hidratación del cemento o provocar corrosión en el acero de refuerzo.

) PH: El pH del agua debe estar en un rango neutro, típicamente entre 6 y 8, para evitar reacciones indeseadas que puedan afectar la durabilidad del concreto.

) Impurezas sólidas: Las partículas sólidas en el agua deben ser mínimas, ya que pueden causar problemas como la segregación del concreto y afectar la homogeneidad de la mezcla.





FUENTE: Kosmatka et. al. Design and control of concrete mixtures. 14^a ed.
Skokie. 2019

Figura 1 — Análisis del agua en laboratorio

- Cemento portland

a) Definición

El cemento Portland normal es un aglutinante hidrófilo fabricado mediante el calcinamiento de arenisca, arcilla y caliza, que produce un polvo de baja finura que se solidifica con el agua, adquiriendo resistencia y adhesividad (Pasquel, 2019). Esta sustancia reacciona de forma lenta con el agua para producir una mezcla que se endurece; se fabrica fundiendo una mezcla de cal, alúmina, hierro y sílice cuyas dosificaciones son precisas, y se utiliza en la producción de hormigón (Abanto, 2018). El cemento Portland normal se produce moliendo clinker Portland e incorporando eventualmente sulfato de calcio; se permite la adición de nuevos elementos siempre que su valor no exceda el 1% del peso total de la mezcla y no perjudique al concreto. Los materiales adicionales se molerán con el clinker (Rivva, 2019).

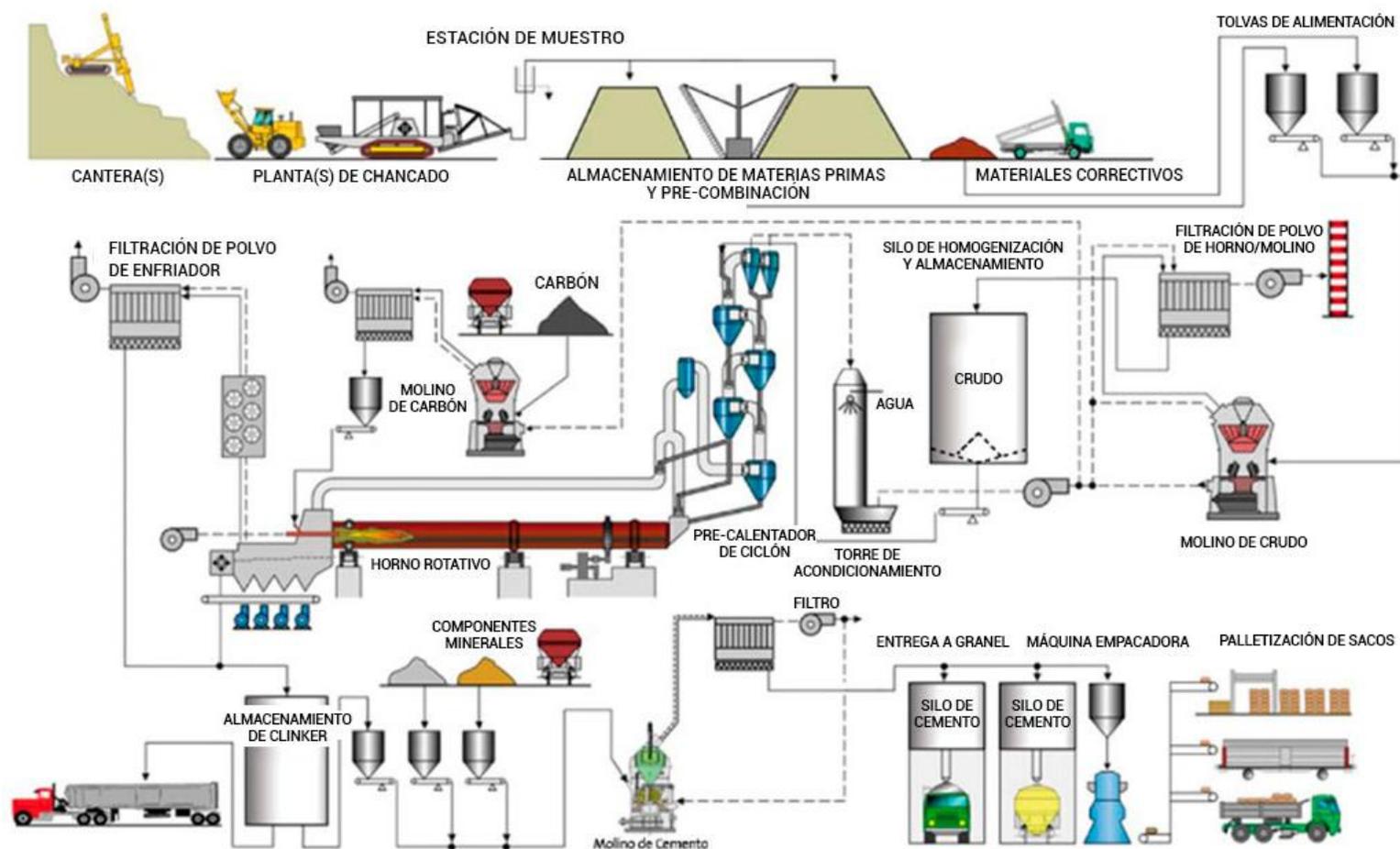
b) Procesos de fabricación

Los elementos primos bien molidos y combinados se proceden a calentar hasta el comienzo del fusiónamiento de ellos en un horno rotatorio a temperaturas de 1400 a 1450 °C. Dichos materiales fundidos adquieren el nombre de Clinker presentando un color gris, firme y de diámetros variables. Dicho elemento se enfría y pulveriza hasta obtener un polvo más fino que es el cemento Portland. Cabe mencionar que, en el proceso de molienda, se aplica un 3 o 4% de yeso con el fin de que se controle la fragua (Abanto, 2018).



La trituración y combinación de los materiales básicos, la clinkerización y la molienda son los tres pasos principales en la fabricación del cemento Portland. La caliza y la arcilla se pulverizan, se combinan y se muelen. A continuación, este polvo se calienta constantemente en un horno rotatorio hasta que alcanza el punto de clinkerización, momento en el que expulsa agua y dióxido de carbono y forma nuevos compuestos. El clínker resultante se enfría y se combina con una cierta proporción de yeso antes de pulverizarlo y convertirlo en cemento Portland (Rivva, 2018).





FUENTE: Ingenieriaquimicareviews. Proceso de fabricación del cemento, IQR. 2020
(<https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/11/proceso-de-fabricacion-del-cemento.html>)

Figura 2 — Proceso de fabricación del cemento

c) Composición química

La composición química del cemento Portland se describe como una combinación de cuatro compuestos principales: el silicato tricálcico (C_3S), el silicato bicálcico (C_2S), el aluminato tricálcico (C_3A) y la ferrita tetracálcica (C_4AF) (Neville, 1995). Estos compuestos se forman durante el proceso de clinkerización y son responsables de las propiedades hidráulicas del cemento.

La composición química del cemento incluye principalmente óxidos de calcio (CaO), sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3) y hierro (Fe_2O_3). Estos óxidos reaccionan entre sí a altas temperaturas para formar los compuestos del clinker mencionados anteriormente (Taylor, 1997).

La composición química del cemento Portland se caracteriza por la presencia de óxidos que reaccionan para formar los compuestos del clinker. La proporción de estos óxidos, así como la presencia de otros componentes menores, determina las propiedades físicas y químicas del cemento (Lea, 2004).

Componentes Principales del Cemento:

) Óxido de Calcio (CaO)

El CaO es el componente principal del cemento, representando aproximadamente el 60-67% de su masa, y es esencial para la formación de los silicatos de calcio (C_3S y C_2S) (NEVILLE, 1995). El CaO se obtiene principalmente de la caliza y es fundamental para la reacción de hidratación que proporciona resistencia al concreto (TAYLOR, 1997). El CaO reacciona con otros óxidos a altas temperaturas para formar los compuestos del clinker (Lea, 2004).

) Óxido de Silicio (SiO_2)

El SiO_2 constituye aproximadamente el 20-25% del cemento y es crucial para la formación de C_3S y C_2S , que proporcionan resistencia a largo plazo (NEVILLE, 1995). El SiO_2 se deriva principalmente de materiales arcillosos y contribuye a la durabilidad del cemento



(TAYLOR, 1997). El SiO_2 reacciona con el CaO durante la clinkerización para formar los silicatos de calcio (Lea, 2004).

J Óxido de Aluminio (Al_2O_3)

El Al_2O_3 representa aproximadamente el 5-8% del cemento y es responsable de la formación del aluminato tricálcico (C_3A) (Neville, 1995). El Al_2O_3 proviene de materiales arcillosos y contribuye al fraguado inicial y a la resistencia temprana del cemento (TAYLOR, 1997). El Al_2O_3 reacciona rápidamente con el agua, influyendo en las propiedades iniciales de fraguado y resistencia (LEA, 2004).

J Óxido de Hierro (Fe_2O_3)

El Fe_2O_3 constituye aproximadamente el 2-6% del cemento y participa en la formación de la ferrita tetracálcica (C_4AF) (Neville, 1995). El Fe_2O_3 ayuda a reducir la temperatura de clinkerización y contribuye al color del cemento (Taylor, 1997). Aunque el Fe_2O_3 no contribuye significativamente a la resistencia mecánica, mejora la trabajabilidad y el color del cemento (Lea, 2004).

Los porcentajes estándar que intervienen en el cemento Portland están representados en la Figura 3.



FUENTE: Pasquel. Tópicos de tecnología del concreto. 3ª ed. Lima. 2019

Figura 3 — Óxidos componentes del cemento



Dependiendo del tipo de cemento seleccionado, su composición química debe cumplir lo establecido en normas aplicables, las cuales indican que, los álcalis no pueden superar el 0,6%, si se requiere una temperatura de hidratación moderada para el cemento Tipo II, el contenido combinado de C_3S y C_3A no debe superar el 58%. La suma de ferrita de aluminio tetracálcico (C_4AF) y dos veces el C_3A no debe superar el 20% cuando el cemento tipo V sea utilizado (Rivva, 2018).

d) Composición mineralógica

El cemento contiene un 5% de diversos minerales, como óxido de magnesio, azufre, fósforo, sodio, titanio, potasio y manganeso (Pasquel, 2019). La composición mineralógica del cemento Portland es una mezcla de cuatro compuestos principales: alita (C_3S), belita (C_2S), aluminato tricálcico (C_3A) y ferrita tetracálcica (C_4AF). Estos compuestos se forman durante el proceso de clinkerización y son responsables de las propiedades hidráulicas del cemento (Neville, 1995). La alita (C_3S) y la belita (C_2S) son los silicatos de calcio responsables de la resistencia mecánica a largo plazo del cemento. El aluminato tricálcico (C_3A) y la ferrita tetracálcica (C_4AF) contribuyen a las propiedades iniciales de fraguado y al color del cemento (Taylor, 1997).

e) Propiedades físicas

El cemento se caracteriza según el comportamiento que genere en el concreto y, en menor medida, de sus componentes químicos. Existen diversas pruebas para determinar las resistencias mecánicas. Para otras propiedades que requieren ensayos a largo plazo, tiempo necesario o replicar situaciones de preparación, se duplican resultados conocidos. Para hacer la elección correcta, es esencial comprender el efecto del cemento en las características del concreto. Además, el cemento seleccionado debe satisfacer los requisitos físicos y las restricciones indicadas en las normas aplicables. Si se desconoce la superficie específica, se presume un valor determinado para cementos Portland y



puzolánicos estándar. Para determinar la superficie específica debe emplearse el Método Blaine, y si se desconoce el valor real, se supondrá un peso específico. Para establecer las evaluaciones de tiempo, se debe emplear el Método Vicat. El valor del calor de hidratación solo será aplicable si se especifica, y en tales casos, los valores de resistencia pueden representar el 80% de lo especificado en la norma aplicable (Rivva, 2018). Las propiedades físicas del cemento incluyen finura, densidad, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión. Estas propiedades afectan la trabajabilidad del concreto fresco y su resistencia y durabilidad en estado endurecido. La finura se mide en términos de la superficie específica del cemento, mientras que el tiempo de fraguado se evalúa mediante ensayos de fraguado inicial y final (Neville, 1995). La finura del cemento, la densidad aparente y el tiempo de fraguado son cruciales para determinar su comportamiento en mezcla. La finura se mide por el área superficial específica del cemento, que influye en la velocidad de hidratación y la resistencia. La densidad aparente del cemento afecta el volumen de mezcla y la cantidad de cemento necesario para lograr ciertas propiedades (Taylor, 1997).

Asimismo, algunas propiedades físicas se detallan a continuación:

) Peso específico

La gravedad específica del cemento corresponde al estado del material cuando se compacta. Los cementos Portland normales suelen tener un valor entre 3,0 y 3,2, con un promedio reconocido de 3,15, mientras que las normas alemanas e inglesas reconocen un valor medio de 3,12. El valor es inferior a 3,0 para los cementos compuestos (Rivva, 2018). El peso específico del cemento se define como la masa del cemento por unidad de volumen, que incluye el volumen de los poros y espacios interparticulares. Esta propiedad es importante para determinar la cantidad de cemento necesaria para una mezcla de concreto y afecta el rendimiento del cemento en la mezcla (Neville, 1995). El peso específico del cemento se mide para



conocer la densidad aparente del cemento, que incluye la masa del cemento más los poros internos. Esta propiedad influye en la cantidad de cemento necesario para lograr ciertas características de mezcla y en la eficiencia de la mezcla de concreto (Lea, 2004).

) Fineza

La finura de un cemento se refiere a su grado de pulverización y se define por su superficie específica, que es la superficie total, en cm^2 , de las partículas por gramo de cemento. A corto plazo, los gradientes de compresión y flexión aumentan a medida que aumenta el grado de finura del ligante final (Rivva, 2018). La finura del cemento se mide por el área superficial de las partículas de cemento, lo que influye en la velocidad de hidratación y en la resistencia final del concreto (Neville, 1995). La finura se evalúa mediante el ensayo de Blaine, que mide la superficie específica del cemento (Taylor, 1997). Un cemento más fino tiene una mayor superficie específica, lo que aumenta la velocidad de hidratación y puede mejorar la resistencia inicial del concreto (Lea, 2004).

) Densidad

La densidad del cemento se determina mediante ensayos de densidad aparente, que indican el volumen de cemento para una masa dada y afectan el diseño de mezclas (Neville, 1995). La densidad aparente del cemento puede influir en la cantidad de cemento necesario para una mezcla y en la resistencia final del concreto (Taylor, 1997). La densidad del cemento se mide para asegurar que el cemento tenga características consistentes y para calcular las proporciones en el diseño de mezclas (Lea, 2004).

) Tiempo de Fraguado

El tiempo de fraguado se define como el período necesario para que el cemento pase del estado líquido al sólido, evaluado mediante ensayos de fraguado inicial y final (Neville, 1995). El tiempo de fraguado se mide utilizando el aparato de Vicat para garantizar que el cemento tenga tiempos de fraguado adecuados para diferentes aplicaciones

(Taylor, 1997). El tiempo de fraguado afecta la trabajabilidad del cemento fresco y su aplicación en el campo, siendo crítico para la construcción eficiente y segura (Lea, 2004).

f) Hidratación del cemento

La hidratación del cemento se define como la reacción química entre los compuestos del cemento y el agua, que resulta en la formación de productos de hidratación que endurecen el cemento y le confieren sus propiedades estructurales. El proceso de hidratación genera calor y lleva a la formación de una pasta sólida que une los agregados en el concreto. La hidratación del cemento se clasifica en tres fases principales (Neville, 1995).

) Fase Inicial (Pronta): En esta etapa, se produce una rápida disolución de los compuestos solubles del cemento y una rápida liberación de calor. El cemento comienza a formar una pasta y los productos iniciales de hidratación empiezan a formarse. La reactividad de los compuestos, especialmente del aluminato tricálcico (C A) y del silicato tricálcico (C S), es alta durante esta fase.

) Fase Intermedia (De endurecimiento): En esta fase, el proceso de hidratación se estabiliza y el ritmo de liberación de calor disminuye. Los productos de hidratación se organizan en una estructura más continua y comienza el endurecimiento del cemento. El desarrollo de la resistencia es más pronunciado durante esta fase.

) Fase Final (De maduración): Durante esta fase, la hidratación continúa a un ritmo más lento. La formación de productos de hidratación se vuelve menos rápida, pero sigue contribuyendo al desarrollo de la resistencia y la durabilidad del cemento. La estructura del concreto se completa y alcanza su resistencia final.

La hidratación del cemento es la serie de reacciones químicas entre el agua y los elementos del cemento que dan lugar a la transición del cemento de un estado plástico al endurecimiento de la pasta. Estas sustancias se combinan con agua formando hidróxidos de calcio e hidratos. La velocidad a la que se produce la hidratación se relaciona



de forma directa con el módulo de finura del cemento y de forma inversa al tiempo, siendo muy rápida al principio y ralentizándose progresivamente a medida que pasan los días. Este proceso produce la liberación de calor al exterior conocido como calor de hidratación. Las fases de hidratación pueden clasificarse de la siguiente manera (Pasquel, 2019).

g) Plástico

Es la combinación de agua y partículas de cemento para formar una pasta que se pueda moldear. La relación agua-cemento actúa de forma inversa a la cantidad del material cementante y, en consecuencia, mucho más resistente será la mezcla. El C_3A reacciona en primer lugar, seguido de los silicatos y el C_4AF . La presencia de yeso tiene un comportamiento retardante que se conoce como periodo latente y dura entre 40 y 120 minutos en función de otros factores como la temperatura y la gradación del cemento. En este estado se forma hidróxido de calcio, lo que aumenta significativamente la alcalinidad del material, el cual comprende aproximadamente un potencial de hidrógeno de orden 13.

h) Fraguado inicial

Estado de la pasta de cemento caracterizado por la aceleración de las reacciones químicas, el inicio del endurecimiento y la pérdida de plasticidad, medida por la resistencia a la deformación. En esta fase se hace evidente el proceso exotérmico, en el que se produce el calor de hidratación. A medida que los silicatos continúan hidratándose, se forma una estructura con poros conocida como gel de hidrato de silicato de calcio, que conforma un colide intermedio entre sólido y líquido que, a medida del tiempo, adquiere mayor rigidez. Durante este periodo de aproximadamente tres horas, se producen una serie de reacciones químicas que hacen que el gel de CHS sea más estable con el paso del tiempo.

i) Fraguado Final



Se alcanza al concluir la fase inicial de fraguado y se caracteriza porque se endurece sustancialmente y se deforma permanentemente. Asimismo, la estructura del gel se forma por el ensamblaje final de sus partículas en su estado endurecido.

j) Endurecimiento

Resulta de la configuración final de la pasta y comprende la etapa en la que las propiedades resistentes mejoran a medida que transcurren los días. En teoría, la principal reacción es la hidratación indefinida de silicatos de calcio, que persiste para siempre. En el estado final de la mezcla se manifiestan los efectos de los componentes del material cementante. Las partículas sólidas presentan una solubilidad extremadamente baja, lo que permite un endurecimiento incluso sumergido.

La hidratación del cemento es la serie de reacciones químicas entre el agua y los compuestos principales del cemento, como el aluminato tricálcico (C A), el silicato tricálcico (C S) y el silicato dicálcico (C S). Estas reacciones producen hidróxido de calcio y otros compuestos que contribuyen al endurecimiento y desarrollo de la resistencia del cemento. Las fases de hidratación del cemento se detallan de la siguiente manera (Taylor, 1997).

k) Fase de Hidratación Rápida

En esta fase, los compuestos del cemento, principalmente el silicato tricálcico (C S), reaccionan rápidamente con el agua, generando un gran incremento de calor. Esta etapa se caracteriza por un aumento rápido en la viscosidad y la formación inicial de productos de hidratación.

l) Fase de Endurecimiento

Aquí, la formación de productos de hidratación continúa, pero a un ritmo más moderado. La pasta de cemento se vuelve más sólida y empieza a desarrollar sus propiedades mecánicas. La liberación de calor disminuye y el proceso de endurecimiento es más estable.



m) Fase de Maduración Lenta

En esta última fase, la hidratación continúa de manera mucho más lenta. Aunque el incremento de resistencia es menor comparado con las fases anteriores, la pasta de cemento sigue desarrollándose y consolidándose, contribuyendo a la durabilidad final del concreto.

n) Calor de hidratación

El calor de hidratación se define como la cantidad de energía térmica liberada cuando el cemento reacciona con el agua durante el proceso de hidratación. Este calor puede afectar la temperatura del concreto en grandes volúmenes y debe ser considerado para evitar problemas como el agrietamiento térmico (Neville, 1995). Se produce por el calor generado al contactarse el agua y el cemento. El contenido de calor producido viene determinado por los componentes químicos del material cementante, ya que los cementos con bajo contenido en C A y C S producen poco calor de hidratación. Este calor también es directamente proporcional a la finura del cemento, al contenido en álcalis y al contenido en puzolanas, escorias y yeso, respectivamente (Abanto, 2018). Puede definirse como la cantidad de calor, expresada en calorías por gramo de cemento no hidratado. A medida que la pasta de cemento fragua y endurece, el cemento al contactarse con el agua mediante reacciones químicas produce la liberación de una cantidad de calor, que depende principalmente de la finura del cemento y sus componentes. Los cementos normales tienen un calor de hidratación de 85 a 100 cal/gramo, razón por la cual el calor es disipado de forma veloz, y sus variaciones de temperatura interna son presumiblemente de poca importancia. La hidratación completa del cemento Portland genera aproximadamente 120 calorías por gramo de media. La mayor parte del calor se genera en los tres primeros días; sin embargo, cuando la pasta de cemento endurece, el calor persiste durante aproximadamente seis meses (Pasquel, 2019).

o) Tipos de cemento Portland



El cemento Portland es uno de los materiales más utilizados en la construcción debido a su versatilidad y propiedades. Existen varios tipos de cemento Portland, cada uno con características específicas que lo hacen adecuado para diferentes aplicaciones. A continuación, se describen los 5 principales tipos de cemento Portland:

) Cemento Portland Tipo I

Normalmente, se encuentra en su forma más pura, que se obtiene combinando clinker y yeso. Es el más adecuado para la mayoría de las construcciones civiles e industriales (casas, edificios industriales, estructuras diversas, pavimentación, etc.) y cuando se requiere una resistencia inicial muy elevada y un tiempo de desencofrado rápido (Effio et al., 2022). Es un cemento general de uso común con propiedades estándar de resistencia y durabilidad. Se utiliza en la mayoría de las aplicaciones de construcción que no requieren características especiales (Neville, 1995). Se define como cemento de uso general, adecuado para la mayoría de las aplicaciones de construcción. Su formulación estándar proporciona una buena combinación de propiedades físicas y mecánicas (Taylor, 1997).

) Cemento Portland Tipo II

Son ideales para los proyectos que requieren grandes cantidades de hormigón (que necesitan una temperatura de hidratación más baja), en particular los que se ven moderadamente afectados por los cloruros y los sulfatos (principalmente en contacto con el agua) (Effio et al., 2022). Este tipo de cemento tiene una menor liberación de calor de hidratación y una resistencia moderada a sulfatos. Se emplea en estructuras expuestas a temperaturas moderadas y a suelos o aguas con contenido moderado de sulfatos (Neville, 1995). Se define como cemento con resistencia moderada a sulfatos y menor liberación de calor durante la hidratación, adecuado para aplicaciones en climas moderados o en estructuras expuestas a concentraciones moderadas de sulfatos (Taylor, 1997).

) Cemento Portland Tipo III



Cuando es un requisito que la resistencia inicial sea de alto valor, es muy recomendable utilizarlo. Es bien sabido que, en comparación con las categorías I y II, este cemento aumenta significativamente la resistencia inicial. Por lo tanto, se utiliza cuando el encofrado debe retirarse lo más rápidamente posible o cuando deben acortarse los plazos (Effio et al., 2022). Es conocido por su alta resistencia inicial; este cemento se usa cuando se requiere un desarrollo rápido de la resistencia, como en aplicaciones de pavimentos o estructuras que deben ser utilizadas rápidamente (Neville, 1995). Se define como cemento de alta resistencia inicial, utilizado en proyectos que requieren un endurecimiento rápido y una resistencia temprana, como en el caso de reparaciones rápidas o estructuras temporales (Taylor, 1997).

) Cemento Portland Tipo IV

Basado en un calor de hidratación mínimo, que impide que el concreto se fisure rápidamente, se utiliza sobre todo en grandes proyectos de concreto (presas, túneles, etc.). Para su producción se emplea piedra caliza, arcilla e incluso sílice y aluminio (Effio et al., 2022). Este tipo tiene una baja liberación de calor durante la hidratación, por lo que se usa en grandes estructuras de concreto donde el calor de hidratación puede causar problemas como el agrietamiento (Neville, 1995). Se define como cemento con baja generación de calor durante la hidratación, ideal para grandes estructuras donde la temperatura debe ser controlada para evitar el agrietamiento térmico (Taylor, 1997).

) Cemento Portland Tipo V

Tiene una resistencia excepcionalmente alta a los sulfatos. Este cemento es óptimo para cualquier estructura que tenga contacto directo con una superficie que contenga una alta concentración de sulfatos (Effio et al., 2022). Está formulado para resistir altas concentraciones de sulfatos, siendo ideal para aplicaciones en suelos o aguas con alto contenido de sulfatos (Neville, 1995). Se define



como cemento con alta resistencia a sulfatos, utilizado en ambientes donde el concreto estará expuesto a concentraciones elevadas de sulfatos (Taylor, 1997).

- Agregado fino

Es aquel elemento generado cuando las rocas se desintegran natural o artificialmente y pasan por la malla de 9.4 mm, cumpliendo con lo que establece NTP 400.037. Este tipo de árido debe tener una granulometría uniforme y continua, cuyos diámetros se retengan en los tamices N°4 a N°100. Asimismo, es recomendable que los límites del agregado fino se ajusten a las especificaciones mencionadas. El porcentaje retenido entre dos mallas consecutivas no debe exceder del 45%. Sin embargo, si se utiliza en concretos con aire incorporado o si se agrega un material mineral aprobado, se permitirá una reducción en el porcentaje de las mallas N°50 y N°100. Además, el módulo de fineza preferiblemente debe estar entre 2.3 y 3.1, con un margen de más o menos 0.2. Si se excede el valor asumido, la supervisión puede autorizar un ajuste de la dosificación (Rivva, 2019).

La NTP 400.011 (2013) indica una clasificación que se puede dar según los siguientes parámetros:

a) Por sus componentes granulométricos, puede ser agregado fino o grueso y se clasifican según los tamaños de los tamices normalizados que se ven en la Figura 4 (NTP 400.011, 2013).





FUENTE: NTP 400.011. Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 3ª ed. Lima. 2013

Figura 4 — Clasificación de agregados según granulometría

- Agregado Grueso

Los agregados son el conjunto de partículas naturales o artificiales que deben cumplir con los límites establecidos por la NTP 400.011 (2013). Desempeñan un rol importante en las características del concreto, y su correcta selección y uso pueden ser determinantes para obtener un producto final satisfactorio. A pesar de su bajo costo en comparación con el material cementante, los agregados inciden significativamente en el rendimiento del concreto, siendo crucial su papel en el diseño y producción de concreto de calidad (NTP 400.011, 2013). Los agregados retenidos en el tamiz de 4.75 mm cumplen con las normas NTP 400.037 (2019). Incluyen piedras partidas, naturales o trituradas, áridos de procedencia metálica, además de aquellos obtenidos del concreto reciclado o combinados. Se prefiere que sean angulares o semiangulares, en estado limpio y compacto, y con alta resistencia y dureza. La granulometría ideal debe ser continua para alcanzar la densidad máxima del hormigón y mantener una trabajabilidad adecuada. El árido que se retiene en el tamiz de 1 1/2" no debe exceder el 5%, y el que pasa por el tamiz de 1/4" no debe exceder el 6% para la granulometría seleccionada. Si se utiliza más de un tamaño de agregado grueso, cada tamaño



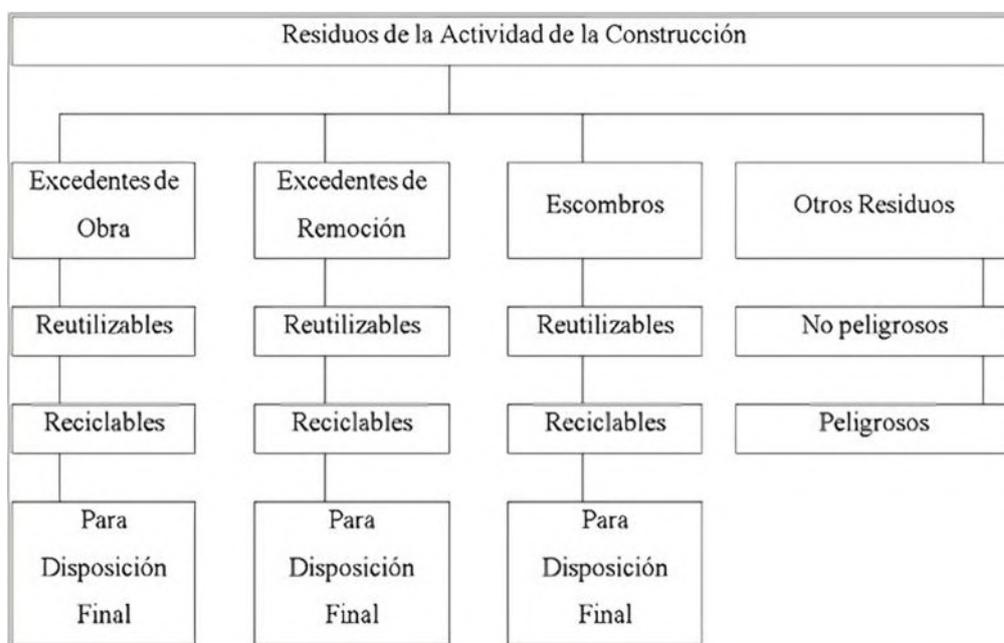
individual y su combinación deben cumplir con la gradación indicada por norma. Se establecen gamas exhaustivas para adaptarse a las diversas condiciones de control de calidad del concreto, y el fabricante debe mantener el tamaño de las partículas para sus instalaciones y fuentes de producción (Rivva, 2018). El tamaño máximo nominal, definido en la NTP 400.037 (2019), pertenece a la malla más pequeña que retiene el primer material. No debe superar la quinta parte de la dimensión más pequeña entre caras de encofrado, un tercio del peralte de la losa o tres cuartas partes de la separación mínima entre barras o alambres de armadura individuales, tendones o conductos de pretensado (NTP 400.037, 2019). Para elementos estructurales de bajo espesor o con armaduras de acero, puede reducirse el tamaño del agregado grueso siempre que se cumplan los requisitos de trabajabilidad, revenimiento especificado y resistencia necesaria. Estos límites pueden omitirse siempre que el concreto sea trabajable, consistente y compactado, evitando la formación de "cangrejas" (Rivva, 2018).

- Agregado de concreto reciclado (ACR)

a) Definición

El agregado reciclado (ACR) se genera a partir de la disgregación de residuos de demolición que contienen un 95% de concreto y cuyos elementos contaminantes están por debajo del 1% del peso total. Puede originarse de pavimentos de concreto viejo, puentes, canales, entre otros (Pérez, Garnica y Rivera, 2018). Al igual que el concreto ordinario, el ACR es un material local. Dada la diversidad de fuentes de áridos reciclados, el tratamiento y preparación del ACR pueden variar. Se han utilizado métodos de pretratamiento orgánico para modificar y reforzar áridos gruesos recuperados de residuos de construcción rural, proporcionando una nueva vía para el refuerzo de estos áridos reciclados. El reciclaje y reutilización de residuos de construcción se ha demostrado como una solución eficaz para manejar los residuos de la construcción y la escasez de áridos naturales

(Xianggang et al., 2018). Los residuos de construcción se pueden clasificar de acuerdo con la normativa establecida en la Figura 5 (INDECOPI, 2014).



FUENTE: Indecopi. Manejo de residuos de la actividad de la construcción. 2014

Figura 5 — Manejo de residuos de la actividad de la construcción

b) Producción de ACR

La selección es una fase crucial en el proceso de obtención de agregados reciclados de construcción. Este proceso suele comenzar en el lugar de la obra, con la separación de los materiales según la clasificación establecida en la Figura 6. Una selección adecuada garantiza la obtención de agregados con una granulometría satisfactoria para su uso en la construcción (Escobar, 2009).



A. RESIDUOS POTENCIALMENTE RECICLABLES PARA LA OBTENCIÓN DE AGREGADOS Y MATERIAL DE RELLENO	
Prefabricado de mortero o concreto	
Concreto simple	
Concreto armado	
Cerámicos	
Concreto asfáltico	
Productos de mampostería	
Prefabricados de arcilla	
Mortero	
B. RESIDUOS DE EXCAVACIÓN	
Suelos orgánicos	
Suelos no contaminados y material arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos	
Otros materiales no contaminados y no peligrosos contenido en el suelo	
C. RESIDUOS SOLIDOS	
Cartón	Plástico
Madera	Residuos de podas, talas y jardinería
Metales	Paneles de yeso
Papel	Vidrio otros

FUENTE: Escobar. Selección de agregados reciclados para la construcción. 2ª ed. Madrid. 2009

Figura 6 – Clasificación de los residuos de la construcción

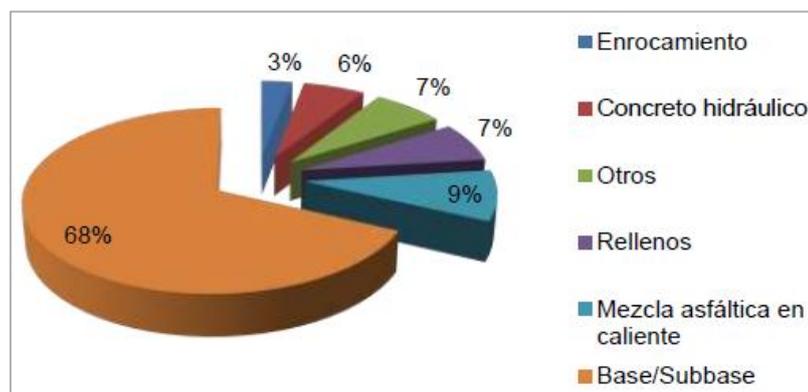
El árido grueso reciclado y el natural se tamizan con el mismo juego de cribas, con una granulometría máxima de 20 mm. Todos los áridos gruesos deben ser gravas de granulometría continua. El árido grueso reciclado obtenido por trituración se lava varias veces hasta cumplir con los requisitos de control del contenido de barro. Después de secarse y alcanzar la humedad adecuada, se utiliza en la preparación de agregados reciclados (Xianggang et al., 2018).

c) Empleabilidad del ACR

Se emplean principalmente para la generación del pavimento para reemplazarlo por los elementos de la base y en menor medida en la



carpeta asfáltica y losas, como se muestra en la Figura 6 (Pérez, Garnica y Rivera, 2018).

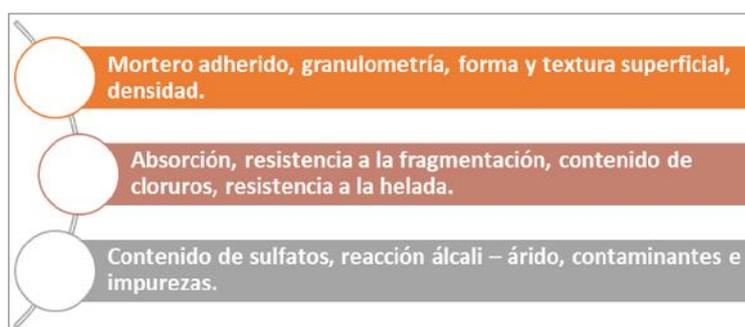


FUENTE: PÉREZ, GARNICA Y RIVERA. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado. 2018

Figura 7 — Usos del agregado de concreto reciclado

d) Propiedades del ACR

El material generado por trituración adquiere una forma angular. A diferencia del concreto convencional, el agregado reciclado se forma a partir de una combinación de agregado natural y mortero, lo que resulta en una mezcla más absorbente, con menor peso específico y menor resistencia a la abrasión. Las características que definen la calidad y aptitud de un agregado reciclado son variadas (Pérez, Garnica y Rivera, 2018).



FUENTE: Pérez, Garnica y Rivera. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado. 2018

Figura 8 — Propiedades a estudiar para el agregado de concreto reciclado



Estas características son importantes a la hora de evaluar y seleccionar agregados reciclados para su uso en la construcción, y deben ser consideradas en función de los requisitos y especificaciones técnicas para su uso.

Respecto a las propiedades físicas, el peso específico en las partículas gruesas de dicho agregado debe estar en el rango de 2.2 a 2.5 y las finas entre 2 a 2.3, la absorción; en el rango de 2 a 6 respecto a los finos debe estar en la variación de 2 a 8 y de los gruesos de 2 a 6.

Respecto a las propiedades mecánicas, la abrasión del árido grueso obtenida con la prueba de los Ángeles debe estar entre 20 a 45, la pérdida mediante la prueba con sulfato de magnesio para los gruesos debe ser menor o igual a 4 y para los finos debe ser menor a 9. Además, el CBR debe estar dentro del rango de 94-148%.

e) Granulometría.

La gradación del ACR es un elemento determinante en su calidad y aptitud para su uso en la construcción. La granulometría se ve influenciada por el sistema de trituración utilizado en su proceso de producción. En general, las trituradoras de impacto permiten obtener áridos de tamaños más reducidos, lo que resulta en una mayor cantidad de finos. Por otro lado, las trituradoras de conos producen una cantidad de finos inferior, y las machacadoras de mandíbulas tienen una producción de finos todavía menor (López, 2008).

f) Absorción

Es definido como el incremento de peso de los agregados debido a la presencia de agua en las cavidades del ACR. Además, su absorción de agua es mayor en 25% que la de los agregados convencionales, lo cual se debe a la cantidad de poros del mortero. Por otro lado, será más absorbente si el tamaño del agregado es mayor (MARTINEZ LARA, 2020).

g) Densidad

La densidad del árido es la masa por unidad de su volumen (ASTM C 29). Dado que la pasta de cemento es menos densa que la piedra



natural, la densidad del árido disminuye a medida que se adhiere más pasta de cemento en ACR (Martínez, 2020).

h) Abrasión

El coeficiente de abrasión Ángeles es un parámetro utilizado para evaluar la resistencia de un árido a la fragmentación. En ocasiones, debido a la adherencia del mortero, el ACR tiene un valor de coeficiente de ángeles superior al del árido natural (Martínez, 2020).

- Aditivos

a) Definición

Son materiales que se adicionan al concreto en bajas proporciones, mediante una incorporación de entre el 0,1% y el 5% (dependiendo de la sustancia o del efecto que se pretenda conseguir) respecto al peso de cemento. Además, el objetivo principal de los aditivos es generar un cambio en las características del concreto en estado endurecido o fresco, pues permiten que adquiera características distintas de las del concreto convencional (Díaz, 2022).

b) Razones para usar aditivos

Las razones principales para el uso de aditivos en concreto (Díaz, 2022):

En el concreto fresco; aumentan la trabajabilidad sin aumentar la cantidad de agua y viceversa, previenen revenimientos de la mezcla, establecen una pequeña expansión, modifican la velocidad y/o el volumen de exudado, disminuyen el segregado y proveen la bombeabilidad.

En el concreto endurecido: reducen el calor de hidratación, contribuyen a acrecentar las resistencias mecánicas, aumentan la estabilidad, reducen la fluencia capilar del agua, hacen que los líquidos sean menos permeables, contribuyen a que el concreto y el acero de



reforzamiento se adhieran mejor, perfeccionan la resistencia a impacto con la abrasión.

c) Tipos de aditivos

Existen diversas clases de aditivos (Effio et. al., 2022).

Tipo A reductor de agua: Logra como resultado que las partículas del material cementante se dispersen, lo que da lugar a mejores resistencias sin cambiar la cuantía de cemento y produce su ahorro sustancial.

Tipo B retardante de fraguado: Logra extender el tiempo de fragua de manera controlada. Se proporciona con el fin de durar hasta 30 horas de tiempo de fraguado.

Tipo C acelerante de fraguado: Acelera el tiempo de fragua del cemento y la resistencia a compresión axial mediante una reacción química. Además, se compatibilizan con agentes de aire, algunos aditivos superplastificantes y algunos reductores de agua.

Tipo D reductor de agua y retardante: Favorece la hidratación del cemento, reduce el agua en el concreto y plastifica la masa de concreto mediante una interacción físico-química con el cemento. El uso de este aditivo confiere al concreto la plasticidad y fluidez adecuadas, mejorando así sus estados plástico y endurecido.

Tipo E reductor de agua y acelerante: Es el resultado de combinar componentes reductores y aceleradores del agua. Optimiza las características plásticas y de durabilidad, incluidas la trabajabilidad, la compresión y la flexión.

Tipo F reductor de agua de alto rango: Es recomendable para su uso en concreto prefabricado y postfabricado. Además, es altamente compatible con agentes de aire, impermeabilizantes y otros.

Tipo G: reductor de agua de alto rango y retardante: Se emplea en concretos cuyo requisito es que sean muy trabajables. Sirve para aumentar el tiempo de trabajabilidad de la mezcla a una temperatura menor o igual a 54 °C.

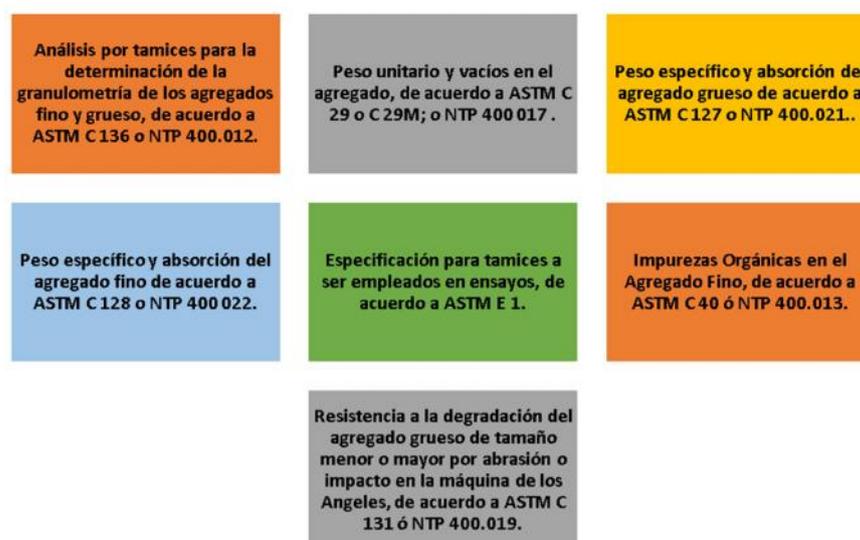
Superplastificante: Se utiliza para fabricar de morteros y concreto fluido: Reduce la cantidad de agua, aumentando así su resistencia. Se emplea en estructuras generales (canales, presas, estructuras de cimentación, pilares, vigas, contenedores, elementos prefabricados, losas, etc.), cualquier estructura, cuando se necesite aumentar la resistencia o fluidez de la mezcla. En el estado del concreto fresco; optimiza la trabajabilidad (plastifica), al facilitar su colocado y compactado. Además, contribuye a reducir el contenido de agua de la mezcla en aproximadamente un 15%, lo que se traduce en un aumento de la resistencia mecánica en el estado endurecido. En el concreto endurecido; aumenta la resistencia mecánica a compresión en más de un 15%, reduce la retracción y mejora la adherencia del acero.

Microsílice: Es un producto manufacturado derivado de la sílice natural que optimiza la duración y rendimiento de las mezclas. Su alta reactividad se debe a su elevada actividad puzolánica. Además, es un material ultrafino que, cuando se añade al hormigón, ocupa físicamente las cavidades en la estructura del cemento, dando lugar a un concreto denso. El humo de sílice contiene al menos un 85% de dióxido de sílice. Es apropiado para su uso en edificios altos, la producción de todos los productos de hormigón, incluido el hormigón premezclado, carreteras, puentes y presas, etc. Mejora la trabajabilidad, aumenta la resistencia al ataque de sulfatos, reduce la

permeabilidad, mitiga la reacción álcali-agregado y logra que el concreto resista a la abrasión.

3.2.1.5 Propiedades de los agregados

Las normas ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) y NTP (Normas Técnicas Peruanas) proporcionan directrices detalladas para la realización de ensayos que determinan las propiedades de los agregados. Estas normas especifican los procedimientos y requisitos técnicos necesarios para evaluar características como la granulometría, la resistencia, la absorción, la densidad, y la resistencia al desgaste, entre otras propiedades fundamentales para asegurar la calidad y el rendimiento de los materiales en proyectos de construcción.



FUENTE: UCGcertificacionvial. Gravedad específica y absorción de agregado grueso. 2009. (<https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica-y-absorcin-de-agregado-grueso>)

Figura 9 — Normas utilizadas para ensayos de los agregados

a) Propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas de los agregados, son los siguientes:

Granulometría

La gradación de los agregados, también conocida como distribución de tamaños, se define por la manera en que se distribuyen los diámetros de los agregados, y se establece mediante el uso de cribas o mallas. Para los agregados finos, se utilizan 7 mallas normadas con aberturas que varían entre 150 μm y 9.5 mm. En el caso de los agregados gruesos, se emplean 13 cribas normalizadas con aberturas que van de 1.18 mm a 100 mm, de acuerdo con la norma ASTM C 33. El tamaño del agregado grueso se calcula en función de su masa y los porcentajes que pasan a través del conjunto de cribas. Los límites de gradación se expresan en porcentajes que pasan por cada uno de los tamices (Kosmatka et al., 2019).



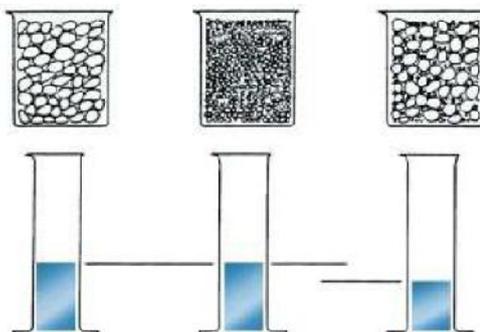
FUENTE: Kosmatka et. al. Diseño y control de mezclas de concreto.
3ª ed. Illinois. 2019

Figura 10 — Distribución de tamaños de agregados

Existen numerosas razones por las que deben especificarse los límites granulométricos y el TMN de los áridos, dado que estos repercuten en la cantidad de agua y material cementante, el bombeo, la duración, la permeabilidad, la dosificación y la retracción del concreto. La granulometría afecta significativamente a la uniformidad de las mezclas de concreto. El agregado muy fino suele ser muy costosos, asimismo, las arenas gruesas y las gravas dan lugar a concretos poco prácticos. En general, los áridos con una curva granulométrica uniforme y sin deficiencias o excesos significativos de tamaño otorgan un buen resultado. La incidencia de combinar áridos de diferentes



diámetros sobre el volumen de cavidades en el conjunto de agregados se ilustra mediante un método sencillo en la Figura 10, donde es evidente que los huecos se reducen cuando ellos se combinan.



FUENTE: Kosmatka et. al. Diseño y control de mezclas de concreto.
3ª ed. Illinois. 2019

Figura 11 — Nivel de vacíos en los agregados

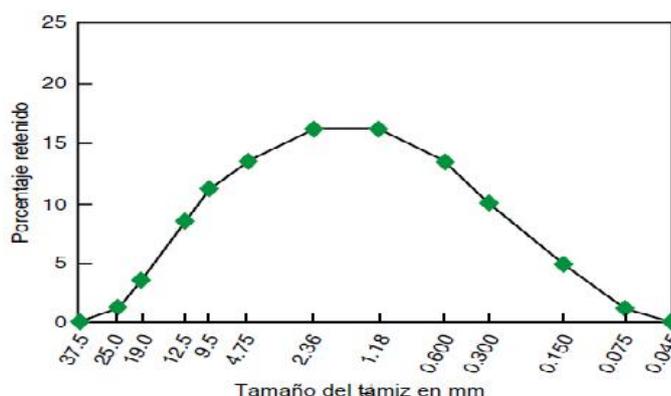
La granulometría óptima del árido fino viene determinada por el tipo de obra, la composición de concreto y el tamaño máximo del árido grueso. Cuando la relación agua-cemento es constante y árido fino-árido grueso tiene precisión, podrá utilizarse una amplia gama de tamaños de partícula sin un impacto significativo en la resistencia. Ocasionalmente, sin embargo, la mayor economía puede obtenerse adaptando la mezcla de hormigón a la granulometría del árido en la región.

La gradación del árido grueso con un TMN dado podrá diferenciarse ligeramente en intervalos sin influir significativamente en las necesidades de agua y cemento si la dosificación de finos respecto a la cuantía de la totalidad de agregados genera un concreto trabajable y eficiente. Las grandes variaciones en la granulometría de los áridos gruesos requieren una modificación de cantidades de mezcla para obtener concretos manejables. Dado que es difícil predecir estas variaciones, a menudo resulta más rentable mantener la uniformidad



en la producción y gestión de los áridos gruesos, de forma que se minimicen las variaciones granulométricas.

Al analizar el árido utilizando la granulometría combinada de los finos y gruesos tal y como aparecerán en el concreto, es posible tener un óptimo control para que sea trabajable, la trabajabilidad, exista un óptimo bombeo, contracción, entre otras características, basándose en la granulometría del árido. Esto proporciona un análisis más completo del comportamiento de los áridos en el hormigón. Ocasionalmente, hay escasez de áridos de tamaño medio, de unos 9,5 mm (3.8 pulgadas) de diámetro, lo que provoca una alta contracción, un elevado requerimiento de agua, sea poco trabajable, bajo bombeo y dificultades para colocarlo. Además, la durabilidad y resistencia se verán afectadas. La figura 11 muestra el tamaño ideal de partículas. Sin embargo, dicha gradación no existe en el mundo real, pero podemos acercarnos.



FUENTE: Kosmatka et. al. Diseño y control de mezclas de concreto.
3ª ed. Illinois. 2019

Figura 12 — Granulometría óptima de la combinación de agregados

Peso unitario

El peso unitario de los áridos se define como el peso necesario para llenar un contenedor hasta alcanzar un volumen unitario especificado, incluyendo tanto el volumen de los áridos como los espacios entre sus partículas. Este cálculo se realiza dividiendo la masa total de las



partículas por el volumen total, que incluye los vacíos. En el concreto de peso normal, este valor oscila entre 1200 y 1750 kg/m³, y la forma en que se acomodan las partículas influye en su determinación. Los procedimientos para su ensayo están normados en la NTP 400.017. Este valor se utiliza para convertir entre peso y volumen, así como para determinar la cantidad de vacíos que deben rellenarse con arena y cemento en un agregado grueso (Kosmatka et al., 2019).

Peso específico

El peso específico de los agregados es una medida de la densidad del material, crucial en la construcción para verificar el cumplimiento de los requisitos de peso. Un alto valor de peso específico indica materiales de buena calidad, mientras que un bajo valor sugiere agregados que absorben demasiada agua y son débiles. Este valor se expresa en gr/cm³ y su determinación está normalizada por ASTM C 29 y NTP 400.017. La norma peruana NTP 334.005 establece el procedimiento para el ensayo de esta propiedad, y la gravedad específica puede expresarse de tres formas, detalladas en la Figura 12 (Riva, 2019).

Peso Específico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM E 12 como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Peso Específico de masa saturado superficialmente seco; el cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables..

Peso Específico Aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable..

FUENTE: UCGcertificacionvial. Gravedad especifica y absorción de agregado grueso. 2009 (<https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica-y-absorcin-de-agregado-grueso>)

Figura 13 — Expresiones de la gravedad específica



El valor de la gravedad específica se emplea para establecer para seleccionar las proporciones de mezcla adecuadas. En la norma americana ASTM C-128 se detalla el proceso para calcular el peso específico del árido fino, mientras que en la ASTM C-127 contiene las indicaciones para calcular la gravedad específica del árido grueso.



FUENTE: UCGcertificacionvial. Gravedad especifica y absorción de agregado grueso. 2009 (<https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica-y-absorcin-de-agregado-grueso>)

Figura 14 — Fórmulas del peso específico

Contenido de vacíos

El término "vacíos" en relación a la masa de agregado hace referencia al espacio vacío que hay en el conjunto de agregados. Representa la diferencia entre el volumen total o bruto de la masa del árido y el espacio ocupado por las propias partículas. El espacio teórico de los vacíos se determina conociendo el peso unitario del árido y la gravedad específica de la masa. Esta información se puede calcular utilizando una ecuación específica (Rivva, 2019).

Ecuación 1 — Contenido de vacíos

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{100 (\text{Peso sólido} - \text{Peso unitario})}{\text{Peso sólido}} \%$$

Humedad y absorción

Los requisitos para las propiedades de los áridos que afectan el contenido de agua del concreto están establecidos por las normas ASTM C 70 o NTP 339.185, y son fundamentales para controlar el contenido total de agua y determinar con precisión la cantidad de materiales de mezcla. Los áridos están compuestos de material sólido y cavidades que pueden contener agua (Kosmatka et al., 2019).

Los agregados presentan poros internos que pueden clasificarse en poros abiertos, accesibles a la humedad sin presión, y poros cerrados, que no tienen canales de comunicación con la superficie. El estado de humedad de un agregado se clasifica en cuatro categorías (Rivva, 2019).

Seco: Se produce cuando se ha evaporado toda la humedad interna y externa, normalmente calentando a 100 grados centígrados.

Semiseco o Secado al Ambiente: Tiene lugar en situaciones donde la superficie de la partícula no presente humedad, pero sí su interior.

Saturación Superficial Seca: Se produce en situaciones donde no existe agua superficial o no hay restricciones en las partículas, sino que todos los poros están llenos de agua.

Saturado o Húmedo: Se produce cuando el árido está totalmente saturado y hay agua abierta en la superficie de las partículas o en el propio árido.



FUENTE: Kosmatka et. al. Diseño y control de mezclas de concreto.
3ª ed. Illinois. 2019

Figura 15 — Estados de humedad del agregado



En la planificación de la dosificación del concreto, se asume que el agregado está en un estado de saturación superficial seca. Dicho caso, que no representa a la realidad, se utiliza para clasificar agregados. Cuando el árido se encuentra en un estado de saturación superficial seca no podrá absorber ni liberar agua durante el mezclado. Por otro lado, si el árido está seco de forma parcial, puede liberar agua, en cambio, si está húmedo, puede absorber agua excesiva. En dicha situación, se debe ajustar la cantidad de agua para que sea eficiente. Dicho lo expuesto, la totalidad de cuantía de humedad del árido se obtiene de la resta de si fase en la actualidad de la humedad y su fase seca. Por ende, para calcular su absorción, se utilizan las fórmulas descritas en consiguiente.



FUENTE: UCGcertificacionvial. Gravedad específica y absorción de agregado grueso. 2009 (<https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica-y-absorcin-de-agregado-grueso>)

Figura 16 — Ecuaciones para calcular el porcentaje de absorción

b) Propiedades mecánicas de los agregados

) Resistencia a congelación y deshielo

La porosidad, absorción y permeabilidad de los agregados son propiedades esenciales que afectan su desempeño en el concreto. Un árido puede absorber agua hasta alcanzar un punto en el que no pueda expandirse ni resistir la presión hidráulica provocada por la congelación del agua, lo que puede llevar a la expansión del árido y a la desintegración del concreto. Si una cantidad significativa de partículas afecta al concreto, este puede experimentar erupciones,



especialmente si las partículas inadecuadas están cerca de la superficie del concreto. Generalmente, el árido grueso, que tiende a tener una mayor porosidad y aberturas de tamaño medio (0,1 a 5 mm), se satura más fácilmente y puede deteriorar el concreto causando erupciones. Por otro lado, los poros más grandes en el árido no suelen provocar fallos o saturación, y el agua en los poros finos puede no solidificarse con facilidad (Kosmatka et al., 2019; Rivva, 2019).

) Resistencia a compresión

La resistencia de los áridos, aunque rara vez se evalúa, puede tener una incidencia significativa en la resistencia del concreto, especialmente en mezclas de alto rendimiento. En estas situaciones, la resistencia de los áridos es crucial debido a que las tensiones en el árido pueden ser considerablemente mayores que la tracción media en la sección del concreto. Las propiedades de tensión y compresión de los áridos varían, con valores de tensión entre 20 y 150 kg/cm² (2 y 15 MPa) y de compresión entre 660 y 2750 kg/cm² (65 y 270 MPa). La medición de esta resistencia puede realizarse siguiendo la guía de la norma ASTM C 170 (Kosmatka et al., 2019).

) Módulo de fineza

El módulo de finura es un indicador de la textura del agregado, calculado sumando los porcentajes acumulados de material retenido en tamices desde 3" hasta el N°100, y dividiendo el resultado entre 100. Este valor se usa para controlar la uniformidad del agregado, aunque puede haber múltiples granulometrías que produzcan el mismo módulo de finura. Aunque generalmente se determina para el árido fino, también puede ser necesario conocerlo para el agregado grueso, especialmente al aplicar ciertos métodos de producción de mezclas (Rivva, 2018).



c) Resistencia a tracción del concreto

La resistencia a la tracción del concreto se refiere a la capacidad del material para soportar fuerzas de tracción y es crucial para prevenir fisuras y fallas estructurales. Esta propiedad se puede evaluar mediante métodos directos, como el ensayo de tracción directa, o indirectos, como el ensayo brasileño de tensión por compresión diametral (Neville, 1995). Mehta y Monteiro (2006) explican que la resistencia a la tracción mide la capacidad del concreto para resistir fuerzas de separación en dirección axial, siendo menos comúnmente evaluada que la resistencia a la compresión, pero igualmente importante para la integridad estructural y la durabilidad a largo plazo. Shetty (2005) define la resistencia a la tracción como la capacidad del concreto para resistir tensiones que podrían causar fisuras o fallas, y uno de los métodos utilizados para medir esta propiedad es el ensayo brasileño, que aplica una carga de compresión diametral para inducir tensiones de tracción en el espécimen. Aunque el concreto tiene un bajo valor en resistencia a la tracción, esta propiedad es esencial para abordar fracturas causadas por la contracción debido a la evaporación del agua de la mezcla. Para evaluar la resistencia a la tracción, se utiliza la norma ASTM C 496.

3.2.2 Propiedad de compresión del concreto

3.2.2.1 Definición

Es una característica fundamental del concreto endurecido, suele expresarse en kg/cm^2 ó MPa. El objetivo principal de estos resultados es determinar si la mezcla preparada satisface lo establecido en norma respecto a la f'_c . La obtención de estos resultados finales, que luego se someten al mecanismo de la máquina compresora, garantiza que el concreto cumple los parámetros según las resistencias normalizadas para la correcta aplicación de los controles de calidad en obra (ASTM C-39, 2011).

El ensayo de resistencia a la compresión es fundamental para evaluar la capacidad del concreto endurecido para soportar cargas de compresión. Este



ensayo se realiza aplicando una carga axial a especímenes cilíndricos o cúbicos de concreto hasta que se produce la falla (Neville, 1995).

La importancia de la resistencia a la compresión, radica en evaluar la capacidad del concreto para soportar cargas (Shetty, 2005).



FUENTE: Geocontrol Perú y Servicios S.A.C. Resistencia a compresión. 2020.
(<https://geocontrolperu.com.pe/>)

Figura 17 — Ensayo de resistencia a compresión

3.2.2.2 Pasos para el ensayo de compresión del concreto

El ensayo de compresión del concreto es una prueba fundamental para determinar la resistencia a la compresión del concreto endurecido. Este ensayo es crucial para asegurar la calidad y durabilidad del concreto en estructuras.

) Preparación de las muestras

Las muestras de concreto deben ser cilindros o cubos de tamaño estándar, típicamente de 150 mm x 300 mm para cilindros o 150 mm x 150 mm x 150 mm para cubos. Las muestras deben ser curadas adecuadamente, generalmente en condiciones de humedad controlada, hasta el momento del ensayo (Neville, 1995).

Las muestras deben ser preparadas de acuerdo con las especificaciones estándar, como ASTM C31 para la elaboración de cilindros y ASTM C192 para la curación de especímenes en laboratorio (Mindess y Young, 1981).



Aseguran que las muestras deben ser uniformes y representar adecuadamente el lote de concreto a ser probado. Es crucial evitar cualquier daño o defecto en las muestras antes de la prueba (Mehta y Monteiro, 2006).

) Colocación en la máquina de ensayo

Las muestras deben ser colocadas cuidadosamente en la máquina de ensayo de compresión, asegurándose de que estén centradas correctamente para evitar cargas excéntricas que puedan afectar los resultados (Neville,1995).

Se recomienda utilizar platinas de acero endurecido en los extremos de las muestras para asegurar una distribución uniforme de la carga y reducir el riesgo de concentraciones de tensión (Mindess y Young,1981).

Las superficies de contacto entre las platinas y las muestras deben ser planas y lisas para evitar cualquier desalineación que pueda causar fallas prematuras en las muestras (Mehta y Monteiro, 2006).

) Aplicación de la carga

La carga debe ser aplicada de manera continua y sin impactos, a una velocidad controlada que generalmente se especifica entre 0.15 MPa/s y 0.35 MPa/s, hasta que la muestra falle (Neville,1995).

La máquina de ensayo debe ser calibrada regularmente para asegurar la precisión en la medición de la carga aplicada y la resistencia a la compresión obtenida (Mindess y Young,1981).

Se recomienda registrar la carga máxima que soporta la muestra antes de fallar, lo cual se utiliza para calcular la resistencia a la compresión del concreto (Mehta y Monteiro, 2006).

) Cálculo de la resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima registrada durante el ensayo por el área de la sección transversal de la muestra (Neville,1995).

La fórmula básica utilizada es:



Ecuación 2 — Resistencia a la compresión

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

Donde:

) F'c: Resistencia a la compresión (k / m^2)

) P: Carga máxima(kgf)

) A: Área de la sección transversal(m^2)

Los resultados deben ser comparados con los requisitos especificados en las normas de construcción para determinar si el concreto cumple con las especificaciones de diseño (Mehta y Monteiro, 2006).

3.2.2.3 Normas del ensayo de compresión del concreto

) ASTM C39 / C39M

La norma ASTM C39 / C39M, emitida por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), especifica el método estándar para realizar ensayos de compresión en cilindros de concreto. Establece los requisitos para la preparación, curado y ensayo de las muestras, así como los procedimientos para calcular la resistencia a la compresión. Esta norma también detalla los tipos de equipos y dispositivos de carga que deben utilizarse, así como la velocidad de aplicación de la carga y los criterios de aceptación de los resultados del ensayo (Mindess y Young, 1981).

La norma ASTM C39 / C39M es ampliamente utilizada en América del Norte y otras regiones, y proporciona una base confiable para la evaluación de la resistencia a la compresión del concreto (Neville,1995).

) ISO 1920-4

La norma ISO 1920-4, emitida por la Organización Internacional de Normalización (ISO), describe los métodos para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas de concreto, incluyendo especificaciones para cilindros y cubos. Esta norma es utilizada



internacionalmente y garantiza la coherencia en los ensayos de compresión en diferentes países (Kosmatka y Wilson, 2011).

La norma ISO 1920-4 proporciona directrices detalladas para la preparación de las muestras, el curado, la aplicación de la carga y la interpretación de los resultados, similar a la ASTM C39 / C39M, pero con algunas variaciones en los procedimientos específicos (Neville, 1995).

La adopción de la norma ISO 1920-4 permite una mayor armonización de los ensayos de compresión del concreto a nivel mundial, facilitando la comparación de resultados entre diferentes regiones y países (Shilstone, 1990).

EN 12390-3

La norma europea EN 12390-3, emitida por el Comité Europeo de Normalización (CEN), establece los métodos para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas de concreto endurecido. Esta norma es utilizada principalmente en Europa y especifica los procedimientos para cilindros y cubos (Neville, 1995).

La EN 12390-3 incluye directrices para la preparación de las probetas, el curado, la aplicación de la carga y la evaluación de los resultados, con el objetivo de asegurar la uniformidad y precisión en los ensayos de compresión (Mindess Y Young, 1981).

La norma EN 12390-3, al igual que las normas ASTM e ISO, es fundamental para asegurar la calidad del concreto en las obras de construcción y proporciona una base sólida para la evaluación de la resistencia del material (Mehta y Monteiro, 2006).

3.2.3 Propiedad de flexión del concreto

3.2.3.1 Definición

El ensayo de resistencia a la flexión mide la capacidad del concreto endurecido para resistir fuerzas de curvatura. Este ensayo se realiza aplicando una carga a una viga de concreto hasta que se produce la fractura (Mehta y Monteiro, 2006).

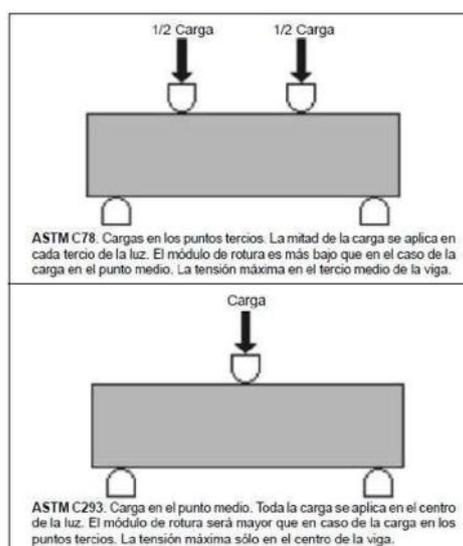


La resistencia a la flexión del concreto, resulta de medir el valor de la carga de esfuerzo del concreto. Esta medida representa el momento de fallo de una losa o viga de concreto no armado. Puede determinarse aplicando pesos en vigas de 6" x 6" con una luz mínima que triplica su espesor y medida en su sección transversal (Rivva, 2019).

Los resultados de la prueba de carga punto-tercio se informan según el módulo de ruptura. La tensión determinada variará en función de las dimensiones del espécimen, la dosificación, la humedad, el curado y si la viga se ha conformado o cortado a medida. Su valor puede utilizarse para evaluar la conformidad con los requisitos establecidos o como premisa para las operaciones de proporcionamiento, combinación y posicionamiento (ASTM C-78, 2017).

El ensayo de flexión con carga en el punto medio se utiliza para establecer el módulo de rotura de probetas preparadas y curadas según ASTM C 31 y ASTM C 192. El esfuerzo determinado puede variar respecto al dimensionamiento del espécimen, la preparación, el estado de hidratación o el curado. Su resultado se podría emplear para verificar si cumple con lo normado y para realizar el diseño de mezclas. Esta técnica genera valores sustancialmente mayores para el esfuerzo a flexión en comparación con el método anterior (ASTM C-293, 2011).





FUENTE: Effio et. al. Estudio de las propiedades físico mecánicas del concreto empleando partículas de caucho reciclado como material suplementario del agregado grueso. 2022

Figura 18 — Ensayo de resistencia a flexión

3.2.3.2 Pasos para el ensayo de flexión del concreto

) Preparación de las Muestras

Las muestras de concreto para el ensayo de flexión son generalmente prismas de tamaño estándar, típicamente de 150 mm x 150 mm x 500 mm. Deben ser curadas adecuadamente en condiciones de humedad controlada hasta el momento del ensayo. Mindess Y Young (1981) indican que las muestras deben ser elaboradas y curadas según las especificaciones estándar, como ASTM C78 para la flexión de vigas simples con carga de centro y ASTM C293 para la flexión de vigas simples con carga de tercer punto. Mehta Y Monteiro (2006) enfatizan que es crucial que las muestras estén libres de defectos visibles y representen adecuadamente el lote de concreto que se está evaluando, y que deben ser manipuladas con cuidado para evitar cualquier daño antes del ensayo.



) Colocación en la Máquina de Ensayo

Las muestras deben ser colocadas en la máquina de ensayo de flexión de manera que los apoyos estén equidistantes y correctamente alineados, y los puntos de carga deben estar centrados en la longitud de la muestra para asegurar una distribución uniforme de la carga (Neville, 1995). Mindess y Young (1981) recomiendan el uso de rodamientos esféricos o placas de apoyo que permitan pequeños movimientos y ajusten las cargas de manera uniforme a lo largo de la muestra. Además, Mehta y Monteiro (2006) destacan que la colocación precisa de la muestra y los puntos de carga es esencial para evitar concentraciones de tensiones y obtener resultados precisos.

) Aplicación de la Carga

La carga debe ser aplicada de manera continua y sin impactos, a una velocidad controlada que generalmente se especifica entre 0.02 MPa/s y 0.10 MPa/s, hasta que la muestra falle (Neville, 1995). La velocidad de aplicación de la carga debe ser controlada de acuerdo con las especificaciones de la norma correspondiente, como ASTM C78 o ASTM C293, para asegurar la consistencia de los resultados (Mindess y Young, 1981). Además, es fundamental registrar la carga máxima que soporta la muestra antes de fallar, así como las deflexiones correspondientes en los puntos de carga (Mehta y Monteiro, 2006).

) Cálculo de la Resistencia a la Flexión

La resistencia a la flexión, o módulo de ruptura, se calcula utilizando la fórmula adecuada según el tipo de ensayo (carga de centro o carga de tercer punto) (Neville, 1995).

Ecuación 3 — Resistencia a la flexión

$$R = \frac{P}{bd^2}$$

Donde:

) R: Resistencia a la flexión (k / m^2)

) P: Carga máxima (k)

) L: Distancia entre apoyos (m)

) b: Ancho de la muestra (m)

) d: Profundidad de la muestra (m)

La resistencia a la flexión, o módulo de ruptura, se calcula utilizando la fórmula adecuada según el tipo de ensayo (carga de centro o carga de tercer punto). La fórmula puede variar ligeramente dependiendo del método de carga y las especificaciones de la norma utilizada (Mindess y Young, 1981). Los resultados deben ser comparados con los requisitos especificados en las normas de construcción para determinar si el concreto cumple con las especificaciones de diseño en términos de resistencia a la flexión (Mehta y Monteiro, 2006).

3.2.3.3 Normas del ensayo de flexión del concreto

) ASTM C78 / C78M

La norma ASTM C78 / C78M, emitida por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), especifica el método estándar para realizar ensayos de flexión en vigas simples de concreto con carga en el centro. Esta norma establece los requisitos para la preparación, curado y ensayo de las muestras, así como los procedimientos para calcular la resistencia a la flexión (Mehta y Monteiro, 2006). Además, detalla los tipos de equipos y dispositivos de carga que deben utilizarse, la velocidad de aplicación de la carga y los criterios de aceptación de los resultados del ensayo (Mindess Y Young, 1981). La norma ASTM C78 / C78M es ampliamente utilizada en América del Norte y otras regiones, proporcionando una base confiable para la evaluación de la resistencia a la flexión del concreto (Kosmatka y Wilson, 2011).



J ASTM C293 / C293M

La norma ASTM C293 / C293M, emitida por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), especifica el método estándar para realizar ensayos de flexión en vigas simples de concreto con carga en el tercer punto. Esta norma proporciona una alternativa al método de carga en el centro y es especialmente útil para ciertas aplicaciones de diseño (Neville, 1995). Incluye especificaciones para la preparación de las probetas, el curado, la aplicación de la carga y la evaluación de los resultados, similar a la norma ASTM C78 / C78M, pero con diferencias en los procedimientos de carga (Mindess y Young, 1981). La norma ASTM C293 / C293M es utilizada para obtener resultados que representan mejor las condiciones de carga en algunas aplicaciones estructurales específicas (Mehta y Monteiro, 2006).

J EN 12390-5

La norma europea EN 12390-5, emitida por el Comité Europeo de Normalización (CEN), establece los métodos para la determinación de la resistencia a la flexión de probetas de concreto endurecido. Esta norma es utilizada principalmente en Europa y especifica los procedimientos para vigas con carga en el centro y en el tercer punto (Neville, 1995). La EN 12390-5 incluye directrices detalladas para la preparación de las probetas, el curado, la aplicación de la carga y la evaluación de los resultados, con el objetivo de asegurar la uniformidad y precisión en los ensayos de flexión (Kosmatka y Wilson, 2011). La adopción de la norma EN 12390-5 permite una mayor armonización de los ensayos de flexión del concreto a nivel mundial, facilitando la comparación de resultados entre diferentes regiones y países (Shilstone, 1990).

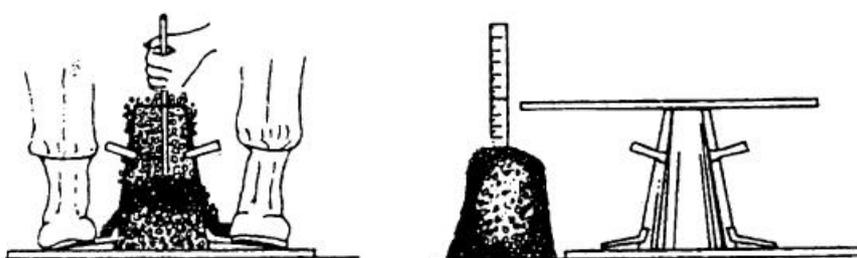
3.2.4 Propiedad de consistencia del concreto

3.2.4.1 Definición

El ensayo de consistencia, también conocido como ensayo de Slump, se utiliza para evaluar cómo se comporta el concreto fresco. Este ensayo fue adoptado



por la ASTM en 1921 y comprende la consolidación de la mezcla en el cono de Abrahams, midiendo su revenimiento después de desmoldarlo. Define la capacidad del concreto para ser encofrado sin dejar de ser homogéneo y sin huecos (Effio et al., 2022). Neville (1995) describe el ensayo de asentamiento como un método para medir la consistencia del concreto fresco, determinando su capacidad para mantener su forma y su trabajabilidad mediante la evaluación del descenso de un cono de concreto bajo su propio peso. Mehta y Monteiro (2006) explican que el ensayo de asentamiento es una medida de la consistencia del concreto fresco y su capacidad para fluir bajo su propio peso sin segregarse.



FUENTE: Tecnología del concreto. 3ª ed. Lima. 2018

Figura 19 — Ensayo de asentamiento

3.2.4.2 Pasos para el ensayo de consistencia del concreto

) Preparación de los Equipos y Materiales

Asegúrese de tener todos los equipos necesarios, incluyendo el molde de asentamiento (cono de Abrams), una varilla compactadora de acero, una base rígida no absorbente, una cinta métrica y una pala. Los equipos deben estar limpios y libres de residuos de concreto de ensayos anteriores (Kosmatka y Wilson, 2011).

) Preparación de la Mezcla de Concreto

Mezcle el concreto de acuerdo con las especificaciones del proyecto, asegurándose de que la mezcla esté homogénea y representativa del lote de concreto que se va a evaluar (Mehta y Monteiro, 2006).



) Llenado del Molde

Coloque el molde de asentamiento sobre una base rígida y no absorbente. Llene el molde en tres capas de igual volumen. Cada capa debe ser compactada 25 veces con la varilla compactadora, distribuyendo los golpes de manera uniforme sobre toda la sección transversal de la capa (Neville, 1995). Asegúrese de que cada capa esté correctamente compactada antes de agregar la siguiente capa para evitar la formación de vacíos y asegurar una compactación uniforme (Mindess y Young, 1981).

Nivelación y Retiro del Molde

Después de llenar y compactar la tercera capa, nivele la superficie superior del concreto con una espátula o la varilla compactadora. Luego, retire el molde de asentamiento levantándolo verticalmente y sin movimientos laterales, en un tiempo de 5 a 10 segundos (Kosmatka y Wilson, 2011).

) Medición del Asentamiento

Inmediatamente después de retirar el molde, mida la altura que ha bajado el concreto desde su altura original (altura del molde). Esta diferencia se conoce como el "asentamiento" y se mide en milímetros (Mehta y Monteiro, 2006).

) Interpretación de Resultados

Compare el asentamiento medido con los valores especificados en las normas o los requisitos del proyecto para determinar si la mezcla de concreto tiene la consistencia adecuada. Un asentamiento excesivo o insuficiente puede indicar problemas con la trabajabilidad o la composición de la mezcla (Neville, 1995). La interpretación de los resultados debe considerar el tipo de estructura a construir, ya que diferentes aplicaciones pueden requerir diferentes niveles de trabajabilidad (Mindess y Young, 1981).

3.2.4.3 Normas del ensayo de consistencia del concreto

a) ASTM C143 / C143M

La norma ASTM C143 / C143M, emitida por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), establece el método estándar para el ensayo de asentamiento del concreto. Esta norma especifica los requisitos para los equipos, la preparación de la muestra, el procedimiento del ensayo y la interpretación de los resultados (Mehta Y Monteiro, 2006). Además, esta norma es ampliamente utilizada en América del Norte y otras regiones, proporcionando directrices detalladas para garantizar la consistencia y repetibilidad del ensayo (Kosmatka y Wilson, 2011). La ASTM C143 / C143M incluye instrucciones específicas para la preparación del molde, la compactación del concreto y la medición del asentamiento, asegurando que los resultados sean representativos de la trabajabilidad del concreto (Neville, 1995).

b) BS EN 12350-2

La norma europea BS EN 12350-2, emitida por el Comité Europeo de Normalización (CEN), especifica el método para el ensayo de asentamiento del concreto fresco. Esta norma es equivalente a la ASTM C143 / C143M, pero adaptada a las prácticas y requisitos europeos (Neville, 1995). La BS EN 12350-2 proporciona directrices para la preparación y el ensayo del concreto, incluyendo la descripción del equipo, el procedimiento de ensayo y la interpretación de los resultados (Mindess y Young, 1981). Además, la adopción de la norma BS EN 12350-2 facilita la armonización de los ensayos de asentamiento en Europa y asegura que los resultados sean comparables entre diferentes países y regiones (Shilstone, 1990).

c) IS 1199

La norma IS 1199, emitida por la Oficina de Normas Indias (BIS), especifica los métodos para el muestreo y análisis del concreto, incluyendo el ensayo de asentamiento. Esta norma es utilizada principalmente en India y establece los procedimientos para la preparación y realización del ensayo de consistencia (Gupta y Gupta, 2012). La IS 1199 incluye



especificaciones detalladas para el equipo de ensayo, la preparación de la muestra y la medición del asentamiento, asegurando la precisión y uniformidad en los resultados (Shetty, 2005). Además, proporciona directrices claras para la interpretación de los resultados del ensayo de asentamiento, ayudando a evaluar la trabajabilidad y consistencia del concreto (Singh y Kaushik, 2008).

3.3 Marco conceptual

- a) **Aditivo:** Es un material diferente del agua, los agregados o el cemento hidráulico, que se incorpora al concreto antes o durante el proceso de mezcla con el objetivo de alterar sus propiedades (SENCICO, 2020).
- b) **Agregado grueso:** Agregado que queda retenido en el tamiz de 4,75 mm (No 4), originado por la desintegración natural o mecánica de las rocas. (SENCICO, 2020).
- c) **ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales):** es una organización internacional que desarrolla y publica estándares consensuados para la evaluación de materiales, productos, sistemas y servicios en diversas industrias, incluyendo la construcción, con el objetivo de asegurar la calidad y la interoperabilidad (ASTM International, 2022).
- d) **Concreto reciclado:** El concreto reciclado es aquel que utiliza agregados derivados parcial o totalmente de materiales reciclados, como granulados de concreto, gravas y arenas (INDECOPI, 2014).
- e) **Consistencia:** La consistencia de la mezcla de concreto es un indicador indirecto de su nivel de trabajabilidad (Matallana Rodríguez, 2002).
- f) **NTP (Norma Técnica Peruana):** La NTP (Norma Técnica Peruana) es un conjunto de estándares y regulaciones establecidos por el Instituto Nacional de Calidad del Perú, que define los requisitos técnicos y metodológicos para la fabricación, prueba y uso de materiales y productos en la construcción, garantizando la calidad y seguridad en el sector (INACAL, 2021).
- g) **Microsilice:** La microsilice, o sílice fume, es un aditivo que mejora las propiedades del concreto. Se trata de un subproducto de la producción de silicio, compuesto por partículas muy finas de dióxido de silicio. Al añadirla al concreto, reacciona con la cal libre, formando compuestos que refuerzan la estructura del concreto, incrementando su



resistencia, durabilidad y capacidad para resistir la penetración de agua (Mehta y Monteiro, 2014).

- h) Propiedades de compresión:** La resistencia a la compresión es la medida de la capacidad del concreto para resistir cargas de compresión sin sufrir daño significativo. Se refiere a la fuerza necesaria para romper o aplastar una muestra cilíndrica de concreto a una velocidad específica. Se mide generalmente en unidades de presión, ya sea en MPa (megapascuales) o psi (libras por pulgada cuadrada) (Sánchez de Guzmán, 2001).
- i) Propiedades de flexión:** Las propiedades de flexión describen la capacidad de un material para soportar fuerzas que lo doblan. Se evalúan mediante pruebas de flexión, donde se mide cómo el material reacciona ante cargas aplicadas. (Callister y Rethwisch, 2020)
- j) Superplastificante:** Un superplastificante es un aditivo que se incorpora al concreto para aumentar su fluidez sin añadir más agua. Este aditivo disminuye notablemente la viscosidad del concreto, facilitando su manejo y colocación. Gracias a los superplastificantes, se puede obtener un concreto más resistente y duradero, sin sacrificar su trabajabilidad (Neville, 2011).

CAPITULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación

La investigación descriptiva se enfoca en describir las características de un fenómeno o situación en particular. No solo busca identificar y caracterizar las variables involucradas, sino también observar cómo estas variables se comportan en situaciones específicas sin intentar influir en ellas (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014). La presente investigación es experimental descriptiva debido a la relación causa – efecto que existe entre las variables independientes (uso del concreto reciclado como agregado grueso) y las variables dependientes (resistencia a la compresión, resistente al flexión, consistencia y costo del concreto).

Investigación Aplicada, este tipo de investigación se realiza con la finalidad de aplicar el conocimiento adquirido en situaciones prácticas y reales, enfocándose en la aplicación práctica de los descubrimientos obtenidos (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).

Nuestra investigación es de tipo aplicada, porque el objetivo fue utilizar los resultados para resolver un problema práctico y específico en el campo de la construcción: “mejorar la sostenibilidad y el rendimiento del concreto”. Se buscó aplicar los resultados en situaciones reales de construcción, específicamente en la ciudad de Abancay, con la intención de ofrecer alternativas viables y eficientes al uso de agregados naturales.

b) Nivel de investigación

La investigación experimental implica la manipulación deliberada de una o más variables independientes por parte del investigador para analizar sus efectos sobre una o más variables dependientes en un entorno controlado (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).



Esta investigación es de tipo experimental, debido a que se manipularon variables como el uso de concreto reciclado, aditivos superplastificantes y microsílíce, y se observaron los efectos de estas manipulaciones en las propiedades de compresión, flexión, consistencia del concreto y en el costo de producción del mismo. Esto se comprobó mediante pruebas de laboratorio, obteniendo datos empíricos y comparando los resultados de las diferentes mezclas de concreto.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental debido a que se realizó la manipulación de las variables a través de grupos de control y grupos experimentales donde se hizo el reemplazo de agregado grueso por agregado grueso reciclado de 50%, 75% y 100%, tal y como se muestra a continuación:

a) **G_c:**

Grupo de control conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" de altura y viguetas de 6"x6"x21" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I.

b) **G_{E1}:**

Grupo de experimental 1 conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" de altura y viguetas de 6"x6"x21" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 50% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsílíce y superplastificante.

c) **G_{E2}:**

Grupo de experimental 2 conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" y viguetas de 6"x6"x21" de altura elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ g/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 75 % de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsílíce y superplastificante.



d) G_{E3}:

Grupo de experimental 3 conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura y viguetas de 6’’x6’’x21’’ elaborados con el diseño de mezcla convencional F’c =210 kg/cm² con cemento tipo I usando un reemplazo de 100 % de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsilice y supe plastificante.

G _C	...	O ₁
G _{E1}	X ₁	O ₂
G _{E2}	X ₂	O ₃
G _{E3}	X ₃	O ₄

Figura 20 — Diseño de la investigación.

Donde:

-) X₁= 50% de agregado reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsilice y superplastificante.
-) X₂=75% de agregado reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsilice y superplastificante.
-) X₃=100% de agregado reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsilice y superplastificante.
-) O_{1,2,3,4} = medición de la resistencia a la compresión y flexión, las muestras cilíndricas de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura y viguetas de 6’’x6’’x21’’.

4.3 Descripción ética de la investigación.

El aspecto ético del estudio se realizó empleando la línea normativa investigativa. Del mismo modo, se consideró la pertenencia intelectual y responsabilidad ética-social, respecto a la privacidad, honestidad. En este sentido, se evaluó mediante el software TURNITIN. De esta forma, avalar su originalidad y confiabilidad. Por otro lado, se utilizó referencias documentarias de tesis, normas y libros virtuales. Para este fin se efectuó la referenciación y citado (derechos de autor). Las diferentes citas realizadas fueron desarrolladas según el sistema ISO 690 Y 690-2.



4.4 Población y muestra

a) Población

La población de estudio fueron 72 testigos cilíndricos de concreto de 4'' de diámetro y 8'' de altura, 18 unidades por cada uno de los 4 diseños de muestras y 24 unidades de viguetas o muestras prismáticas, 6 unidades para cada diseño de muestras planteados a continuación:

- J) Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I.
- J) Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 50% de agregado reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsilice y supe plastificante.
- J) Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 75% de agregado reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsilice y supe plastificante.
- J) Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 100% de agregado reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsilice y supe plastificante.

b) Características y Delimitación

Es crucial definir claramente la población en términos de su contenido, tiempo y ubicación, especificando los límites temporales y geográficos en los que se desarrollará el estudio.

La investigación se caracteriza y delimita por el reemplazo de agregado grueso por agregado grueso reciclado de 50%, 75% y 100% en la ciudad de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Perú en el año 2023.

c) Muestra

La muestra abarca el 100% de la población, lo que equivale a 72 unidades de testigos cilíndricos y 24 unidades de viguetas. Se trata de una muestra censal, que se organiza en 4 grupos, detallados a continuación:

- **GC:**

Grupo de control conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4'' de diámetro y 8'' y 6 viguetas de 6''x6''x21'' de altura elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I.

- **GE1:**



Grupo de experimental 1 conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" y 6 viguetas de 6"x6"x21" de altura elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 50% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsílíce y super plastificante.

- **GE2:**

Grupo de experimental 2 conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" y 6 viguetas de 6"x6"x21" de altura elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 75 % de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsílíce y supe plastificante.

- **GE3:**

Grupo de experimental 3 conformado por 18 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" de altura y 6 viguetas de 6"x6"x21" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 100 % de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con porcentajes de aditivo microsílíce y supe plastificante.



Tabla 2 — Muestras del GC y muestras del GE1

Edad de ensayo	Grupo de control (GC)			Grupo experimental (GE1)		
	Concreto patrón (agregado grueso natural)			50 % de agregado grueso reciclado		
7 días						
						
14 días						
						
28 días						
						

En la tabla 2, se presenta la cantidad de las probetas de concreto que se realizaron con el diseño de mezcla ACI -211.1 con el cemento portland tipo I, se realizó 18 muestras cilíndricas con agregado grueso natural y 18 muestras cilíndricas con 50% de agregado grueso reciclado.

Tabla 3 — Muestras del GC y muestras del GE2

Edad de ensayo	Grupo de control (GC)			Grupo experimental (GE2)		
	Concreto patrón (agregado grueso natural)			75 % de agregado grueso reciclado		
7 días						
						
14 días						
						
28 días						
						

En la tabla 3, se presenta la cantidad de las probetas de concreto que se realizaron con el diseño de mezcla ACI -211.1 con el cemento portland tipo I, se realizó 18 muestras cilíndricas con agregado grueso natural y 18 muestras cilíndricas con 75% de agregado grueso reciclado.



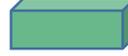
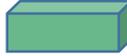
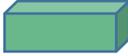
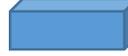
Tabla 4 — Muestras del GC y muestras del GE3

Edad de ensayo	Grupo de control (GC)			Grupo experimental (GE3)		
	Concreto patrón (agregado grueso natural)			100 % de agregado grueso reciclado		
7 días						
						
14 días						
						
28 días						
						

En la tabla 4, se presenta la cantidad de las probetas de concreto que se realizaron con el diseño de mezcla ACI -211.1 con cemento portland tipo I, se realizó 18 muestras cilíndricas con agregado grueso natural y 18 muestras cilíndricas con 100 % de agregado grueso reciclado.



Tabla 5 — Muestras del GC y muestras del GE1

Edad de ensayo	Grupo de control (GC)			Grupo experimental (GE1)		
	Concreto patrón (agregado grueso natural)			50 % de agregado grueso reciclado		
28 días						
						

En la tabla 5, se muestra la cantidad de muestras prismáticas (viguetas) que se realizaron con el diseño de mezcla ACI – 211.1 con cemento portland tipo I, se realizó 5 muestras prismáticas (viguetas) con agregado grueso natural y 5 muestras prismáticas (viguetas) con 50 % de agregado grueso reciclado.

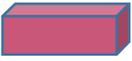
Tabla 6 — Muestras del GC y muestras del GE2

Edad de ensayo	Grupo de control (GC)			Grupo experimental (GE2)		
	Concreto patrón (agregado grueso natural)			75 % de agregado grueso reciclado		
28 días						
						

En la tabla 6, se muestra la cantidad de muestras prismáticas (viguetas) que se realizaron con el diseño de mezcla ACI – 211.1 con cemento portland tipo I, se realizó 5 muestras prismáticas (viguetas) con agregado grueso natural y 5 muestras prismáticas (viguetas) con 75 % de agregado grueso reciclado.



Tabla 7 — Muestras del GC y muestra del GE3

Edad de ensayo	Grupo de control (GC)			Grupo experimental (GE3)		
	Concreto patrón (agregado grueso natural)			100 % de agregado grueso reciclado		
28 días						
						

En la tabla 7, se muestra la cantidad de muestras prismáticas (viguetas) que se realizaron con el diseño de mezcla ACI – 211.1 con cemento portland tipo I, se realizó 5 muestras prismáticas (viguetas) con agregado grueso natural y 5 muestras prismáticas (viguetas) con 100 % de agregado grueso reciclado.

d) Muestreo

Clasificamos las muestras en dos categorías principales: las muestras probabilísticas y las muestras no probabilísticas. En las muestras probabilísticas, se selecciona un subgrupo de la población donde cada elemento tiene la misma probabilidad de ser elegido. En contraste, las muestras no probabilísticas, también conocidas como dirigidas, se eligen en función de características específicas de la investigación, sin que la selección de los elementos dependa de una probabilidad definida (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En este trabajo de investigación se empleó el muestreo no probabilístico, debido a que se trabajó con el 100% de la población, es decir 72 unidades de testigos cilíndricos y 24 viguetas.

4.5 Procedimiento

A continuación, se describe el proceso para realizar la experimentación:



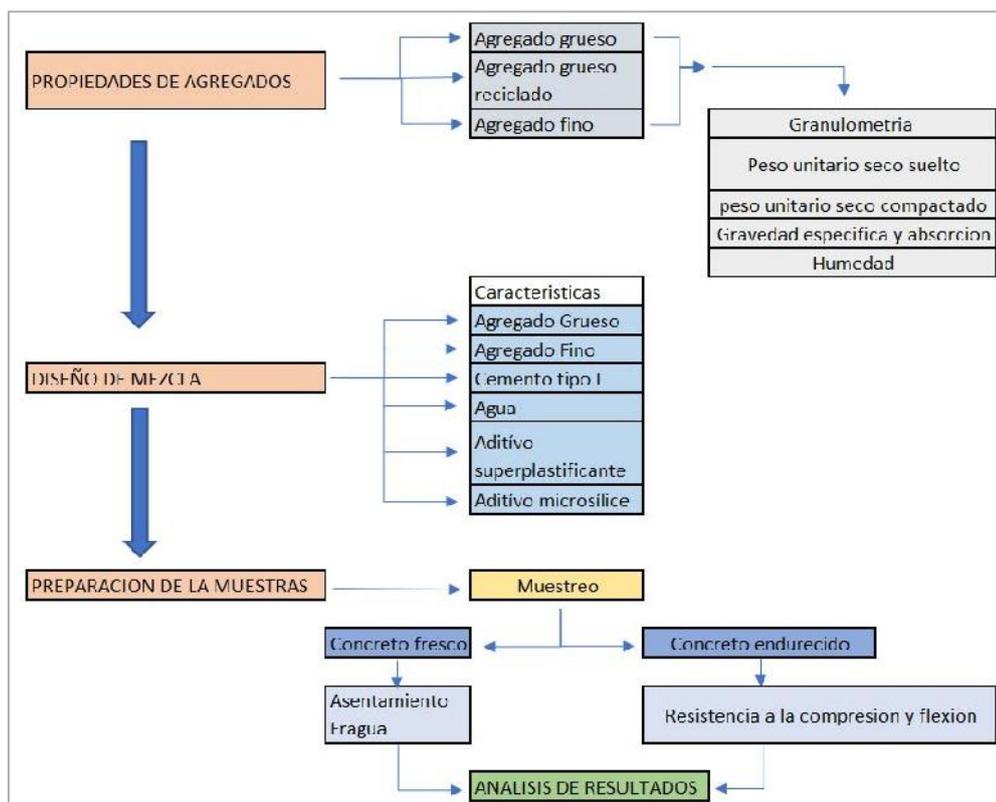


Figura 21 — Procedimiento de ejecución del proyecto

Se detalla los procedimientos que se pretende seguir:

a) **Obtención de materiales reciclados y naturales para ensayos de laboratorio.**

Se ubico un proyecto de pistas y veredas en la ciudad de Abancay y estén empezando a demoler los paños de concreto existentes.



Figura 22 — Vía existente antes de ser demolida

b) Demolición del material reciclado

Una vez demolido y seleccionado los tamaños óptimos necesarios para su trituración se procedió a cargar los escombros de concreto al camión.



Figura 23 — Vía existente demolida

c) Traslado del material reciclado

Posteriormente se trasladó a una planta procesadora de agregados (cantera Ballón, ubicado en Pachachaca, para su respectiva trituración y obtención de agregado reciclado.



Figura 24 — Escombros de concreto

d) Triturado y almacenaje del material reciclado

Una vez triturado los escombros de concreto y obtenido el agregado reciclado requerido, se procedió a recogerlo en sacos para su traslado al laboratorio y su posterior almacenamiento y uso.



Figura 25 — Material reciclado

e) Obtención de agregado grueso y fino

Para obtener el agregado natural grueso y fino se procedió a cargar los agregados de la misma cantera donde se trituro los escombros de concreto (aprox. 1.5m³ de cada uno, agregado fino y grueso).



Figura 26 — Adquisición de materiales

f) Adquisición de aditivo superplastificante y microsílíce

Se hizo una de adquisición de los aditivos superplastificantes y microsílíce para su respectiva utilización en los ensayos de prueba y error y obtener la dosificación adecuada.



Figura 27 — Adquisición de aditivos

g) Ensayos para el diseño de mezcla

Una vez obtenido todos los materiales necesarios para el proyecto se procedió a realizar los ensayos respectivos para elaborar el diseño de mezcla, dichos ensayos fueron elaborados según los procedimientos que establece la Norma Técnica Peruana y el Manual De Ensayo De Materiales Del Ministerio Transportes Y Comunicaciones.



Figura 28 — Ensayo Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



Figura 29 — Ensayo de peso unitario y vacíos de los agregados gruesos y finos



Figura 30 — Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos

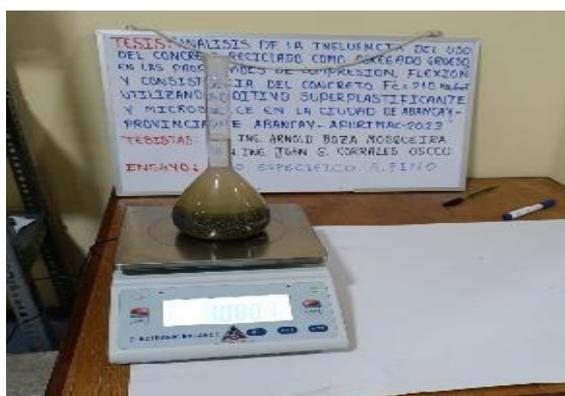


Figura 31 — Ensayo de gravedad específica y absorción de agregados finos

h) Prueba de resistencia a la abrasión

Para obtener la calidad de los materiales: agregado grueso natural y agregado grueso reciclado, se procedió a realizar una prueba de Abrasión de los Ángeles (MTC E 207).

Tabla 8 — Prueba de resistencia a la abrasión

Resistencia a la abrasión y al desgaste		
Tamiz	Gradación (B)	
	B. natural	B. reciclado
1 ½”		
1”		
¾”		
½”	2500 g	2500 g
3/8”	2500 g	2500 g
¼”		
Nº 4		
Peso total	5000 g	5000 g
Pérdida después del ensayo	1007 g	1161 g
Peso obtenido	3993 g	3839 g
Nº de esferas	11	11
Peso de las esferas	5002 g	5002 g
Porcentaje obtenido	20.14%	23.22%



Figura 32 — Ensayo de máquina de Los Ángeles

i) Elaboración de diseño de mezcla Método ACI Comité 211.

Este método desarrollado por el American Concrete Instituto (ACI) nos proporciona un procedimiento para obtener la dosificación necesaria de los materiales para realizar la mezcla de concreto según la resistencia requerida. Este procedimiento establecido por el Método ACI 211 es en buena parte empírico, y se basa en tablas elaboradas en su investigación experimental-empírica. En el documento ACI 211.1-91 nos indica el siguiente procedimiento.

Para el diseño de mezcla se necesitan las siguientes propiedades de los agregados:

Tabla 9 — Propiedades del agregado fino

Propiedades de agregado fino		
Gravedad Específica:	2.750	gr/cm ³
Módulo de Finura (min. 2.40 - max.3.00):	3.00	
Peso Unitario Compacto Seco:	1774.56	kg/m ³
Porcentaje de Absorción:	4.9	%
Contenido de Humedad:	3.65	%

Tabla 10 — Propiedades del agregado grueso

Propiedades de agregado grueso		
Tamaño Máximo:	3/4"	
Peso Específico Seco:	2.71	gr/cm ³
Peso Unitario Compactado Seco:	1744.90	kg/m ³
Porcentaje de Absorción:	1.22	%
Porcentaje de Humedad:	1.36	%



Tabla 11 — Propiedades del cemento

Propiedades de cemento: Yura Tipo I		
Gravedad Específica:	3.15	gr/cm ³

j) Determinación de F'c y F'cr

La fuerza de compresión requerida (F'cr) depende de la fuerza de compresión promedio (F'c).

F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)
Menores a 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
Mayores a 350	F'c + 98

FUENTE: Sencico. Norma E.060 Concreto Armado. Diseño de mezcla. 2020

Figura 33 – Determinación de la Fuerza de Compresión

k) Selección del slump (revenimiento del concreto en estado fresco)

Para el revenimiento a elegir se usó la siguiente tabla.

Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción

Tipo de Estructura	Asentamiento máximo (pulgadas)	Asentamiento mínimo (pulgadas)
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3	1
Cimentaciones simples y calzaduras.	3	1
Vigas y muros armados.	4	1
Columnas.	4	2
Losas y pavimentos.	3	1
Concreto ciclópeo	2	1

FUENTE: Sencico. Norma E.060 Concreto Armado. Diseño de mezcla. 2020

Figura 34 – Selección de Slump



l) Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

Este dato se obtiene del ensayo de granulometría del agregado grueso, en nuestro caso es de 3/4”.

m) Cantidad de agua y contenido de aire.

Para determinar la cantidad de agua de la mezcla se debe identificar el revenimiento o asentamiento y el tamaño máximo nominal (TMN), también mencionar si la mezcla será con aire incorporado o no.

Estimación aproximada de contenido de agua para diferentes asentamientos y TMN

Asentamiento (pulgadas)	Agua en litros/m ³ , para TMN agregados y consistencia indicada							
	3/8”	1/2”	3/4”	1”	1 ½”	2”	3”	6”
Concreto sin aire incorporado								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	187	184	174	166	154	---

FUENTE: Sencico. Norma E.060 Concreto Armado. Diseño de mezcla. 2020

Figura 35 – Determinación de cantidad de agua

Entonces se tiene que la cantidad de agua para el diseño de mezcla será 205 litros=0.205m³.

Estimación aproximada de contenido de aire atrapado según el TMN



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

FUENTE: Sencico. Norma E.060 Concreto Armado. Diseño de mezcla. 2020

Figura 36 – Determinación de cantidad de aire

También se estima que se tiene 2% de la mezcla es aire atrampado ($2\% \times 1\text{m}^3 = 0.02\text{m}^3$)

n) Relación agua-cemento(A/C)

Relación de agua/cemento según F'_{cr}

Relación Agua/Cemento por Peso		
Resistencia a la compresion a los 28 días Kg/cm ²	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

FUENTE: Sencico. Norma E.060 Concreto Armado. Diseño de mezcla. 2020

Figura 37 – Determinación de la cantidad de cemento

Ecuación 4 — Relación agua y cemento

$$\frac{r}{a} = c_1 + \left(\frac{F'_{cr} - F_1}{F_2 - F_1} \right) \times (c_2 - c_1)$$

Donde:

) $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$



$$) F1 = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$) F2 = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$) c1 = 0.57$$

$$) c2 = 0.48$$

Reemplazando los datos en la fórmula:

$$\frac{r}{a} = 0.57 + \left(\frac{294 - 280}{350 - 280} \right) \times (0.48 - 0.57)$$
$$\frac{r}{a} = 0.552$$

o) Cantidad de cemento

Para calcular la cantidad de cemento por metro cubico se usará la siguiente ecuación.

Se tiene que para el diseño de mezcla para 1m³ la cantidad de agua es 205 litros = 0.205m³

Ecuación 5 — Cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de cemento (gr/cm}^3\text{)} = \frac{A}{\text{Róiz}} \frac{(g / m^3)}{a - c\epsilon}$$

Reemplazando los datos en la fórmula:

$$) \text{ Cantidad de cemento (gr/cm}^3\text{)} = \frac{0.2}{0.5}$$

$$) \text{ Cantidad de cemento (gr/cm}^3\text{)} = 0.3714 \text{ gr/cm}^3$$

$$) \text{ Cantidad de cemento (gr/cm}^3\text{)} = 371.4 \text{ kg/m}^3$$

Se tiene que el peso específico del cemento yura tipo1 es: 3.150 gr/cm³ = 3150 kg/m³

Ecuación 6 — Volumen de cemento

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{p}{p} \frac{d}{e\text{í}\tau} \frac{c\epsilon}{d \ c\epsilon}$$

Reemplazando los datos en la fórmula:

$$) \text{ Volumen de cemento (m}^3\text{)} = 0.3714/3.150$$

$$) \text{ Volumen de cemento (m}^3\text{)} = 0.1179\text{m}^3$$

p) Cantidad de agregado grueso

Se calculó el volumen de agregado grueso seco compactado (V.A.G.S.C.), con la siguiente tabla que relaciona el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso y el módulo de fineza (M.F.) del agregado fino, consecuentemente se calculara con los datos obtenidos el peso del agregado grueso con la siguiente ecuación.

Volumen de agregado grueso compactado en seco en función del módulo de fineza.

TMN	Volumen del agregado grueso seco y compactado en función del módulo de fineza			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

FUENTE: Sencico. Norma E.060 Concreto Armado. Diseño de mezcla. 2020

Figura 38 – Determinación de volumen de agregado grueso

Ecuación 7 — Peso de agregado grueso

$$\text{Peso de agregado grueso (kg/m}^3\text{)} = (\text{P.U.S.C.}) \times (\text{V.A.G.S.C.})$$

Donde:

$$) \text{ Peso unitario seco compactado (P.U.S.C.): } 1744.9 \text{ kg/m}^3$$

$$) \text{ V.A.G.S.C.: } 0.60$$

Reemplazamos datos:



- J) Peso de agregado grueso (kg/m^3) = 1744.9×0.6
- J) Peso de agregado grueso (kg/m^3) = 1046.94 kg/m^3

Ecuación 8 — Volumen de agregado grueso

$$\text{Volumen de agregado grueso (m}^3\text{)} = (\text{peso de agregado grueso}) / (\text{P.E.S.})$$

Donde:

- J) Peso específico (P.E.S.): $2.71 \text{ gr/cm}^3 = 2710 \text{ kg/m}^3$

Reemplazamos datos:

- J) Volumen de agregado grueso (m^3) = $1046.94 / 2710$
- J) Volumen de agregado grueso (m^3) = 0.3863 m^3

q) Cantidad de agregado finos

El volumen del agregado fino (V.A.F) se calculó con el método del volumen absoluto.

Ecuación 9 — Volumen del agregado fino

$$\text{V.A.F. (m}^3\text{)} = 1 - (\text{V.A.G.} + \text{V. agua} + \text{V. aire} + \text{V. cemento})$$

Reemplazamos datos:

- J) V.A.F. = $1 - 0.3863 - 0.205 - 0.02 - 0.1179$
- J) V.A.F. = 0.2708 m^3

También podemos calcular el peso del agregado fino si se sabe la gravedad específica (2750 kg/m^3), por lo que:

Ecuación 10 — Peso del agregado fino

$$\text{Peso del agregado fino} = (\text{gravedad específica del agregado fino}) \times (\text{V.A.F.})$$

Reemplazamos datos:



-)} Peso del agregado fino = 2750×0.2708
-)} Peso del agregado fino = 744.7000 kg

r) Ajustes por humedad de los agregados

Cálculo del peso del agregado húmedo, sabiendo que la humedad del agregado grueso es 1.36% y del agregado fino es 3.65%.

Ecuación 11 — Peso húmedo del agregado

$$\text{Peso húmedo del agregado (kg)} = \text{Peso del agregado} (1 + \% \text{Humedad})$$

Reemplazamos datos para el peso húmedo del agregado grueso:

-)} Peso húmedo del agregado grueso = $1046.94 \times (1 + 1.36\%)$
-)} Peso húmedo del agregado grueso = 1061.1783 kg

Reemplazamos datos para el peso húmedo del agregado fino:

-)} Peso húmedo del agregado fino = $744.7000 \times (1 + 3.65\%)$
-)} Peso húmedo del agregado fino = 771.88155 kg

s) Ajustes por absorción y cálculo de agua efectiva

Debido a que los agregados tienen humedad natural del ambiente se hace una corrección del agua y se calcula con la siguiente ecuación.

Ecuación 12 — Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua diseño} - P.A.G. \times (H - \text{Abs.}) - P.A.F. \times (H - \text{Abs.})$$

Se tiene que la absorción del agregado grueso es 1.22% y la absorción del agregado fino es 4.9%.

Reemplazamos datos:

-)} Agua efectiva = $205 - 1046.94 \times (1.36\% - 1.22\%) - 744.7 \times (3.65\% - 4.9\%)$



-) Agua efectiva = $205 - 1.4657 + 9.3088$
-) Agua efectiva = $205 + 7.843$
-) Agua efectiva = 212.843kg

t) Dosificación de diseño de mezcla

Una vez realizado el procedimiento anterior se obtuvo la siguiente cantidad de los materiales en peso.

Tabla 12 — Dosificación de cantidades de materiales por 1m³

Elemento	Por peso	Por volumen	Proporción
Agua	212.84 kg	0.213 m ³	1.8
Cemento	371.40 kg	0.118 m ³	1.0
Agregado grueso	1061.18 kg	0.392 m ³	3.3
Agregado fino	771.88 kg	0.281 m ³	2.4
Totales	2417.30 kg	1.003 m ³	

u) Elaboración de testigos cilíndricos de concreto y viguetas de concreto patrón.

-) Primero se pesó todos los materiales según a la cantidad de volumen que necesitamos para 18 briquetas y 6 viguetas.



Figura 39 — Dosificación de materiales

-) Luego se procedió a mezclar en la mezcladora de tipo trompo por 10 minutos.



Figura 40 — Mezcla de materiales

-) Y obtenido la mezcla de concreto se procedió a elaborar la prueba de asentamiento (SLUMP) según la MTC 705.



Figura 41 — Prueba de slump

-) Posteriormente se elaboró los testigos cilíndricos de concreto según la MTC 702.



Figura 42— Elaboración de testigos cilíndricos

-) Como también las viguetas de concreto según la MTC 702.



Figura 43 — Elaboración de viguetas de concreto

- J) Posteriormente se procedió desencofrar y curar las muestras de concreto a periodos según lo planificado (7,14,28 días) según la MTC 702.



Figura 44 — Desencofrado y curado

- v) **Elaboración de testigos cilíndricos y viguetas de concreto al 50%, 75%, 100% de reemplazo de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado e incorporación de aditivo superplastificante y microsilice.**

Previamente a la elección de la dosificación adecuada de los aditivos superplastificante y microsilice se hicieron varias pruebas de ensayo-error, se tomó como referencia la resistencia a compresión del concreto patrón a los 7 días de curado, pues se pretende que la resistencia del concreto con agregado reciclado sea similar al del concreto patrón a los 7 días de curado. donde para obtener las cantidades de los aditivos se tomó porcentajes del peso del cemento del diseño de mezcla y también tomando en cuenta las especificaciones técnicas de los aditivos específicamente. En un principio se tomó la cantidad de 2% de superplastificante y microsilice independientemente, donde se vio la reacción de los aditivos y decidimos aumentar la cantidad de aditivo microsilice y

disminuir la cantidad de superplastificante y así sucesivamente hasta encontrar la dosificación adecuada.

Habiendo encontrado las cantidades adecuadas de los aditivos se procedió elaborar la mezcla de concreto.

Para la elaboración de las mezclas de concreto con agregado grueso reciclado en reemplazo del agregado grueso natural ya sea al 50%, 75% o 100%. El procedimiento es similar variando solo en los porcentajes de reemplazo del agregado grueso natural.

- J) Primero se pesó todos los materiales incluyendo los aditivos según a la cantidad de volumen que necesitamos para 6 briquetas y 6 viguetas, teniendo en cuenta la cantidad de porcentaje de reemplazo de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado (50%, 75%, 100%).
- J) Luego se procedió a mezclar en la mezcladora de tipo trompo por 10 minutos. Donde el aditivo superplastificante se diluyo en el agua de la mezcla y aditivo microsilice, se incorporó a la cantidad de cemento del diseño de mezcla.
- J) Y obtenido la mezcla de concreto se procedió a elaborar la prueba de asentamiento (SLUMP) según la MTC 705.
- J) Posteriormente se elaboró los testigos cilíndricos de concreto según la MTC 702.
- J) Como también las viguetas de concreto según la MTC 702.
- J) Posteriormente se procedió a curar las muestras de concreto a periodos según lo planificado (7,14,28 días) según la MTC 702.

w) Elaboración de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos

La elaboración de la rotura de las briquetas se elaboró siguiendo los procedimientos según la MTC 704, según los tiempos de curado (7,14 y 28 días) que se plantearon ya sea para el concreto patrón o el concreto con agregados reciclados (50%,75,100%).



Figura 45 — Rotura de testigos cilíndricos

x) **Elaboración de ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a tercios del tramo**

La elaboración de la rotura de las viguetas se elaboró siguiendo los procedimientos según la MTC 709, según los tiempos de curado (7,14 y 28 días) que se plantearon ya sea para el concreto patrón o el concreto con agregados reciclados (50%,75,100%).



Figura 46 — Rotura de viguetas de concreto

y) **Procedimiento para el análisis de los datos obtenidos**

Para elaborar el análisis de los datos se usó el software Excel, donde se ordenó de forma sistemática la información obtenida, como: resistencias de compresión y flexión, asentamientos, dimensiones de las muestras y costos.

z) **Finalmente se contrasto los resultados obtenidos con la hipótesis y se concluyó, terminado con las recomendaciones.**

Para contrastar los resultados obtenidos se utilizó la técnica de análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor y dos factores y finalmente concluyendo y recomendando.

4.6 Técnicas e instrumentos

Para cumplir con el objetivo de la investigación se llevó a cabo los siguientes ensayos:

-) Análisis granulométrico (tamizado).
-) Ensayo de densidad real y aparente.
-) Ensayo de absorción de agua.
-) Ensayo de abrasión de los ángeles.
-) Diseño de mezclas de concreto.



Conforme a sus respectivas normas, se realizaron los siguientes ensayos:

-) ASTM C39/C39M - Método de ensayo estándar para resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
-) ASTM C78/C78M - Método de ensayo estándar para resistencia a la flexión de vigas de concreto.
-) ASTM C143/C143M - Método de ensayo estándar para consistencia del concreto (cono de Abrams).

Los instrumentos utilizados fueron:

-) Tamiz
-) Picnómetro
-) Horno
-) Aparato de “Los Ángeles”
-) Hoja de cálculo
-) Máquina de ensayos universal
-) Ficha de recolección de datos
-) Documentación técnica.

4.7 Análisis Estadístico

Una vez obtenido los datos se inicia con los análisis estadísticos mencionados a continuación

Media estadística

«Es la medida de tendencia central que se calcula al sumar los valores y dividir el total entre el número de los valores» (Triola, 2009, p.77)

Ecuación 13 — Media estadística

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Donde:

-) \bar{x} : M
-) n : Tc ñ o d l e m

Varianza muestral

«Describe las cantidades de valores que varían entre sí que es igual al cuadrado de la desviación estándar» (Triola, 2009, p.97)



Ecuación 14 — Varianza muestral

$$S^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

-) S^2 : Típo ño d l m
-) \bar{x} : M
-) n : Típo ño d l m

Desviación estándar

«Es la medida de variación de los valores con respecto a la media, es un tipo de desviación promedio de los valores con respecto a la media» (Triola, 2009, p.94)

Ecuación 15 — Desviación estándar muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

-) S : Típo ño d l m
-) \bar{x} : M
-) $n - 1$: G d li

Grados de libertad

«Es el número de valores muestrales que puede variaras después de haber impuesto ciertas restricciones a todos los valores de los datos» (Triola, 2009, p.35)

Ecuación 16 — Grados de libertad

$$g = n - 1$$

-) n : Típo ño d l m



) Distribución t-Student

«Una variable aleatoria continua X tiene una distribución de probabilidad t-Student, también se puede nombrar como t de Student, si su distribución se asemeja a la de un modelo normal. De hecho, la distribución t-Student, al igual que la distribución normal, es simétrica y tiene forma de campana. La diferencia entre la distribución normal y la t-Student reside en que esta última a menos grados de libertad tiene colas más pesadas que la normal. Es decir, las probabilidades en las colas son más pesadas que la normal, por consiguiente, a menos grados de libertad la distribución t-Student es más chata que la normal» (Gutiérrez y Vladimirovna, 2009, p.69)

) Anova

Herramienta estadística ampliamente utilizada para comparar medias de grupos. Se utiliza para comparar las medias de tres o más grupos independientes, con el objetivo de determinar si existe alguna diferencia significativa entre las medias de los grupos y, si es así, qué grupos son diferentes entre sí (Fisher, 1925).

) Tipo de error

«Llamamos error tipo I cuando se rechaza la hipótesis nula, aunque en realidad es verdadera y error tipo II cuando no se rechaza la hipótesis nula, aunque en realidad es falsa» (Gutiérrez y Vladimirovna, 2009, p.174).

) Nivel de Significancia

«Es la probabilidad de que el estadístico de prueba caiga en la región crítica, cuando la hipótesis nula es verdadera. Si el estadístico de prueba cae en la región crítica, rechazamos la hipótesis nula, de manera que “ α ” es la probabilidad de cometer el error de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera» (Triola, 2009, p.392).



CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de resultados

Análisis de resultados del objetivo general y objetivos específicos

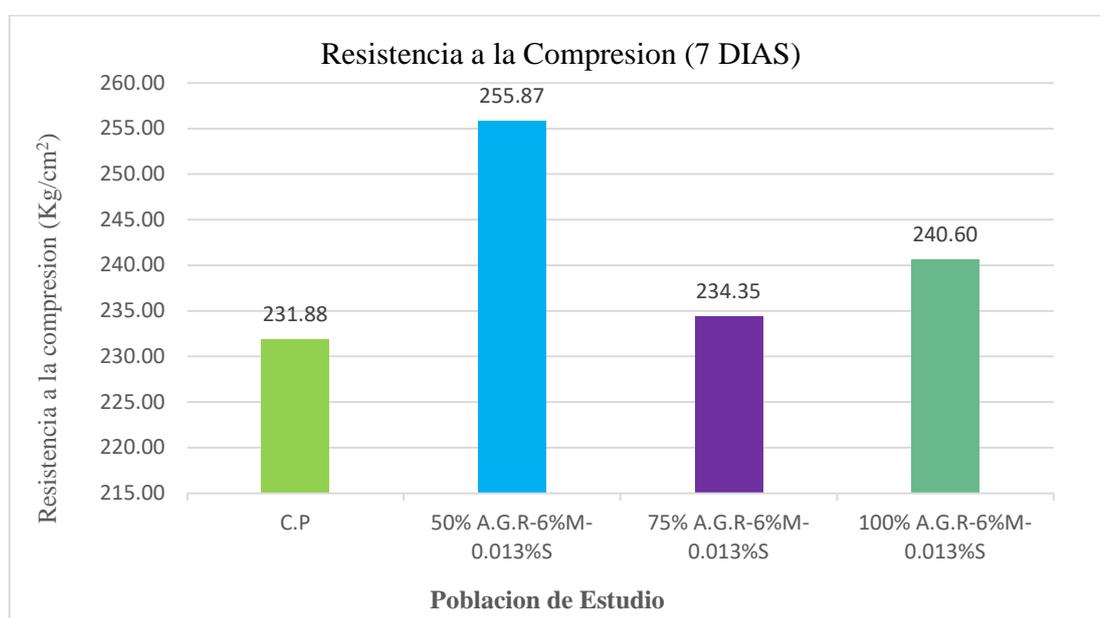


Figura 47— Resistencia a la compresión a los 7 días

Donde:

-) C.P: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) 50% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 75% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 100% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.

En el gráfico anterior, se presenta la Resistencia a la compresión a la edad de 7 días del concreto elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, al sustituir el 50



% de A.G.R por agregado natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de superplastificante se obtiene la mayor resistencia que las demás sustituciones.

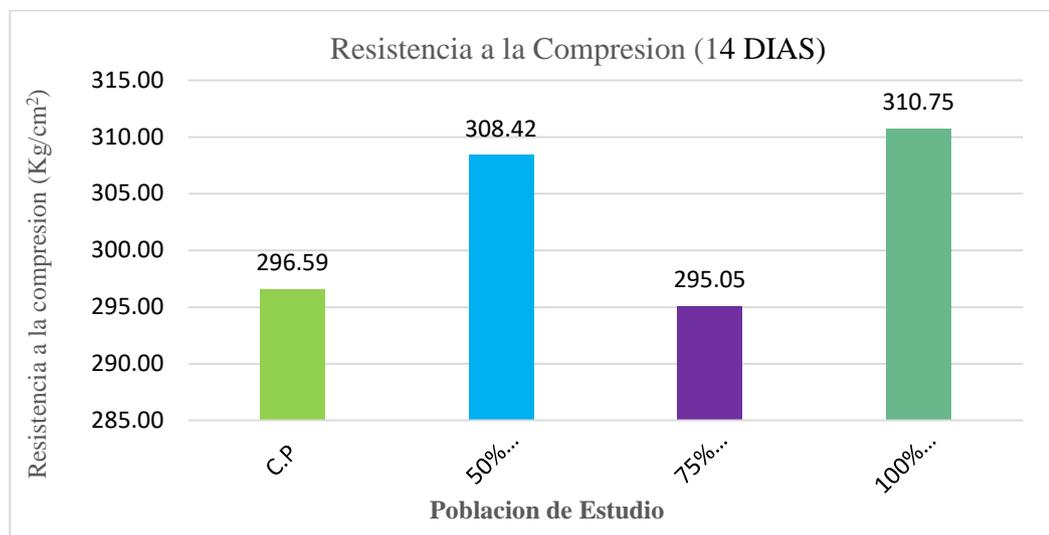


Figura 48— Resistencia a la compresión a los 14 días

Donde:

-) C.P: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) 50%: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 75%: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 100%: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.

En el gráfico anterior, se presenta la Resistencia a la compresión a la edad de 14 días del concreto elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, al sustituir el 100 % de A.G.R por agregado natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de superplastificante se obtiene la mayor resistencia que las demás sustituciones.



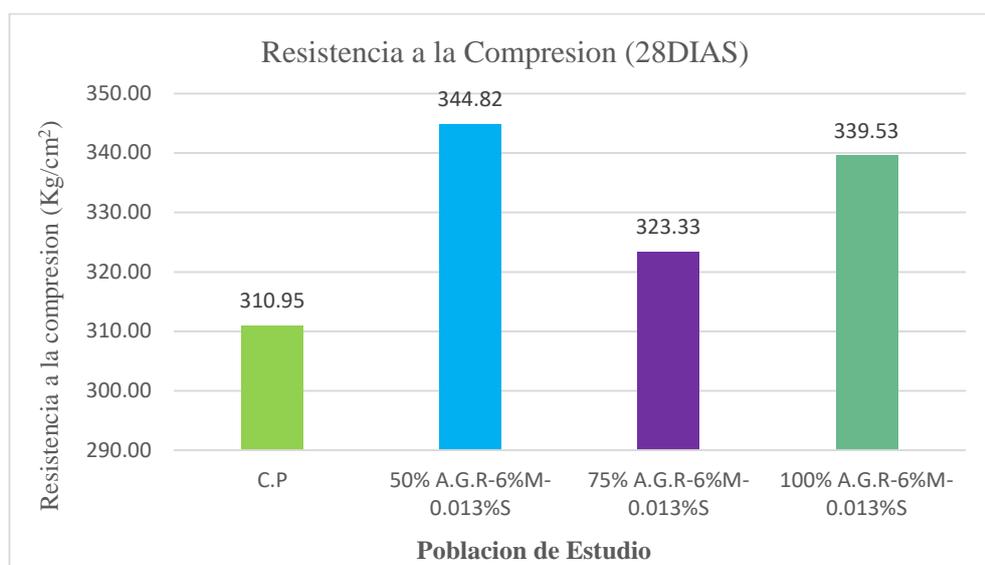


Figura 49 — Resistencia a la compresión a los 28 días

Donde:

-) C.P: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) 50% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 75% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 100% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.

En gráfico anterior, se presenta la Resistencia a la compresión a la edad de 28 días del concreto elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se puede observar que al usar el concreto reciclado como agregado grueso en porcentajes de 50%,75%,100% con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante se obtiene mayores resistencias a flexión que el concreto elaborado con agregado natural.



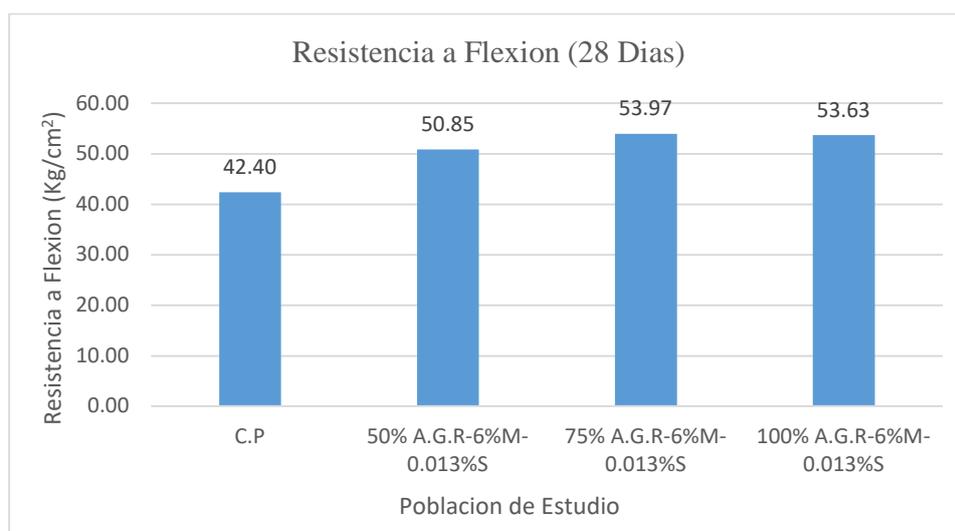


Figura 50 — Resistencia a la flexión a los 28 días

Donde:

-) C.P: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) 50% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 75% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 100% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.

En el gráfico anterior, se presenta la Resistencia a la flexión a la edad de 28 días del concreto elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se puede observar que al usar el concreto reciclado como agregado grueso en porcentajes de 50%, 75%, 100% con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante se obtiene las mayores resistencias que al utilizar agregado natural.



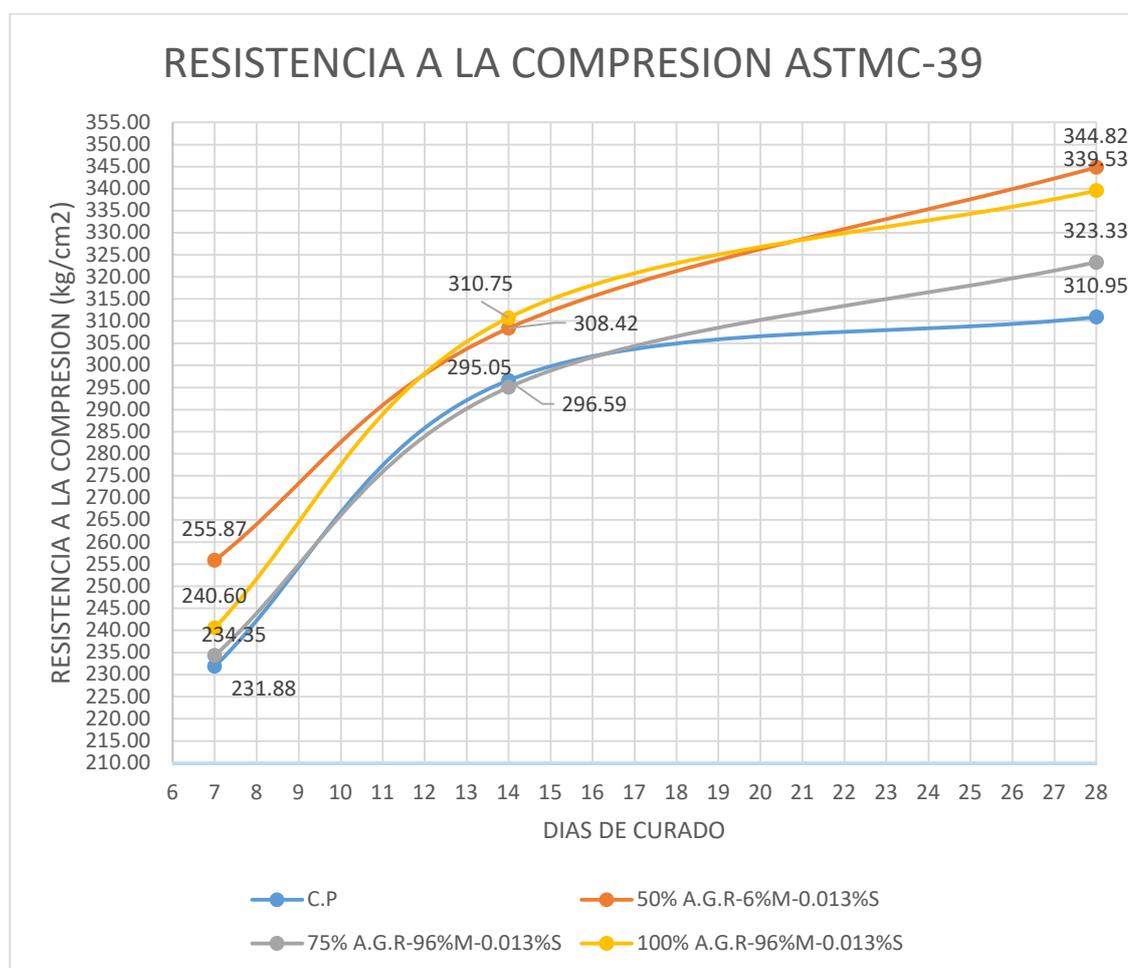


Figura 51 — Curva de resistencia a la compresión a diferentes días

Donde:

-) C.P: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) 50% A.G.R.-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 75% A.G.R.-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 100% A.G.R.-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.

En el gráfico anterior, se presenta Curva de resistencia a compresión, se puede observar que las resistencias a la compresión con agregado natural son menores que al utilizar agregado grueso reciclado utilizando 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.



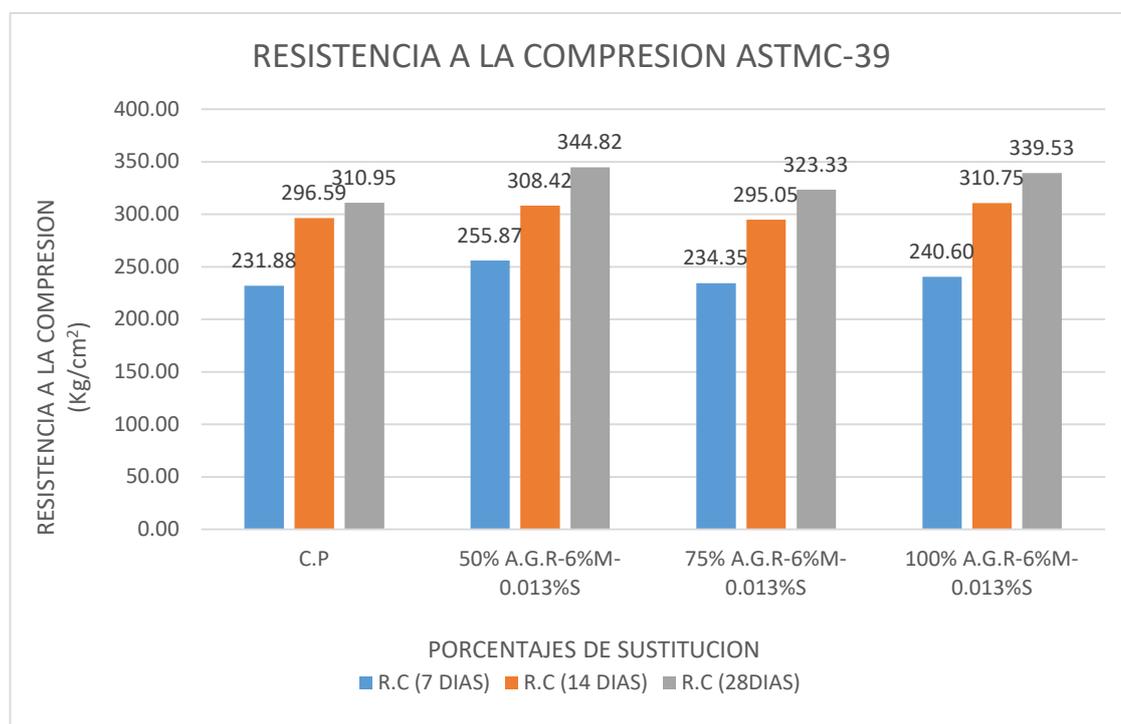


Figura 52 — Diagrama de barras de resistencia a la compresión

Donde:

-) C.P: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) 50% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 75% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-) 100% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.

Tabla 13 — Resistencia a la compresión del GC a los 7,14,28 días

Nombre del elemento	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Días de curado de concreto	Media de la resistencia a compresión	Desviación estándar
C.P - 01	238.7	7	231.88	3.34
C.P - 02	227.9			
C.P - 03	232.4			



C.P - 04	230.2			
C.P - 05	231.3			
C.P - 06	230.75			
C.P - 01	292.35	14	296.59	4.27
C.P - 02	301.1			
C.P - 03	302.9			
C.P - 04	294.8			
C.P - 05	297.1			
C.P - 06	291.3			
C.P - 01	305.6	28	310.95	5.95
C.P - 02	320.8			
C.P - 03	311.1			
C.P - 04	303.1			
C.P - 05	315.7			
C.P - 06	309.4			

Donde:

-) C.P – 01, CP - 02, ..., CP - 06: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado 01, Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado 02, ..., Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado 06.

En la tabla anterior, se muestra la resistencia a compresión del grupo de control a los 7,14,28 días donde la media a los 7 días es 231 kg/cm² que representa 110 % de la resistencia planteada 210 kg/cm², a los 14 días es 296.59 kg/cm² que representa 141.23 % de la resistencia planteada 210 kg/cm² y a los 28 días es 310.95 kg/cm² que representa 148.07 % de la resistencia planteada 210 kg/cm²; la desviación estándar que presenta el grupo de control es 3.34 a los 7 días, 4.27 a los 14 días, 5.95 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 14 — Resistencia a flexión del GC a los 28 días

Nombre del elemento	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Días de curado	Promedio de la resistencia a flexión (kg/cm ²)	Desviación estándar
C.P - 01	42.60	28	42.40	1.58
C.P - 02	39.20	28		
C.P - 03	42.30	28		
C.P - 04	44.30	28		
C.P - 05	43.50	28		
C.P - 06	42.50	28		

Donde:

- J) C.P – 01, CP - 02, ..., CP - 06: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado 01, Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado 02, ..., Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado 06.

En la tabla anterior, se muestra la resistencia a flexión del grupo de control a los 28 días donde la media a los 28 días es 42.40 kg/cm² que representa 100.95% de la resistencia a flexión planteada 42 kg/cm² la desviación estándar que presenta el grupo de control es 1.58 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 15 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 7,14,28 días

Nombre del elemento	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Días de curado de concreto	Promedio de la resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Desviación estándar
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	243.1	7	255.87	6.37
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	261.4			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	262.1			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	258.1			



(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	256.9			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	253.6			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	319.4	14	308.42	11.35
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	319.2			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	291.5			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	300.1			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	319.5			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	300.8			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	334.9	28	344.82	12.61
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	332.8			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	335.1			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	368.8			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	351.1			
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	346.2			

Donde:

J) 50% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento del 01 al 06.

En la tabla anterior, se muestra la resistencia a compresión del grupo experimental 1 a los 7,14,28 días donde la media a los 7 días es 255.87 Kg/cm² que representa 121.84 % de la resistencia planteada 210 kg/cm², a los 14 días es 296.59 kg/cm² que representa 146.87 % de la resistencia planteada 210 kg/cm² y a los 28 días es 310.95 kg/cm² que representa 164.20 % de la resistencia planteada 210 kg/cm²; la desviación estándar que presenta el grupo experimental es 6.37 a los 7 días, 11.35 a los 14 días, 12.61 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 16 — Resistencia a flexión del GE1 a los 28 días



Nombre del elemento	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Días de curado	Promedio de la resistencia a flexión (kg/cm ²)	Desviación estándar
(50 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	48.60	28	50.85	2.87
(50 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	53.90	28		
(50 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	45.70	28		
(50 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	51.40	28		
(50 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	52.00	28		
(50 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	53.50	29		

Donde:

J) 50% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento del 01 al 06.

En la anterior, se muestra la resistencia a flexión del grupo experimental 1 a los 28 días donde la media a los 28 días es 50.85 kg/cm² que representa 121.07% de la resistencia a flexión planteada 42 kg/cm², la desviación estándar que presenta el grupo de experimental es 2.87 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 17 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 7,14,28 días

Nombre del elemento	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Días de curado de concreto	Promedio de la resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Desviación estándar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	227.4	7	234.35	12.53
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	250.8			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	212.4			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	243.8			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	231			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	240.7			

(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	285	14	295.05	6.48
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	291.6			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	305.9			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	297.2			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	298.2			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	292.4			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	312.7	28	323.33	12.56
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	314			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	344.3			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	332			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	328.1			
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	308.9			

Donde:

- J) 75% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento del 01 al 06.

En la tabla anterior, se muestra la resistencia a compresión del grupo experimental 2 a los 7,14,28 días donde la media a los 7 días es 234.35 kg/cm² que representa 111.60 % de la resistencia planteada 210 Kg/cm², a los 14 días es 295.05 kg/cm² que representa 140.5 % de la resistencia planteada 210 kg/cm² y a los 28 días es 323.33kg/cm² que representa 153.97 % de la resistencia planteada 210 kg/cm²; la desviación estándar que presenta el grupo experimental es 12.53 a los 7 días, 6.48 a los 14 días, 12.56 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 18 — Resistencia a flexión del GE2 a los 28 días

Nombre del elemento	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Días de curado	Promedio de la resistencia a flexión (kg/cm ²)	Desviación estándar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	51.40	28	53.97	2.28
(75 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	54.90	28		
(75 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	51.50	28		
(75 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	58.10	28		
(75 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	54.50	28		
(75 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	53.40	28		

Donde:

J) 75% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento del 01 al 06.

En la tabla 18, se muestra la resistencia a flexión del grupo experimental 2 a los 28 días donde la media a los 28 días es 53.97 kg/cm² que representa 128.5% de la resistencia a flexión planteada 42 kg/cm², la desviación estándar que presenta el grupo de experimental es 2.28 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 19 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 7,14,28 días

Nombre del elemento	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Días de curado de concreto	Promedio de la resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Desviación estándar
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	247	7	240.60	15.18
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	216.5			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	256.3			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	245.7			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	254.6			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	223.5			

(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	293	14	310.75	11.47
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	303.4			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	303.1			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	320.1			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	321.9			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	323			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	319.1	28	339.53	11.71
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	331.9			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	342.2			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	356.5			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	346.6			
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	340.9			

Donde:

) 100% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento del 01 al 06.

En la tabla 19, se muestra la resistencia a compresión del grupo experimental 3 a los 7,14,28 días donde la media a los 7 días es 240.60 kg/cm² que representa 114.57 % de la resistencia planteada 210 kg/cm², a los 14 días es 310.75 kg/cm² que representa 147.98 % de la resistencia planteada 210 kg/cm² y a los 28 días es 339.53 kg/cm² que representa 161.68 % de la resistencia planteada 210 kg/cm²; la desviación estándar que presenta el grupo experimental es 15.18 a los 7 días, 11.47 a los 14 días, 11.71 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 20 — Resistencia a flexión del GE3 a los 28 días

Nombre del elemento	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Días de curado	Promedio de la resistencia a flexión (kg/cm ²)	Desviación estándar
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	52.60	28	53.63	2.06



(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	55.10	28		
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	52.00	28		
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	52.00	28		
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	57.60	28		
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	52.50	28		

Donde:

- J) 100% A.G.R-6%M-0.013%S: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento del 01 al 06.

En la tabla 20, se muestra la resistencia a flexión del grupo experimental 3 a los 28 días donde la media a los 28 días es 53.63 kg/cm² que representa 127.69% de la resistencia a flexión planteada 42 kg/cm², la desviación estándar que presenta el grupo de experimental es 2.06 a los 28 días; se aprecia que la variabilidad de los datos es mínima.

Tabla 21 — Consistencia del concreto con diferentes porcentajes de sustitución

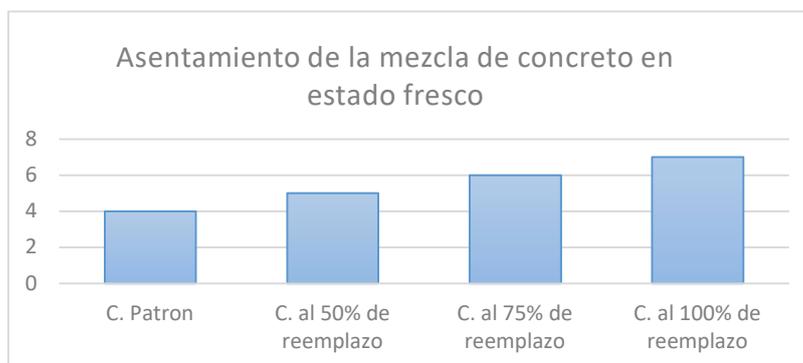
Asentamiento de la mezcla de concreto en estado fresco		
Tipo de mezcla de concreto	Unidad	Asentamiento
C. Patrón	Pulg.	4
C. Al 50% de reemplazo	Pulg.	5
C. Al 75% de reemplazo	Pulg.	6
C. Al 100% de reemplazo	Pulg.	7

Donde:

- J) C. Patrón: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
- J) C. al 50% de reemplazo: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
- J) C. al 75% de reemplazo: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.



-)] C. al 100% de reemplazo: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.



Donde:

Figura 53 — Diagrama de barras de asentamiento

-)] C. Patrón: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-)] C. al 50% de reemplazo: Muestra de concreto con 50% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-)] C. al 75% de reemplazo: Muestra de concreto con 75% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.
-)] C. al 100% de reemplazo: Muestra de concreto con 100% de Agregado grueso reciclado, 6% de Microsilice y 0.013% de superplastificante con respecto al cemento.

Del ensayo de asentamiento de la mezcla de concreto en estado fresco se obtuvieron resultados donde se puede apreciar que mientras a más porcentaje de reemplazo de agregado grueso más es el asentamiento.

Tabla 22 — Análisis de costos del concreto con agregado grueso natural

Concreto f'c=210kg/cm ² (agregado natural)						
m3/día	22.0000	Eq.	20.0000	Costo unitario directo por: m ³		328.46
Descripción recurso		Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio (s/.)	Parcial
Mano de obra						
	Operario	Hh	0.5000	0.1818	21.5000	3.9091
	Oficial	Hh	1.0000	0.3636	18.5000	6.7273
	Peón	Hh	2.0000	0.7273	16.8000	12.2182
Materiales						0.0000
	Gasolina 90	Gal		0.0800	23.5000	1.8800
	Agregado grueso natural 3/4"	M ³		0.3920	70.0000	27.4400



Arena gruesa	M ³		0.2800	60.0000	16.8000
Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bol		8.7800	28.5000	250.2300
Agua	M3		0.2130	1.5000	0.3195
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	22.8545	0.6856
Mezcladora de concreto 11 p ³ (23 hp)	Hm	1.0000	0.3636	10.2000	3.7091
Vibrador de concreto 5.5 hp 1.50"	Hm	1.0000	0.3636	12.5000	4.5455

Tabla 23 — Análisis de costos del concreto con agregado grueso reciclado

Concreto f'c=210kg/cm² (agregado reciclado)						
M ³ /día	22.0000	Eq.	20.0000	Costo unitario directo por: m ³		437.52
Descripción recurso		Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio (s/.)	Parcial
Mano de obra						
	Operario	Hh	0.5000	0.1818	21.5000	3.9091
	Oficial	Hh	1.0000	0.3636	18.5000	6.7273
	Peón	Hh	2.0000	0.7273	16.8000	12.2182
Materiales						
	Gasolina 90	Gal		0.0800	23.5000	1.8800
	Agregado grueso reciclado 3/4"	M3		0.3920	90.0000	35.2800
	Arena gruesa	M3		0.2800	60.0000	16.8000
	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bol		8.7800	28.5000	250.2300
	Agua	M3		0.2130	1.5000	0.3195
	Microlicilice	Bol		1.1179	90.0000	100.6090
	Superplastificante	Gal		0.0110	55.0000	0.6050
Equipos						
	Herramientas manuales	%mo		3.0000	22.8545	0.6856
	Mezcladora de concreto 11 p ³ (23 hp)	Hm	1.0000	0.3636	10.2000	3.7091
	Vibrador de concreto 5.5 hp 1.50"	Hm	1.0000	0.3636	12.5000	4.5455

Tabla 24 — Comparativa de costos de producción de mezcla de concreto por m³

Comparativa de costo de producción de mezcla de concreto por 1m ³		
Mezcla de concreto patrón	328.46	Soles
Mezcla de concreto con agregado reciclado (100%)	437.52	Soles

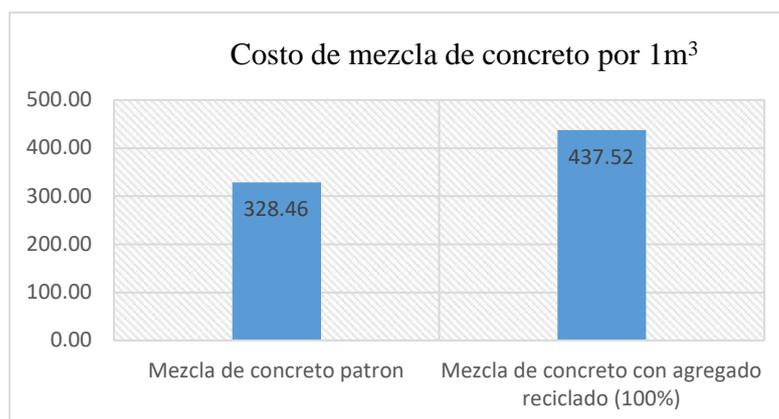


Figura 54 — Diagrama de barras costo de producción de concreto.

Una vez analizado los costos de producción de mezcla de concreto con agregado reciclado y agregado natural respectivamente, resulta que la elaboración del diseño de mezcla elaborado con agregado reciclado junto con los aditivos es más costosa en un 24.9%, pues los aditivos que se usan en la mezcla de concreto con agregado grueso reciclado tienen un costo significativo.

Tabla 25 — Comparación de las propiedades de los agregados

Comparación de las propiedades de los agregados				
Propiedades	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso natural	Agregado grueso reciclado
Tamaño máximo	Pulg.	---	3/4	3/4
Tamaño máximo nominal	Pulg.			
Módulo de fineza	---	3.00	---	---
Peso específico de la masa saturada superficialmente seca	Gr/cc	2.75	2.71	
Peso aparente	Gr/cc	---		
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1774.56	1744.90	
Peso unitario suelto seco	kg/m ³			



Porcentaje de absorción	%	4.9%	1.22%	
Contenido de humedad	%	3.65%	1.36%	
Porcentaje de desgaste	%	---	20.14%	23.22%

En la tabla 25, se puede apreciar las diferencias que hay entre los agregados en especial en el agregado grueso natural y reciclado, donde podemos corroborar que el agregado grueso reciclado es más deficiente en sus propiedades que el agregado grueso natural.

5.2 Contrastación de hipótesis

Para contrastar la hipótesis se utilizó análisis de varianza de uno y dos factores; ANOVA de uno y dos factores porque se pretende determinar si existe diferencias significativas en las variables dependientes entre los factores de grupo poblacional y resistencia a la compresión-flexión y adicionando pruebas post hoc de Tukey.

5.2.1 Contrastación de hipótesis general

La contrastación de hipótesis general consta de dos pasos:

Paso 1: Se utilizará análisis de varianza de dos factores.

Paso 2: Se define las medias de la muestra del grupo de control y del grupo experimental:

) G_{C-28D} :

Media de la resistencia a compresión y flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo de control conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" y 6 viguetas de 6"x6"x21" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I.

) G_{E1-28D} :

Media de la resistencia a compresión y flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1 conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" y 6 viguetas de 6"x6"x21" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 50% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

) G_{E2-28D} :

Media de la resistencia a compresión y flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 2 conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" y 6 viguetas de 6"x6"x21" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 75 % de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

) G_{E3-28D} :

Media de la resistencia a compresión y flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 3 conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" y 6 viguetas de 6"x6"x21" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 100 % de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

Paso 3: Se define la hipótesis.

) $H_0: M_{G_{C-2}} = M_{G_{E-2}} = M_{G_{E-2}} = M_{G_{E-2}}$: Hipótesis nula.

) H_A : Existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión y flexión a la edad de 28 días: Hipótesis alterna.

Paso 4: Se determina la normalidad de las muestras, como se cuenta con menos de 50 muestras utilizamos la prueba de Shapiro-Wilk con la ayuda del software IBM SPSS Statistics.

Determinando la normalidad

) H_0 : La variable tiene una distribución normal

) H_A : La variable no tiene una distribución normal

) $P - \text{valor} < 0.05$ se rechaza la H_0 y aceptamos la H_A

) $P - \text{valor} \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y se rechaza la H_A



Tabla 26 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 28 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	P-valor
Resistencia a la Compresión	G _{C-28D}	0.972	6	0.908
	G _{E1-28D}	0.862	6	0.196
	G _{E2-28D}	0.915	6	0.472
	G _{E3-28D}	0.973	6	0.911
Resistencia a Flexión	G _{C-28D}	0.869	6	0.222
	G _{E1-28D}	0.906	6	0.413
	G _{E2-28D}	0.920	6	0.503
	G _{E3-28D}	0.785	6	0.053

Donde:

-) G_{C-28D}: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E1-28D}: Muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E2-28D}: Muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E3-28D}: Muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado a los 28 días

De la tabla 26, se concluye que P – valor es mayor que 0.05 en cada uno de los grupos experimentales, por lo que aceptamos H₀ y se rechaza la H_A. Donde se afirma que G_{C-28D}, G_{E1-28D}, G_{E2-28D}, G_{E3-28D} tiene una distribución normal.

Paso 5: Se realiza la prueba de análisis de varianza de dos factores utilizando el software IBM SPSS Statistics.

$$H_0: M_{G_{C-2}} = M_{G_{E-2}} = M_{G_{E-2}} = M_{G_{E-2}}$$

H_A: Existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión y flexión a la edad de 28 días.

-) P – valor < 0.05 se rechaza la H₀ Y aceptamos la H_A
-) P – valor ≥ 0.05 aceptamos la H₀ Y se rechaza la H_A



Tabla 27 — ANOVA de dos factores de la RCF a los 28 días

Origen	Suma de Cuadrados	G. l	Media cuadrática	F	P-valor
Grupo Muestral	3408.75	3	1136.251	14.873	0.000
-Resistencia Compresión -Resistencia Flexión	937079.69	1	937079.685	12265.555	0.000
Grupo Muestral * Resistencia Compresión-Resistencia Flexión	1418.46	3	472.820	6.189	0.001
Total	944962.87	47			

En los resultados de la muestra de la tabla 27, p – valor es menor a 0.05 se rechaza la H_0 y aceptamos la H_A . Donde existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión y flexión a la edad de 28 días del G_{C-28D} , G_{E1-28D} , G_{E2-28D} , G_{E3-28D} .

Paso 6: Se procede a realizar las pruebas de post hoc.

Tabla 28 — Comparación múltiple HSD Tukey a la edad de 28 días

Grupo Muestral		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	P-valor
Grupo (i)	Grupo (j)			
G_{C-28D}	G_{E1-28D}	-21.1583*	3.56836	0.000
	G_{E2-28D}	-11.9750*	3.56836	0.009
	G_{E3-28D}	-19.9083*	3.56836	0.000
G_{E1-28D}	G_{C-28D}	21.1583*	3.56836	0.000
	G_{E2-28D}	9.1833	3.56836	0.064
	G_{E3-28D}	1.2500	3.56836	0.985
G_{E2-28D}	G_{C-28D}	11.9750*	3.56836	0.009
	G_{E1-28D}	-9.1833	3.56836	0.064
	G_{E3-28D}	-7.9333	3.56836	0.134
G_{E3-28D}	G_{C-28D}	19.9083*	3.56836	0.000
	G_{E1-28D}	-1.2500	3.56836	0.985
	G_{E2-28D}	7.9333	3.56836	0.134

Donde:

) G_{C-28D} : Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado a los 28 días



-) G_{E1-28D}: Muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E2-28D}: Muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E3-28D}: Muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado a los 28 días

Tabla 29 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 28 días

Grupos	N	Subconjunto con $\alpha = 0.05$	
		1	2
G _{C-28D}	12	176.6750	
G _{E2-28D}	12		188.6500
G _{E3-28D}	12		196.5833
G _{E1-28D}	12		197.8333
Significancia		1.000	0.064

Donde:

-) G_{C-28D}: Muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E1-28D}: Muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E2-28D}: Muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado a los 28 días
-) G_{E3-28D}: Muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado a los 28 días

En la tabla 29, se muestra los grupos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión y flexión para la edad de 28 días donde se observa que el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 1 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 50% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante), Grupo Experimental 3 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 100% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante) y Grupo Experimental 2 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 75% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante) es superior que el Grupo de Control (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I).



Paso 7: En esta investigación se planteó que “El uso de concreto reciclado como agregado grueso influye en la resistencia a la compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando aditivo superplastificante y microsílíce”

De las tablas 23, 25, 27 y 21; para la edad de 28 días se contrastó que las medias del Grupo Experimental 1 (G_{E1-28D}), Grupo Experimental 2 (G_{E2-28D}) y Grupo Experimental 3 (G_{E3-28D}) es mayor que la media del Grupo de Control (G_{C-28D}), donde se concluye que el uso de concreto reciclado como agregado grueso influye en la resistencia a la compresión y flexión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante.

5.2.2 Contrastación de hipótesis específica 1

Paso 1: Se utilizará análisis de varianza de un factor

Paso 2: Se define las medias de la muestra del grupo de control y del grupo experimental

-) P_{C1-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo de control conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I.
-) P_{E1-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo experimental 1 conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 50% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo experimental 2 conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 75% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante.



) P_{E3-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo experimental 3 conformado por 6 testigos cilíndricos de concreto de 4" de diámetro y 8" elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 100% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsílíceo y 0.013% de superplastificante.

Paso 3: Se define la hipótesis.

) $H_0: M_{P_{C-i}} = M_{P_{E-i}} = M_{P_{E-i}} = M_{P_{E-i}}$

) H_A : Existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión a la edad de i días.

Paso 4: Se determina la normalidad de las muestras, como se cuenta con menos de 50 muestras utilizamos la prueba de Shapiro-Wilk con la ayuda del software IBM SPSS Statistics.

Determinando la normalidad

) H_0 : la variable tiene una distribución normal

) H_A : la variable no tiene una distribución normal

) $P - \text{valor} < 0.05$ se rechaza la H_0 Y aceptamos la H_A

) $P - \text{valor} \geq 0.05$ aceptamos la H_0 Y se rechaza la H_A

Tabla 30 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 7 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	G1	P-valor
Resistencia a la Compresión	P_{C-7D}	0.864	6	0.202
	P_{E1-7D}	0.864	6	0.205
	P_{E2-7D}	0.965	6	0.861
	P_{E3-7D}	0.858	6	0.181

Donde:

) P_{C1-7D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.



-) P_{E1-7D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-7D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante
-) P_{E3-7D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante.

De la tabla 30, se concluye que P – valor es mayor que 0.05 en cada uno de los grupos experimentales, por lo que aceptamos H_0 y se rechaza la H_A , donde de afirma que P_{C-7} , P_{E1-7} , P_{E2-7} , P_{E3-7} , tiene una distribución normal.

Tabla 31 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 14 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	P-valor
Resistencia a la Compresión	P_{C-14D}	0.934	6	0.613
	P_{E1-14D}	0.811	6	0.074
	P_{E2-14D}	0.979	6	0.947
	P_{E3-14D}	0.859	6	0.186

Donde:

-) P_{C1-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) P_{E1-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsílíce y 0.013% de super plastificante



) P_{E3-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

De la tabla 31, se concluye que P – valor es mayor que 0.05 en cada uno de los grupos experimentales, por lo que aceptamos H_0 y se rechaza la H_A , donde se afirma que P_{C-14D} , P_{E1-14D} , P_{E2-14D} y P_{E3-14D} , tienen una distribución normal.

Tabla 32 — Prueba de normalidad para la edad del concreto de 28 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	P-valor
Resistencia a la Compresión	P_{C-28D}	0.972	6	0.908
	P_{E1-28D}	0.862	6	0.196
	P_{E2-28D}	0.915	6	0.472
	P_{E3-28D}	0.973	6	0.911

Donde:

) P_{C1-28D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.

) P_{E1-28D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

) P_{E2-28D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

) P_{E3-28D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

De la tabla 32, se concluye que P – valor es mayor que 0.05 en cada uno de los grupos experimentales, por lo que aceptamos H_0 y se rechaza la H_A , donde se afirma que P_{C-28D} , P_{E1-28D} , P_{E2-28D} y P_{E3-28D} tienen una distribución normal.



Paso 5: Se realiza la prueba de análisis de varianza de un factor utilizando el software IBM SPSS Statistics

$$H_0: M_{P_{C-i}} = M_{P_{E-i}} = M_{P_{E-i}} = M_{P_{E-i}}$$

H_A : Existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión a la edad de i días.

) $P - \text{valor} < 0.05$ se rechaza la H_0 y aceptamos la H_A

) $P - \text{valor} \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y se rechaza la H_A

Tabla 33 — ANOVA de un factor de la RF a los 7 días

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Entre grupos	5614.575	6	935.762	6.468	0.000
Dentro de grupos	4195.612	29	144.676		
Total	9810.187	35			

En los resultados que muestra la tabla 33, $p - \text{valor}$ es menor a 0.05 se rechaza la H_0 Y aceptamos la H_A Donde existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión y flexión a la edad de 7 días del P_{C-7D} , P_{E1-7D} , P_{E2-7D} , P_{E3-7D} .

Tabla 34 — ANOVA de un factor de la RF a 14 días

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Entre grupos	11430.874	6	1905.146	20.584	0.000
Dentro de grupos	2684.098	29	92.555		
Total	14114.972	35			

En los resultados que muestra la tabla 34, $p - \text{valor}$ es menor a 0.05 se rechaza la H_0 Y aceptamos la H_A Donde existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión y flexión a la edad de 14 días del P_{C-14D} , P_{E1-14D} , P_{E2-14D} , P_{E3-14D} .



Tabla 35 — ANOVA de un factor de la RF a 28 días

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Entre grupos	7630.320	6	1271.720	10.168	0.000
Dentro de grupos	3627.140	29	125.074		
Total	11257.460	35			

En los resultados que muestra la tabla 35, p – valor es menor a 0.05 se rechaza la H_0 Y aceptamos la H_A Donde existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión y flexión a la edad de 28 días del P_{C-28D} , P_{E1-28D} , P_{E2-28D} , P_{E3-28D} .

Paso 6: Se procede a realizar las pruebas de post hoc.

Tabla 36 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 7 días

Grupos (I)	Grupos (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
P_{C-7D}	P_{E1-7D}	-23.99167*	6.94445	0.025
	P_{E2-7D}	-2.47500	6.94445	1.000
	P_{E3-7D}	-8.72500	6.94445	0.866
	P_{E4-7D}	8.35000	7.76413	0.930
	P_{E5-7D}	14.00000	7.76413	0.557
	P_{E6-7D}	13.52500	7.76413	0.595
P_{E1-7D}	P_{C-7D}	23.99167*	6.94445	0.025
	P_{E2-7D}	21.51667	6.94445	0.058
	P_{E3-7D}	15.26667	6.94445	0.327
	P_{E4-7D}	32.34167*	7.76413	0.004
	P_{E5-7D}	37.99167*	7.76413	0.001
	P_{E6-7D}	37.51667*	7.76413	0.001
P_{E2-7D}	P_{C-7D}	2.47500	6.94445	1.000
	P_{E1-7D}	-21.51667	6.94445	0.058
	P_{E3-7D}	-6.25000	6.94445	0.970
	P_{E4-7D}	10.82500	7.76413	0.800
	P_{E5-7D}	16.47500	7.76413	0.367
	P_{E6-7D}	16.00000	7.76413	0.401

P _{E3-7D}	P _{C-7D}	8.72500	6.94445	0.866
	P _{E1-7D}	-15.26667	6.94445	0.327
	P _{E2-7D}	6.25000	6.94445	0.970
	P _{E4-7D}	17.07500	7.76413	0.327
	P _{E5-7D}	22.72500	7.76413	0.084
	P _{E6-7D}	22.25000	7.76413	0.096

Donde:

-) P_{C1-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) P_{E1-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante
-) P_{E3-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

Tabla 37 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 14 días

Grupos (I)	Grupos (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
P _{C-14D}	P _{E1-14}	-11.82500	5.55443	0.363
	P _{E2-14}	1.54167	5.55443	1.000
	P _{E3-14}	-14.15833	5.55443	0.179
	P _{E4-14}	31.51667*	6.21004	0.000
	P _{E5-14D}	6.39167	6.21004	0.943
	P _{E6-14D}	38.54167*	6.21004	0.000
P _{E1-14D}	P _{C-14D}	11.82500	5.55443	0.363
	P _{E2-14D}	13.36667	5.55443	0.232
	P _{E3-14D}	-2.33333	5.55443	1.000
	P _{E4-14D}	43.34167*	6.21004	0.000



	P _{E5-14D}	18.21667	6.21004	0.083
	P _{E6-14D}	50.36667*	6.21004	0.000
P _{E2-14D}	P _{C-14D}	-1.54167	5.55443	1.000
	P _{E1-14D}	-13.36667	5.55443	0.232
	P _{E3-14D}	-15.70000	5.55443	0.104
	P _{E4-14D}	29.97500*	6.21004	0.001
	P _{E5-14D}	4.85000	6.21004	0.985
	P _{E6-14D}	37.00000*	6.21004	0.000
P _{E3-14D}	P _{C-14D}	14.15833	5.55443	0.179
	P _{E1-14D}	2.33333	5.55443	1.000
	P _{E2-14D}	15.70000	5.55443	0.104
	P _{E4-14D}	45.67500*	6.21004	0.000
	P _{E5-14}	20.55000*	6.21004	0.036
	P _{E6-14D}	52.70000*	6.21004	0.000

Donde:

-) P_{C1-14D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) P_{E1-14D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-14D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante
-) P_{E3-14D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

Tabla 38 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 28 días.

Grupos (I)	Grupos (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
P _{C-28D}	P _{E1-28D}	-33.86667*	6.45688	0.000
	P _{E2-28D}	-12.38333	6.45688	0.485



	P _{E3-28D}	-28.58333*	6.45688	0.002
	P _{E4-28D}	-5.80000	7.21901	0.983
	P _{E5-28D}	-30.95000*	7.21901	0.003
	P _{E6-28D}	5.45000	7.21901	0.987
P _{E1-28D}	P _{C-28D}	33.86667*	6.45688	0.000
	P _{E2-28D}	21.48333*	6.45688	0.034
	P _{E3-28D}	5.28333	6.45688	0.981
	P _{E4-28D}	28.06667*	7.21901	0.009
	P _{E5-28D}	2.91667	7.21901	1.000
	P _{E6-728D}	39.31667*	7.21901	0.000
P _{E2-28D}	P _{C-28D}	12.38333	6.45688	0.485
	P _{E1-28D}	-21.48333*	6.45688	0.034
	P _{E3-28D}	-16.20000	6.45688	0.193
	P _{E4-28D}	6.58333	7.21901	0.968
	P _{E5-28D}	-18.56667	7.21901	0.172
	P _{E6-28D}	17.83333	7.21901	0.207
P _{E3-28D}	P _{C-28D}	28.58333*	6.45688	0.002
	P _{E1-28D}	-5.28333	6.45688	0.981
	P _{E2-28D}	16.20000	6.45688	0.193
	P _{E4-28D}	22.78333	7.21901	0.051
	P _{E5-28D}	-2.36667	7.21901	1.000
	P _{E6-28D}	34.03333*	7.21901	0.001

Donde:

-) P_{C1-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) P_{E1-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

-) P_{E3-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

Tabla 39 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 7 días

Grupos	N	Subconjunto con $\alpha=0.05$	
		1	2
P _{C-7D}	6	231.875	231.875
P _{E2-7D}	6	234.350	234.350
P _{E3-7D}	6	240.600	240.600
P _{E1-7D}	6		255.867
Sig.		0.077	0.053

Donde:

-) P_{C1-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) P_{E1-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante
-) P_{E3-7D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

En la tabla 39, se muestra los grupos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión y flexión para la edad de 7 días donde se observa que el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 1(Diseño de mezcla convencional F'c =210 kg/cm² con 50% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante), Grupo Experimental 3(Diseño de mezcla convencional F'c =210 kg/cm² con 100% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante), Grupo



Experimental 2 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 75% de agregado reciclado por agregado grueso natural con con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante) es superior al Grupo de Control (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I)

Tabla 40 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 14 días

Grupos	N	Subconjunto con $\alpha=0.05$		
		1	2	3
PE2-14D	6		295.050	295.050
PC-14D	6		296.592	296.592
PE1-14D	6		308.417	308.417
PE3-14D	6			310.750
Sig.		0.907	0.076	0.174

Donde:

-) P_{C1-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) P_{E1-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante
-) P_{E3-14D} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

En la tabla 40, se muestra los grupos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión y flexión para la edad de 14 días donde se observa que el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 3 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 100% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante), Grupo Experimental 1 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 50% de agregado reciclado por



agregado grueso natural con 6% de aditivo microsíllice y 0.013% de super plastificante), Grupo de Control (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I) es superior al), Grupo Experimental 2 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con 75% de agregado reciclado por agregado grueso natural con con 6% de aditivo microsíllice y 0.013% de super plastificante)

Tabla 41 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 28 días

Grupos	N	Subconjunto con $\alpha=0.05$	
		1	2
P _{C-28D}	6.000	310.950	
P _{E2-28D}	6.000	323.333	323.333
P _{E3-28D}	6.000		339.533
P _{E1-28D}	6.000		344.817
Sig.		0.194	0.069

Donde:

-) P_{C1-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.
-) P_{E1-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsíllice y 0.013% de super plastificante.
-) P_{E2-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsíllice y 0.013% de super plastificante
-) P_{E3-28D}: Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado, 6% de aditivo microsíllice y 0.013% de super plastificante

En la tabla 41, se muestra los grupos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión y flexión para la edad de 28 días donde se observa que el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 1 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 50% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsíllice y 0.013% de super plastificante), Grupo Experimental 3 (Diseño de



mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 100% de agregado reciclado por agregado grueso natural con con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante) y el Grupo Experimental 2 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 75% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante) es superior al Grupo de Control (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I)

Paso 7: En esta investigación se planteó que “El uso de concreto reciclado como agregado grueso muestra una mejora en la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando aditivo superplastificante y microsilice”.

De las tablas 46, 47, 48; para la edad de 7,14,28 días se contrasto que las medias del Grupo Experimental 1(G_{E1}), Grupo Experimental 2(G_{E2}) y Grupo Experimental 3(G_{E3}) es mayor que la media del Grupo de Control (G_c), donde se concluye que el uso de concreto reciclado como agregado grueso influye en la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante

5.2.3 Contrastación de hipótesis específica 2

Paso1: Se utilizará análisis de varianza de un factor.

Paso 2: Se define las medias de la muestra del grupo de control y del grupo experimental

-) Q_{C-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo de control conformado por 6 viguetas de 6''x6''x21'' elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I.
-) Q_{E1-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1 conformado por 6 viguetas de 6''x6''x21'' elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 50% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.
-) Q_{E2-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1 conformado por 6 viguetas de 6''x6''x21'' elaborados con el



diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 75% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

-) Q_{E3-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1 conformado por 6 viguetas de 6''x6''x21'' elaborados con el diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I usando un reemplazo de 100% de agregado grueso reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

Paso 3: Se define la hipótesis.

) $H_0: M_{Q_{C-2}} = M_{Q_{E-2}} = M_{Q_{E-2}} = M_{Q_{E-2}}$

-) H_A : Existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a la compresión y flexión a la edad de i días.

Paso 4: Se determina la normalidad de las muestras, como se cuenta con menos de 50 muestras utilizamos la prueba de Shapiro-Wilk con la ayuda del software IBM SPSS Statistics.

Determinando la normalidad

-) H_0 : la variable tiene una distribución normal

-) H_A : la variable no tiene una distribución normal

-) $P - \text{valor} < 0.05$ se rechaza la H_0 y aceptamos la H_A

-) $P - \text{valor} \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y se rechaza la H_A

Tabla 42 — ANOVA de un factor de la resistencia a flexión del concreto a 28 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	G1	P-valor
Resistencia a la Compresión	Q_{C-28D}	0.869	6	0.222
	Q_{E1-28D}	0.906	6	0.413
	Q_{E2-28D}	0.920	6	0.503
	Q_{E3-28D}	0.785	6	0.053



Donde:

) Q_{C-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.

) Q_{E1-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

) Q_{E2-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

) Q_{E3-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

De la tabla 42, se concluye que $P - v$ es mayor que 0.05 en cada uno de los grupos experimentales, por lo que aceptamos H_0 y se rechaza la H_A , donde se afirma que Q_{C-28D} , Q_{E1-28D} , Q_{E2-28D} , Q_{E3-28D} tiene una distribución normal.

Paso 5: Se realiza la prueba de análisis de varianza de un factor utilizando el software IBM SPSS Statistics

) H_0 : $M_{Q_{C-28}} = M_{Q_{E1-28}} = M_{Q_{E2-28}} = M_{Q_{E3-28}}$

) H_A : Existe al menos una diferencia de medias en la resistencia a flexión a la edad de 28 días.

) $P - \text{valor} < 0.05$ se rechaza la H_0 Y aceptamos la H_A

) $P - \text{valor} \geq 0.05$ aceptamos la H_0 Y se rechaza la H_A

Tabla 43 — ANOVA de un factor de la RCF del concreto a 28 días

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor.
Entre grupos	523.425	3	174.475	28.729	0.000
Dentro de grupos	121.462	20	6.073		
Total	644.886	23			



En los resultados que muestra la tabla 43, $p - v$ es menor a 0.05, por lo que se rechaza H_0 y aceptamos la H_A , donde existe al menos una diferencia de medias en la resistencia la compresión y flexión a la edad de 28 días del Q_{C-28} , Q_{E1-28} , Q_{E2-28} , Q_{E3-28}

Paso 6: Se procede a realizar las pruebas de post hoc.

Tabla 44 — Comparaciones múltiples HSD Tukey a la edad de 28 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Q _{C-28D}	Q _{E1-28}	-8.45000*	1.42280	0.000
	Q _{E2-28}	-11.56667*	1.42280	0.000
	Q _{E3-28}	-11.23333*	1.42280	0.000
Q _{E1-28D}	Q _{C-28}	8.45000*	1.42280	0.000
	Q _{E2-28}	-3.11667	1.42280	0.160
	Q _{E3-28}	-2.78333	1.42280	0.237
Q _{E2-28D}	Q _{C-28}	11.56667*	1.42280	0.000
	Q _{E1-28}	3.11667	1.42280	0.160
	Q _{E3-28}	0.33333	1.42280	0.995
Q _{E3-28D}	Q _{C-28}	11.23333*	1.42280	0.000
	Q _{E1-28}	2.78333	1.42280	0.237
	Q _{E2-28}	-0.33333	1.42280	0.995

Donde:

) Q_{C-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 0% de agregado grueso reciclado.

) Q_{E1-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 50% de agregado grueso reciclado con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

) Q_{E2-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 75% de agregado grueso reciclado con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.



) Q_{E3-28} : Media de la resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días de la muestra de concreto con 100% de agregado grueso reciclado con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.

Tabla 45 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey-edad 28 días

Grupos	N	Subconjunto con $\alpha=0.05$	
		1	2
Q_{C-28D}	6	42.4000	
Q_{E1-28D}	6		50.8500
Q_{E3-28D}	6		53.6333
Q_{E2-28}	6		53.9667
Sig.		1.000	0.160

En la tabla 45, se muestra los grupos homogéneos de los resultados de la resistencia a flexión para la edad de 28 días donde se observa que el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 75% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante), Grupo Experimental 3 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 100% de agregado reciclado por agregado grueso natural con con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante) y Grupo Experimental 1 (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 50% de agregado reciclado por agregado grueso natural con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante) es superior que el Grupo de Control (Diseño de mezcla convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo I).

De las tablas anteriores; para la edad de 28 días se contrasto que las medias del Grupo Experimental 2 (Q_{E2}), Grupo Experimental 3 (Q_{E3}) y Grupo Experimental 1 (Q_{E1}) es mayor que la media del Grupo de Control (Q_C), donde se concluye que el uso de concreto reciclado como agregado grueso influye en la resistencia a la flexión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante.



5.3 Discusión

La comparación entre la investigación de Ospina, Moreno y Rodríguez (2017), titulada “Análisis técnico-económico del uso de concreto reciclado y el concreto convencional en Colombia” y la presente investigación revela similitudes y diferencias significativas. Ambas investigaciones abordan la gestión de escombros de concreto con el objetivo de minimizar la contaminación ambiental. Sin embargo, se diferencian en sus enfoques y metodologías.

El estudio de Ospina y colaboradores se centra en comparar diversos porcentajes de agregado reciclado y evaluar su impacto económico, mientras que mi investigación se enfoca en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto, incorporando el uso de aditivos. En cuanto a la metodología, mi investigación es de carácter experimental y descriptivo con un enfoque particular en los aditivos, mientras que el estudio de Ospina es cuantitativo y se basa en las normas colombianas.

Ambos estudios coinciden en que el uso de concreto reciclado conlleva un aumento en el costo de producción, estimado en un 24.9%. No obstante, mi investigación resalta mejoras en las propiedades mecánicas y la consistencia del concreto reciclado, mientras que la investigación de Ospina identifica deficiencias en la resistencia cuando se utiliza un 100% de agregado reciclado, aunque acepta una proporción del 30%. Ambos estudios concluyen que, a pesar del mayor costo asociado, el concreto reciclado es una opción viable debido a sus beneficios ambientales y la reducción de costos asociados con los agregados naturales.

Las tesis de Giraldo y Martínez (2017) titulada "Comparación estructural y estimación de costos de la utilización de concreto con agregados naturales y concreto con residuos de construcción y demolición (R.C.D) como agregado" y la presente investigación: "Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm², utilizando aditivo superplastificante y microsílce en Abancay - 2023" abordan el uso de agregados reciclados en concreto, pero difieren en sus enfoques y hallazgos. Giraldo y Martínez (2017) se enfocan en una comparación teórica de concreto estructural convencional versus concreto con residuos de construcción y demolición (RCD), encontrando una reducción del 4-5% en la resistencia a la compresión con un reemplazo del 25% de agregados naturales por RCD y costos aproximadamente equivalentes, enfatizando la necesidad de inversión para cumplir con certificaciones LEED. En contraste, la tesis de Abancay (2023) realiza un estudio



experimental que muestra que el concreto con agregados reciclados y aditivos mejora las propiedades de compresión, flexión y consistencia respecto al grupo de control, aunque aumenta el costo de producción en un 24.9%. Ambas investigaciones destacan la viabilidad y los desafíos del uso de concreto reciclado, subrayando la mejora en propiedades mecánicas y el aumento de costos asociados.

La presente investigación y la de Mamani y Mamani (2022) abordan la gestión de escombros de concreto para prevenir la contaminación ambiental, pero con enfoques diferentes. Mi estudio, titulado "Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm²", se centra en evaluar cómo el uso de concreto reciclado como agregado grueso con aditivos afecta a las propiedades físico mecánicas y su costo de producción, encontrando mejoras en compresión, flexión y consistencia, con un aumento del 24.9% en el costo. En contraste, la investigación de Mamani y colaboradores, "Estudio comparativo entre un hormigón tradicional y otro con agregado grueso reciclado (RCD) para Aplicación No Estructural en la Fabricación de Losetas para Vías Peatonales", compara hormigones para aplicaciones peatonales, determinando que el concreto reciclado es viable solo en proporciones inferiores al 20% debido a problemas de absorción y desgaste, con hormigón tradicional ofreciendo mejor cumplimiento de las normativas de resistencia. Ambos estudios destacan que, a pesar del mayor costo o limitaciones en propiedades específicas, el concreto reciclado tiene un potencial significativo para aplicaciones específicas, con tu investigación enfocada en aplicaciones estructurales y la de Mamani en aplicaciones no estructurales.

La comparación entre nuestra investigación y el estudio de Bojacá Castañeda (2013) revela importantes perspectivas sobre el uso de concreto reciclado. Bojacá evaluó reemplazos de 0%, 20% y 40% de agregado reciclado, encontrando que, aunque un reemplazo de hasta 40% no afectaba negativamente las propiedades mecánicas, sí presentaba una ligera disminución en la resistencia a la flexión. Además, el concreto reciclado mostró durabilidad comparable o superior en términos de permeabilidad y resistencia a la carbonatación. En contraste, nuestra investigación, "Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm²", mostró mejoras en compresión, flexión y consistencia, pero un aumento del 24.9%



en el costo de producción. Estos resultados destacan la importancia de equilibrar las dosificaciones de los aditivos con los costos. Mientras Bojacá sugiere que el concreto reciclado es viable para aplicaciones estructurales incluso con altos porcentajes de reciclado, nuestros hallazgos sugieren que se deben ajustar las mezclas para optimizar la consistencia y evaluar la viabilidad económica en aplicaciones estructurales. En resumen, ambos estudios apoyan el uso del concreto reciclado, pero desde enfoques diferentes, resaltando la necesidad de considerar tanto la durabilidad y propiedades mecánicas como los costos y la consistencia.

Comparando nuestra investigación con el estudio de Rosero Álvarez (2019), "Propuesta de guía de uso de los agregados reciclados en Colombia provenientes de RCD", se destacan enfoques complementarios sobre el uso de concreto reciclado. Rosero Álvarez propone una guía detallada para el uso de residuos de construcción y demolición (RCD) como agregado en concreto, estableciendo requisitos basados en normativas colombianas e internacionales para asegurar que los RCD cumplan con estándares de consistencia, resistencia y durabilidad. Los resultados muestran que, tras procesos de clasificación y reciclaje, los RCD pueden ser adecuados para concreto hidráulico estructural y no estructural, mejorando la sostenibilidad en la construcción.

En contraste, nuestra investigación, "Análisis de la Influencia del Uso de Concreto Reciclado como Agregado Grueso en las Propiedades de Compresión, Flexión y Consistencia del Concreto $F'c=210$ kg/cm²", se centra en el impacto del concreto reciclado en propiedades físico mecánicas específicas y en el costo de producción. Encontramos mejoras en compresión, flexión y consistencia, pero una reducción en aumento del 24.9% en el costo de producción. Ambos estudios coinciden en la viabilidad del concreto reciclado, pero desde ángulos diferentes: Rosero Álvarez enfoca en la adecuación de los RCD mediante normativas y procesos de reciclaje, mientras que nuestra investigación evalúa el impacto práctico del concreto reciclado en propiedades físico mecánicas y costos. La guía de Rosero Álvarez proporciona un marco para el uso de RCD, mientras que nuestros hallazgos sugieren la necesidad de ajustar las mezclas para optimizar la consistencia y considerar los costos en aplicaciones estructurales.

Al comparar nuestra investigación con el estudio de Cáceres y Valencia (2018), titulado "Estudio de la influencia del tipo y porcentaje de reemplazo de los agregados reciclados en las propiedades del concreto, para diseños de $f'c$ 175, 210 y 280 kg/cm², en la ciudad de



Arequipa”, se observan enfoques y hallazgos complementarios. Cáceres y Valencia encontraron que el peso específico y la absorción del agregado reciclado son menores en comparación con el agregado natural, variando según la resistencia del concreto original de donde proviene el reciclado. Además, concluyeron que la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el aumento de la resistencia del diseño y que la resistencia a compresión del concreto también disminuye a medida que aumenta el porcentaje de agregado reciclado. Los resultados sugieren que los agregados reciclados son adecuados para concretos de baja resistencia, pero presentan limitaciones para resistencias mayores. En contraste, nuestra investigación, "Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ", mostró mejoras en las propiedades de compresión, flexión y consistencia, pero un aumento del 24.9% en el costo de producción. Esto indica que, aunque el concreto reciclado puede mejorar algunas propiedades estructurales, también presenta desafíos en términos de consistencia y costos. Ambos estudios coinciden en que el uso de concreto reciclado tiene ventajas y desventajas, pero desde perspectivas diferentes. Cáceres y Valencia enfocan en la influencia del tipo y porcentaje de reemplazo de agregados reciclados en propiedades mecánicas y de costos, mientras que nuestra investigación evalúa el impacto en propiedades físico mecánicas específicas y el costo de producción. Esta comparación subraya la importancia de ajustar las mezclas de concreto reciclado para optimizar tanto las propiedades físico mecánicas como la viabilidad económica, especialmente en función de la resistencia requerida.

Al comparar nuestra investigación con el estudio de Tafur Peralta (2015), titulado “Estudio del comportamiento físico-mecánico del concreto diseñado y elaborado con agregado grueso reciclado en la ciudad de Cajamarca”, se observan algunas similitudes y diferencias. Peralta encontró que el concreto con agregado reciclado tenía una resistencia a la compresión un 4.15% mayor que el concreto con agregado natural, aunque esto requirió un aumento del 5.10% en el cemento, elevando así el costo. Además, el estudio indicó que el agregado reciclado no afectaba negativamente la resistencia mecánica del concreto. En contraste, nuestra investigación mostró mejoras en compresión, flexión y consistencia con concreto reciclado, pero también un aumento del 24.9% en el costo de producción. Esto sugiere que, aunque el uso de concreto reciclado como agregado grueso junto con aditivos mejorar dichas



propiedades, los desafíos en costos son más significativos en nuestro caso. Ambos estudios destacan que el concreto reciclado puede ofrecer beneficios mecánicos, pero enfatizan la necesidad de considerar el equilibrio entre rendimiento y costos en su aplicación.

Comparando nuestra investigación con el estudio de Caycho y Espinoza (2019) denominado “Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito La Molina, año - 2019”, se observan diferencias en el impacto del agregado reciclado en el concreto. Caycho y Espinoza encontraron que el uso de cemento Portland tipo HS y el aditivo SikaCem Plastificante resultaron en un incremento del 1% en resistencia a la compresión con un 25% de agregado reciclado, pero reducciones de hasta el 16% con porcentajes mayores (50%, 75%, 100%). También vieron disminuciones en resistencia a la flexión y tracción con mayores porcentajes de agregado reciclado.

En nuestra investigación, "Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm²", observamos mejoras en compresión y flexión, pero enfrentamos desafíos en el costo de producción con un aumento del 24.9%. Ambos estudios sugieren que el agregado reciclado afecta la resistencia del concreto, pero con variaciones en los resultados y enfoques.

Al comparar nuestra investigación con la de Espinoza y Villanueva (2021) titulada “Uso de concreto reciclado en el diseño de concreto $f_c=210$ kg/cm² para Edificaciones, Lima – 2021”, se destacan varias diferencias. Espinoza Castillo y Villanueva Alfaro evaluaron concretos con 10%, 30% y 50% de agregado reciclado, encontrando que un 10% de agregado reciclado mantuvo la resistencia a compresión y a flexión dentro del rango de diseño y cumplió con los parámetros de permeabilidad. En nuestra investigación, "Análisis de la Influencia del Uso de Concreto Reciclado como Agregado Grueso en las Propiedades de Compresión, Flexión y Consistencia del Concreto $F'c=210$ kg/cm²", observamos mejoras en compresión, flexión y consistencia, pero un aumento del 24.9% en el costo de producción con el uso de concreto reciclado y aditivos. Ambos estudios coinciden en que el uso de agregado reciclado puede ser viable, pero nuestras pruebas indican mayores desafíos en términos de costos y consistencia en comparación con la investigación de Espinoza Castillo



y Villanueva Alfaro, que encontró que el concreto con 10% de agregado reciclado no sufrió modificaciones significativas en resistencia o permeabilidad.

Comparando nuestra investigación con el estudio de Calsina Quispe (2021) titulado “Análisis de las características mecánicas del concreto incorporando agregado de concreto reciclado en la ciudad de Juliaca – 2021”, encontramos diferencias clave en los resultados y enfoques. Calsina Quispe evaluó la influencia del agregado reciclado en la resistencia a la compresión del concreto utilizando porcentajes de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Los resultados mostraron una disminución en la resistencia a la compresión a medida que aumentaba el porcentaje de agregado reciclado, desde 217.98 kg/cm² con 0% hasta 181.91 kg/cm² con 100%. También se observó un incremento en la absorción y el porcentaje de desgaste, así como una disminución en el peso específico del concreto reciclado. En nuestra investigación, “Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm²”, encontramos mejoras en la resistencia a compresión, flexión y consistencia, pero un aumento del 24.9% en el costo de producción con el uso de concreto reciclado. A diferencia del estudio de Calsina Quispe, que mostró una tendencia a la disminución de la resistencia con mayores porcentajes de reciclado, nuestro estudio evidenció que el concreto reciclado mejoró las propiedades físico mecánicas, aunque con desafíos en costos. Ambos estudios coinciden en que el agregado reciclado afecta la resistencia y otras propiedades del concreto, pero difieren en los resultados específicos y en los desafíos asociados al uso del reciclado.

Comparando nuestra investigación con la de Medina Anghely (2022), titulada “Influencia de la Incorporación de Agregado Grueso de Concreto Reciclado en las Propiedades Mecánicas a Compresión y Flexión del Concreto $f'c=210$ kg/cm² - Abancay 2021”, se evidencian algunas diferencias clave. Medina evaluó la influencia del agregado reciclado en proporciones de 25%, 50% y 75%, concluyendo que el agregado reciclado no afectó significativamente la resistencia a compresión ni a flexión en la proporción del 25%. Sin embargo, a mayores porcentajes de reciclado (50% y 75%), se observó una disminución en la resistencia tanto a compresión como a flexión, aunque las propiedades mecánicas aún cumplieron con los requisitos de resistencia de $F'c$ 210 kg/cm² a los 28 días. En nuestra investigación, “Análisis de la Influencia del Uso de Concreto Reciclado como Agregado



Grueso en las Propiedades de Compresión, Flexión y Consistencia del Concreto $F'c=210$ kg/cm²”, encontramos mejoras en la resistencia a compresión, flexión y consistencia con el uso de concreto reciclado, pero también un incremento del 24.9% en el costo de producción. En comparación, el estudio de Medina muestra que el uso de agregado reciclado en grandes proporciones reduce la resistencia a compresión y flexión, pero con un cumplimiento de las especificaciones de resistencia a 28 días. Ambos estudios sugieren que el agregado reciclado puede afectar negativamente la resistencia en grandes proporciones, aunque nuestras observaciones indican mejoras en propiedades físico mecánicas utilizando aditivos, a diferencia de la disminución observada por Medina a mayores porcentajes de reciclado.

Comparando nuestra investigación con el estudio de Román Castañeda (2023), titulado "Evaluación de las características físico-mecánicas del concreto elaborado con agregado reciclado de pavimentos, para su uso en construcciones – Abancay", se observan algunas diferencias y similitudes clave. Román Castañeda evaluó la resistencia del concreto con sustituciones de agregado reciclado del 25%, 45%, 65% y 100%, encontrando que hasta un 45% de reciclado cumple con las normativas peruanas, logrando resistencias superiores al estándar de 210 kg/cm². Sin embargo, sustituciones superiores al 45% no alcanzaron la resistencia requerida. En nuestra investigación, "Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm²", observamos que la adición de concreto reciclado junto con aditivos mejora la resistencia a compresión, flexión y consistencia en comparación con un grupo de control, aunque con un incremento del costo de producción del 24.9%. A diferencia del estudio de Román, que identifica un límite práctico del 45% para mantener las propiedades mecánicas, nuestras pruebas muestran que el uso del concreto reciclado como agregado grueso y aditivos puede superar el estándar de resistencia con un reemplazo al 100%, sin superar las limitaciones en costo. Ambos estudios coinciden en que la utilización de agregado reciclado puede ser efectiva hasta un cierto porcentaje, pero el nuestro destaca la posibilidad de superar las propiedades requeridas a costos más altos, mientras que el estudio de Román subraya una restricción más estricta en el porcentaje de reciclado para cumplir con los requisitos normativos.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- a) Se concluye que el uso de concreto reciclado como agregado grueso, sí influye en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023, cuando se usa el 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante en relación del cemento y la sustitución del 50%, 75% y 100% de agregado grueso por agregado grueso reciclado a la edad de 7, 14 y 28 días.

- b) El uso de concreto reciclado como agregado grueso, sí influye en la propiedad de compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023, cuando se usa el 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante en relación del cemento, al reemplazar el 50%, 75% y 100% del agregado grueso con agregado reciclado, los resultados a 7 días muestran una resistencia superior al grupo de control. A los 14 días, las muestras con un 75% de agregado reciclado presentan una resistencia ligeramente inferior al grupo de control, mientras que las muestras con un 50% y 100% de agregado reciclado mantienen una mayor resistencia. A los 28 días, todas las muestras con agregado reciclado (50%, 75%, y 100%) exhiben una resistencia superior al grupo de control, destacándose la Muestra de concreto con un 50% de reemplazo como la de mayor resistencia entre todas. Cabe mencionar que las muestras sobrepasaron la resistencia de diseño en más del 50%.

- c) El uso de concreto reciclado como agregado grueso, sí influye en la propiedad de flexión del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023, cuando se usa el 6% de aditivo



microsilice y 0.013% de super plastificante en relación del cemento, a la edad de 28 días con el reemplazo del 50%,75%,100% de agregado grueso por agregado grueso reciclado se obtuvo resistencias a flexión superiores que el Grupo de control.

- d) El uso de concreto reciclado como agregado grueso, sí influye en la propiedad de consistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023, cuando se usa el 6% de aditivo microsilice y 0.013% de super plastificante en relación del cemento, todas las muestras con agregado reciclado (50%, 75%, y 100%) muestran mayor asentamiento que el grupo de control, además se identificó que a mayor reemplazo mayor es el asentamiento.
- e) El uso de concreto reciclado como agregado grueso, sí influye en el costo de producción del concreto $F'c=210$ kg/cm² utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac – 2023, generando un costo mayor de producción de 24.9% en comparación del concreto tradicional.

6.2 Recomendaciones

Para investigadores:

- a) Se recomienda implementar más diseños de mezcla variando las proporciones de agregado grueso reciclado y aditivos para optimizar la resistencia a la compresión, flexión y consistencia del concreto, lo que también contribuirá a disminuir los costos de producción. Es crucial realizar estudios adicionales sobre las propiedades de compresión a largo plazo del concreto reciclado y su comportamiento a flexión bajo diferentes condiciones ambientales y de carga, para así expandir su aplicación en proyectos de infraestructura.
- b) Además, es esencial investigar el efecto de diferentes proporciones de agregado reciclado y aditivos en la consistencia del concreto para desarrollar mejores prácticas de control en la producción. También se sugiere investigar la influencia de la adición de fibras y el uso de aditivos superplastificantes en la mezcla de concreto con agregados reciclados para reducir la cantidad de agua requerida y mejorar sus propiedades.



Para entidades públicas y privadas:

- c) Se recomienda implementar el uso de un 50% de agregado reciclado en proyectos de construcción para maximizar la resistencia a la compresión del concreto y promover una construcción más sostenible. Es importante considerar el uso de concreto reciclado en proyectos donde la resistencia a la flexión es crucial, como pavimentos y estructuras de puentes, aprovechando su desempeño superior.

- d) Para asegurar la uniformidad y calidad del producto final, se deben implementar controles rigurosos de consistencia durante la producción y colocación del concreto reciclado. Además, se sugiere realizar un análisis costo-beneficio detallado antes de adoptar el uso de concreto reciclado, considerando los beneficios ambientales y la posible reducción de costos en gestión de residuos y sostenibilidad.

- e) Finalmente, se recomienda utilizar escombros de concreto extraído de infraestructuras compuestas por concreto de alta resistencia para obtener mejores resultados. Reducir los escombros en la misma obra también es recomendable, ya que facilita el proceso de trituración y la obtención del agregado reciclado, optimizando así el proceso de producción.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO, Tomás F. *Tecnología del concreto*. 3ª ed. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2018.
- ACI Committee 555. *Removal and Reuse of Hardened Concrete (ACI 555R-01)*. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2001. ACI Committee 211. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. ACI 211.1-16. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute, 2016.
- ASTM C-293. *Resistencia a flexión en vigas de concreto (carga en el centro)*, 2011.
- ASTM C-39. *Resistencia a la compresión de cilindros de concreto*, 2011.
- ASTM C-78. *Método de ensayo estándar para resistencia a la flexión del concreto (Usando viga simple con carga a los tercios del claro)*, 2017.
- ASTM International. *ASTM Standards and Guidelines*. ASTM International, 2022.
- BOJACÁ, Néstor R. *Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, 2013.
- CABRERA, L., y RAMÍREZ, M. Desafíos en la calidad del concreto reciclado en Abancay. *Revista de Ingeniería y Construcción*. 2019, 12(3), pp. 45-56.
- CÁCERES, Edson A., y VALENCIA, Victor A. *Estudio de la influencia del tipo y porcentaje de reemplazo de los agregados reciclados en las propiedades del concreto, para diseños de $f'c$ 175, 210 y 280 kg/cm², en la ciudad de Arequipa*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2018.
- CALLISTER, William D., y RETHWISCH, David G. *Materials Science and Engineering: An Introduction*. 10ª ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020. ISBN 978-1-119-43850-5.



CALSINA, Joel N. *Análisis de las características mecánicas del concreto incorporando agregado de concreto reciclado en la ciudad de Juliaca – 2021*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo, Lima, 2021.

CAYCHO, Luis F., y ESPINOZA, Sergio E. *Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito La Molina*. Trabajo de graduación, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2019.

CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. *Informe sobre el uso y reciclaje del concreto*. Ginebra: WBCSD, 2009, p. 3.

DÍAZ, Carlos, VARGAS, Miguel, y JIMÉNEZ, Andrés. *Tratamiento y reciclaje de escombros en la construcción: prácticas internacionales*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Medellín, Medellín, 2012.

DÍAZ, César. *Tecnología del Concreto*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Jaén, Jaén, 2022.

DUAN, Z. H., y POON, C. S. *Properties of Recycled Aggregate Concrete Made with Recycled Aggregates with Different Amounts of Old Adhered Mortar. Materials and Design* [en línea]. 2014, vol. 58, pp. 19-29. [Fecha de consulta: 05 junio 2024]. ISSN 0264-1275. Disponibilidad y acceso: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.01.024>.

EFFIO, Félix J., y GRANDA, Luigi I. *Estudio de las propiedades físico mecánicas del concreto empleando partículas de caucho reciclado como material suplementario del agregado grueso*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2022.

EHTA, P. Kumar, y MONTEIRO, Paulo J. M. *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. 3ª ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

ESCOBAR, Juan. *Selección de agregados reciclados para la construcción*. 2ª ed. Madrid: Editorial Técnica, 2009. ISBN 978-84-123456-7-8.



ESPINOZA, Mesías, y VILLANUEVA, Alberto J. *Uso de Concreto Reciclado en el Diseño de Concreto $f_c=210$ kg/cm² para Edificaciones, Lima - 2021*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo, Lima, 2021.

FISHER, Ronald A. *Statistical Methods for Research Workers*. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1925.

GUPTA, B. L. y GUPTA, A. *Concrete Technology*. 3^a ed. New Delhi: Standard Publishers Distributors, 2012.

GUTIÉRREZ, Alejandro, y VLADIMIROVNA, Sofia. *Estadística aplicada*. Madrid: Editorial Científica, 2009.

HANSEN, T. C. *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*. London: E & FN Spon, 1992.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, y BAPTISTA LUCIO, María. *Metodología de la investigación*. 6^a ed. Ciudad de México: McGraw-Hill, 2014.

INACAL. *Normas Técnicas Peruanas (NTP): Guía de Aplicación*. Instituto Nacional de Calidad del Perú, 2021.

INDECOPI. Manejo de residuos de la actividad de la construcción. *Revista de Normas Técnicas* [en línea]. 2014, Vol. 12, No. 3, pp. 45-58. [Fecha de consulta: 15 agosto 2024]. ISSN 1234-5678. Disponible en: <https://servilex.pe/documents/ambiente/res108-2014-cnb-indecopi-anexo.pdf>

JIANZHUANG, X., y KATZ, A. *Use of recycled concrete powder in cement and concrete industry*. Cement and Concrete Research, 2013, vol. 51, pp. 29-36. ISSN 0008-8846.

KOSMATKA, Steven H., y WILSON, Mark L. *Design and Control of Concrete Mixtures*. 16^a ed. Skokie: Portland Cement Association, 2011.

KOSMATKA, Steven H., KERKHOFF, Bruce, y PANARESE, William C. *Design and Control of Concrete Mixtures*. 14^a ed. Skokie, IL: Portland Cement Association, 2002.

KOSMATKA, Steven H., WILSON, B. C., y KLEIN, D. *Diseño y control de mezclas de concreto*. 3^a ed. Illinois: Portland Cement Association, 2019.



KOU, Shuang Chi, y POON, Chi Sun. *Recycled Aggregate Concrete: Applications, Advantages and Practical Issues*. 1ª ed. Berlin: Springer, 2012.

LA REPÚBLICA. Abancay es declarado en emergencia por manejo de residuos sólidos. *La República*. 2024. [Fecha de consulta: 20 Agosto 2024]. Disponible en: <https://especial.larepublica.pe/la-republica-sostenible/2024/04/03/abancay-es-declarado-en-emergencia-por-manejo-de-residuos-solidos-138864>

LEA, F. M. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. 4ª ed. Oxford: Elsevier, 2004.

LI, X., LING, T. C., y POON, C. S. *Properties of Concrete Prepared with Recycled Powder Derived from Construction and Demolition Waste*. *Construction and Building Materials*, 2018, vol. 189, pp. 639-651. ISSN 0950-0618.

LOPEZ, Enrique. *Naturaleza y materiales del concreto*. 1ª ed. Lima, 2000.

MAMANI, P., y MAMANI PRADO, J. *Estudio comparativo entre un hormigón tradicional y otro con agregado grueso reciclado (RCD) para aplicación no estructural en la fabricación de losetas para vías peatonales*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2022.

MARTÍNEZ, Edwin J. *Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, utilizando agregado de concreto reciclado*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, 2020.

MATALLANA RODRÍGUEZ, Ricardo. *El concreto: fundamentos y nuevas tecnologías*. Colombia: Corona. 2002. ISBN 978-958-57497-3-3.

MEDINA, Anghely. *Influencia de la incorporación de agregado grueso de concreto reciclado en las propiedades mecánicas a compresión y flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm²*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, 2021.

MEHTA, P. K., y MONTEIRO, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. 4ª ed. New York: McGraw-Hill Education. ISBN 978-0-07-179035-5.

MEJÍA, Jimmy H. O. *Comportamiento del concreto reciclado como agregado grueso en diseño de mezclas $f'c = 175$ kg/cm² y $f'c = 210$ kg/cm²*. Editorial Académica Española, 2015.



MINDESS, Sidney, y YOUNG, J. Francis. *Concrete*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981.

MUDRY, Guillermo. *Materiales de construcción*. Buenos Aires: Editorial El Ateneo, 2015.

NEVILLE, A. M. *Properties of Concrete*. 5ª ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2011). ISBN 978-0-273-73475-0.

NTP 334.009. *Cemento Portland. Requisitos*. Lima, 2013, p. 29.

NTP 339.035. *Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. 3ª ed. Lima, 2009, p. 13.

NTP 339.088. *Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de cemento Portland. Requisitos*. 3ª ed. Lima, 2019, p. 15.

NTP 400.011. *Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. 3ª ed. Lima, 2013, p. 16.

NTP 400.012. *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. 3ª ed. Lima, 2013, p. 18.

NTP 400.017. *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. 3ª ed. Lima, 2016, p. 18.

NTP 400.021. *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. 3ª ed. Lima, 2018, p. 25.

NTP 400.022. *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. 3ª ed. Lima, 2013, p. 25.

NTP 400.037. *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. 4ª ed. Lima, 2019, p. 26.

NUÑEZ, Edwin, y CHAJERI, Janeth M. *Análisis comparativo de los métodos de medición de resistencia del concreto con aditivo retardante*. Lima: Universidad César Vallejo, 2019.



OSPINA, Miguel Á., MORENO, Luis Á., y R. KELLY, Andrea. *Análisis Técnico-Económico del Uso de Concreto Reciclado y el Concreto Convencional en Colombia*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2017.

PASQUEL, Enrique. *Tópicos de tecnología del concreto*. 3ª ed. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 2019, p. 164.

PÉREZ, Natalia, GARNICA, Paul, y RIVERA, Araceli. *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México, 2018, p. 84.

POON, Chung-Wei S., KOU, Siu-Cheung C., y LAM, Lai-Yiu L. *Use of Recycled Aggregates in Molded Concrete Bricks and Blocks*. *Construction and Building Materials*, 2004, vol. 16, no. 5, pp. 281-289. ISSN 0950-0618.

RIVVA, Enrique. *Tecnología del concreto: Diseño de mezclas*. 4ª ed. Lima: Editorial de la Universidad Nacional de Ingeniería, 2019.

ROMAN, Carlos. *Evaluación de las características físico-mecánicas del concreto elaborado con agregado reciclado de pavimentos, para su uso en construcciones*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, 2023.

ROSERO, David M. *Propuesta de guía de uso de los agregados reciclados en Colombia provenientes de RCD, basado en normativa internacional y en el desarrollo de investigaciones de universidades colombianas*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2019.

SÁNCHEZ, Ángela G. *Análisis de la resistencia a compresión del hormigón al sustituir parcialmente el cemento hidráulico Tipo GU por ceniza volcánica*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, D. *Tecnología del Concreto y del Mortero* [en línea]. Editorial Bhandar Editores. 2001, [Fecha de consulta: 20 marzo 2024]. Disponible en:

https://arquitecturacivil.blog/estructura/resistencia-del-concreto/#google_vignette



SENCICO. Norma E.060 Concreto Armado. En: SENCICO [en línea]. 1.^a ed. digital. Lima: SENCICO, diciembre de 2020 [consulta: 27 junio 2024]. ISBN 978-612-48427-4-0. Disponible en: www.gob.pe/sencico.

SHETTY, M. Shetty. *Concrete Technology: Theory and Practice*. 6^a ed. New Delhi: S. Chand & Company Ltd., 2005.

SHILSTONE, Joseph M. *Concrete Mixture Optimization*. *Concrete International*, 1990, vol. 12, no. 6, pp. 33-39. ISSN 0899-3567.

SILVA, Rui V., DE BRITO, Jorge, y DHIR, Ravindra K. *Properties and Composition of Recycled Aggregates from Construction and Demolition Waste Suitable for Concrete Production*. *Construction and Building Materials*, 2014, vol. 65, pp. 201-217. ISSN 0950-0618.

SINGH, A. P. & KAUSHIK, S. K. *Concrete Technology*. New Delhi: Laxmi Publications, 2008.

TAFUR, Yamilet. *Estudio del comportamiento físico-mecánico del concreto diseñado y elaborado con agregado grueso reciclado en la ciudad de Cajamarca*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2015.

TAM, Victor W. Y., y TAM, Cynthia M. *A Review on the Viable Technology for Construction Waste Recycling*. *Resources, Conservation and Recycling*, 2006, vol. 47, no. 3, pp. 209-221. ISSN 0921-3449.

TAM, Victor W. Y. *Comparing the Implementation of Concrete Recycling in the Australian and Japanese Construction Industries*. *Journal of Cleaner Production*, 2009, vol. 17, no. 7, pp. 688-702. ISSN 0959-6526.

TAYLOR, Harry. F. W. *Cement Chemistry*. 2^a ed. London: Thomas Telford, 1997.

TRIOLA, Mario F. *Estadística*. 10^a ed. México: Pearson Educación, 2009.

XIANGGANG, Li; ZHANG, Ming; y WANG, Lei. El árido grueso reciclado y su preparación. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2018, Vol. 30, No. 5, pp. 04018214-1 - 04018214-8. ISSN 0899-1561.



ANEXOS



Anexo A

Matriz de consistencia



Tabla 46 — Matriz de consistencia de la investigación

“Análisis de la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023”

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método y técnicas
¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023?	Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023	El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en las propiedades de compresión, flexión y consistencia del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023.	Variable Independiente: Concreto reciclado	Análisis granulométrico (tamizado), ensayo de densidad real y aparente, ensayo de absorción de agua, ensayo de abrasión de los ángeles, diseño de mezclas de concreto.	Granulometría Densidad Absorción Resistencia al desgaste por abrasión. Porcentaje a dosificar 50%, 75%,100%.	Enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación: Cuantitativa, descriptiva aplicada y experimental. Población y muestra: 72 testigos cilíndricos y 24 viguetas. Técnicas: Ensayos de laboratorio Revisión documentaria Instrumentos: Tamiz, picnómetro, horno, aparato de “Los Ángeles”, hoja de cálculo, máquina de ensayos universal, ficha de recolección de datos, documentación técnica. Análisis de datos con Excel y SPS. Estadístico: Prueba ANOVA
P1. ¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de compresión del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023? P2. ¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de flexión del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023? P3. ¿Cuál es la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de consistencia del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023?	O1. Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de compresión del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023. O2. Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de flexión del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023. O3. Determinar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso, en la propiedad de consistencia del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023.	H1. El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en la propiedad de compresión del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023. H2. El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en la propiedad de flexión del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023. H3. El uso de concreto reciclado como agregado grueso, influye en la propiedad de consistencia del concreto F’c=210 kg/cm2 utilizando aditivo superplastificante y microsilice en ciudad de Abancay – provincia de Abancay – Apurímac - 2023.	Variable Dependiente: Propiedad de compresión del concreto Propiedad de flexión del concreto Propiedad de consistencia del concreto	Ensayo de resistencia a la compresión. Ensayo de resistencia a flexión. Ensayo de cono de Abrams.	Carga máxima aplicada. Deformación. Carga máxima aplicada Longitud, ancho y altura Asentamiento del concreto (SLUMP)	



Anexo B

Instrumento de recolección de datos



Tabla 47 — Resistencia a la compresión del GC a los 7 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
C.P - 01	7		Cono y hendedura
C.P - 02	7		Cono y corte
C.P - 03	7		Columnar
C.P - 04	7		Cono y corte
C.P - 05	7		Cono y corte
C.P - 06	7		Columnar

Tabla 48 — Resistencia a la compresión del GC a los 14 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
C.P - 01	14		Cono y hendedura
C.P - 02	14		Columnar
C.P - 03	14		Cono y corte
C.P - 04	14		Columnar
C.P - 05	14		Falso
C.P - 06	14		Cono y corte

Tabla 49 — Resistencia a la compresión del GC a los 28 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
C.P - 01	28		Cono y corte
C.P - 02	28		Cono y hendedura
C.P - 03	28		Falso
C.P - 04	28		Cono y hendedura
C.P - 05	28		Columnar
C.P - 06	28		Cono y hendedura

Tabla 50 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 7 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	7		Columnar
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	7		Cono y corte
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	7		Cono y corte
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	7		Cono
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	7		Corte
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	7		Cono y corte

Tabla 51 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 14 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(50 %) A.G.R-6 %m-0.013% s - 01	14		Columnar
(50 %) A.G.R-6 %m-0.013% s - 02	14		Cono y corte
(50 %) A.G.R-6 %m-0.013% s - 03	14		Cono
(50 %) A.G.R-6 %m-0.013% s - 04	14		Cono y corte
(50 %) A.G.R-6 %m-0.013% s - 05	14		Cono y hendedura
(50 %) A.G.R-6 %m-0.013% s - 06	14		Cono y corte

Tabla 52 — Resistencia a la compresión del GE1 a los 28 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	28		Columnar
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	28		Corte
(50 %) A.G. R-6 %M-0.013%S - 03	28		Cono y corte
(50 %) A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	28		Cono y hendedura
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	28		Cono y hendedura
(50 %) A.G. R-6 %M-0.013%S - 06	28		Columnar

Tabla 53 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 7 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	7		Cono
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	7		Cono
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	7		Columnar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	7		Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	7		Columnar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	7		Columnar

Tabla 54 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 14 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	14		Cono y corte
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	14		Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	14		Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	14		Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	14		Corte
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	14		Cono

Tabla 55 — Resistencia a la compresión del GE2 a los 28 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(75 %) A.G.R- 6%M-0.013% - 01	28		Cono y hendedura
(75 %) A.G.R- 6%M-0.013% - 02	28		Cono y hendedura
(75 %) A.G.R- 6%M-0.013% - 03	28		Cono y hendedura
(75 %) A.G.R- 6%M-0.013% - 04	28		Columnar
(75 %) A.G.R- 6%M-0.013% - 05	28		Cono y corte
(75 %) A.G.R- 6%M-0.013% - 06	28		Cono y hendedura

Tabla 56 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 7 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	7		Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	7		Cono
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	7		Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	7		Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	7		Cono
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	7		Cono y hendedura

Tabla 57 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 14 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	14		Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	14		Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	14		Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	14		Columnar
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	14		Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	14		Cono y hendedura

Tabla 58 — Resistencia a la compresión del GE3 a los 28 días y su tipo de falla

Nombre del elemento	Días de curado	Fotografía	Tipo de falla
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	28		Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	28		Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	28		Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	28		Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	28		Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	28		Cono y hendedura

Tabla 59 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GC

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Diámetro (mm)			Área (cm ²)	Esfuerzo (kg)	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Superior	Medio	Inferior				
C.P - 01	01/06/2023	08/06/2023	7	101.49	101.59	101.54	80.98	18750.00	238.7	Cono y hendedura
C.P - 02	01/06/2023	08/06/2023	7	101.56	101.6	101.45	80.97	17905.00	227.9	Cono y corte
C.P - 03	01/06/2023	08/06/2023	7	101.51	101.62	101.57	81.02	19322.00	232.4	Columnar
C.P - 04	01/06/2023	08/06/2023	7	101.83	101.68	101.56	81.22	18084.00	230.2	Cono y corte
C.P - 05	01/06/2023	08/06/2023	7	101.73	101.7	101.48	81.13	17809.00	231.3	Cono y corte
C.P - 06	01/06/2023	08/06/2023	7	101.51	101.6	101.39	80.91	17946.50	230.75	Columnar
C.P - 01	08/06/2023	15/06/2023	14	101.55	101.5	101.45	80.91	22968.08	292.35	Cono y hendedura
C.P - 02	08/06/2023	15/06/2023	14	101.44	101.55	101.59	80.96	23653.00	301.1	Columnar
C.P - 03	08/06/2023	15/06/2023	14	101.8	101.95	101.64	81.39	23791.00	302.9	Cono y corte
C.P - 04	08/06/2023	15/06/2023	14	101.96	101.79	101.99	81.57	23159.00	294.8	Columnar
C.P - 05	08/06/2023	15/06/2023	14	101.87	101.9	101.54	81.34	23336.00	297.1	Falso
C.P - 06	08/06/2023	15/06/2023	14	101.66	101.72	101.81	81.28	22879.00	291.3	Cono y corte
C.P - 01	15/06/2023	29/06/2023	28	101.65	101.56	101.88	81.23	24005.00	305.6	Cono y corte
C.P - 02	15/06/2023	29/06/2023	28	101.57	101.81	101.86	81.31	25200.00	320.8	Cono y hendedura
C.P - 03	15/06/2023	29/06/2023	28	101.61	101.9	101.75	81.32	24438.00	311.1	Columnar
C.P - 04	15/06/2023	29/06/2023	28	101.52	101.44	101.24	80.75	23808.00	303.1	Cono y hendedura
C.P - 05	15/06/2023	29/06/2023	28	101.58	101.81	101.71	81.23	24797.00	315.7	Columnar
C.P - 06	15/06/2023	29/06/2023	28	101.55	101.625	101.475	80.99	24302.50	309.4	Cono y hendedura



Tabla 60 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GE1

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Diámetro (mm)			Área (cm ²)	Esfuerzo (kg)	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Superior	Medio	Inferior				
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	01/06/2023	08/06/2023	7	101.47	101.54	101.48	80.91	19668.82	243.1	Columnar
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	01/06/2023	08/06/2023	7	101.46	101.85	101.66	81.16	21216.18	261.4	Cono y corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	01/06/2023	08/06/2023	7	101.43	101.68	101.8	81.13	21264.63	262.1	Cono y corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	01/06/2023	08/06/2023	7	101.56	101.43	101.2	80.75	20841.32	258.1	Cono
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	01/06/2023	08/06/2023	7	101.5	101.49	101.46	80.89	20779.90	256.9	Corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	01/06/2023	08/06/2023	7	101.44	101.36	101.36	80.73	20473.91	253.6	Cono y corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	08/06/2023	15/06/2023	14	101.47	101.27	101.15	80.59	25740.39	319.4	Columnar
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	08/06/2023	15/06/2023	14	101.51	101.37	101.2	80.69	25756.45	319.2	Cono y corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	08/06/2023	15/06/2023	14	101.65	101.65	101.4	81.02	23617.33	291.5	Cono
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	08/06/2023	15/06/2023	14	101.51	101.61	101.4	80.92	24285.39	300.1	Cono y corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	08/06/2023	15/06/2023	14	101.55	101.48	101.53	80.95	25862.11	319.5	Cono y hendedura
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	08/06/2023	15/06/2023	14	101.56	101.24	101	80.54	24227.06	300.8	Cono y corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	15/06/2023	29/06/2023	28	101.6	101.8	101.89	81.33	27238.78	334.9	Columnar
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	15/06/2023	29/06/2023	28	101.76	101.62	101.44	81.08	26984.70	332.8	Corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	15/06/2023	29/06/2023	28	101.7	101.54	101.73	81.16	27197.94	335.1	Cono y corte
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	15/06/2023	29/06/2023	28	101.88	101.87	101.95	81.55	30076.63	368.8	Cono y hendedura
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	15/06/2023	29/06/2023	28	101.55	101.64	101.56	81.05	28455.46	351.1	Cono y hendedura



(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	15/06/2023	29/06/2023	28	101.56	101.55	101.82	81.30	28145.94	346.2	Columnar
-------------------------------	------------	------------	----	--------	--------	--------	-------	----------	-------	----------

Tabla 61 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GE2

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Diámetro (mm)			Área (cm ²)	Esfuerzo (kg)	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Superior	Medio	Inferior				
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	02/06/2023	09/06/2023	7	101.7	101.25	100.96	80.60	18328.54	227.4	Cono
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	02/06/2023	09/06/2023	7	101.48	101.55	101.7	81.04	20323.82	250.8	Cono
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	02/06/2023	09/06/2023	7	101.53	101.61	101.97	81.24	17254.99	212.4	Columnar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	02/06/2023	09/06/2023	7	101.43	101.41	101.28	80.71	19677.55	243.8	Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	02/06/2023	09/06/2023	7	101.55	101.42	101.44	80.87	18680.01	231	Columnar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	02/06/2023	09/06/2023	7	101.52	101.33	101.84	81.01	19500.24	240.7	Columnar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	09/06/2023	16/06/2023	14	101.9	101.4	101.35	80.99	23083.12	285	Cono y corte
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	09/06/2023	16/06/2023	14	101.4	101.4	101.5	80.81	23563.45	291.6	Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	09/06/2023	16/06/2023	14	101.78	101.67	101.88	81.36	24886.61	305.9	Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	09/06/2023	16/06/2023	14	101.95	101.64	101.7	81.33	24172.49	297.2	Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	09/06/2023	16/06/2023	14	101.63	101.76	101.73	81.24	24226.82	298.2	Corte
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	09/06/2023	16/06/2023	14	101.58	101.63	101.34	80.94	23666.93	292.4	Cono



(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 01	16/06/2023	30/06/2023	28	101.82	101.11	101.82	81.05	25343.27	312.7	Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 02	16/06/2023	30/06/2023	28	101.55	101.46	101.6	80.97	25425.26	314	Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 03	16/06/2023	30/06/2023	28	101.57	101.54	101.69	81.07	27913.50	344.3	Cono y hendedura
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 04	16/06/2023	30/06/2023	28	101.68	101.84	101.71	81.30	26992.30	332	Columnar
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 05	16/06/2023	30/06/2023	28	101.7	101.64	101.43	81.06	26594.88	328.1	Cono y corte
(75 %) A.G.R-6%M-0.013% - 06	16/06/2023	30/06/2023	28	101.68	101.46	101.43	81.18	25076.40	308.9	Cono y hendedura

Tabla 62 — Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del GE3

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Diámetro (mm)			Área (cm ²)	Esfuerzo (kg)	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Superior	Medio	Inferior				
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	02/06/2023	09/06/2023	7	101.64	102.02	102.27	81.68	20173.83	247.00	Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	02/06/2023	09/06/2023	7	101.45	101.59	101.50	80.93	17522.41	216.50	Cono
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	02/06/2023	09/06/2023	7	101.41	101.43	101.48	80.82	20713.67	256.30	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	02/06/2023	09/06/2023	7	101.67	101.64	101.66	81.16	19941.91	245.70	Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	02/06/2023	09/06/2023	7	101.30	101.57	101.66	80.93	20604.68	254.60	Cono
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	02/06/2023	09/06/2023	7	101.79	101.61	101.96	81.37	18186.50	223.50	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	09/06/2023	16/06/2023	14	101.67	101.60	101.60	81.11	23765.36	293.00	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	09/06/2023	16/06/2023	14	101.72	101.47	101.63	81.08	24600.84	303.40	Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	09/06/2023	16/06/2023	14	101.56	101.59	101.79	81.15	24595.86	303.10	Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	09/06/2023	16/06/2023	14	101.62	101.70	101.64	81.16	25978.78	320.10	Columnar



(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	09/06/2023	16/06/2023	14	101.34	100.95	100.75	80.14	25796.94	321.90	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	09/06/2023	16/06/2023	14	101.54	101.43	101.14	80.71	26068.22	323.00	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 01	16/06/2023	30/06/2023	28	101.54	101.61	101.80	81.15	25895.93	319.10	Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 02	16/06/2023	30/06/2023	28	101.57	101.52	101.72	81.08	26909.96	331.90	Cono y corte
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 03	16/06/2023	30/06/2023	28	101.58	101.61	101.89	81.22	27794.24	342.20	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 04	16/06/2023	30/06/2023	28	101.55	101.52	101.48	80.94	28855.20	356.50	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 05	16/06/2023	30/06/2023	28	101.68	101.69	102.12	81.44	28227.34	346.60	Cono y hendedura
(100 %) A.G.R-6%M-0.013%S - 06	16/06/2023	30/06/2023	28	101.59	101.55	101.65	81.19	27677.83	340.90	Cono y hendedura

Tabla 63 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GC

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Medidas (cm)			Esfuerzo (kg)	Resistencia a flexión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Largo	Ancho	Profundidad			
C.P - 01	17/05/2023	14/06/2023	28	54.41	15.22	15.31	3300	42.60	Tercio central
C.P - 02	17/05/2023	14/06/2023	28	54.39	15.2	15.29	3037	39.20	Tercio central
C.P - 03	17/05/2023	14/06/2023	28	53.90	15.25	15.28	3276	42.30	Tercio central
C.P - 04	17/05/2023	14/06/2023	28	53.80	15.22	15.3	3433	44.30	Tercio central
C.P - 05	17/05/2023	14/06/2023	28	54.41	15.24	15.32	3368	43.50	Tercio central
C.P - 06	17/05/2023	14/06/2023	29	54.23	15.24	15.29	3280	42.50	Tercio central



Tabla 64 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GE1

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Medidas (mm)			Esfuerzo (kg)	Resistencia a flexión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Largo	Ancho	Profundidad			
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 01	02/05/2023	30/05/2023	28	54.41	15.22	15.31	3768	48.60	Tercio central
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 02	02/05/2023	30/05/2023	28	54.39	15.2	15.29	4174	53.90	Tercio central
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 03	02/05/2023	30/05/2023	28	53.90	15.25	15.28	3543	45.70	Tercio central
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 04	02/05/2023	30/05/2023	28	53.80	15.22	15.3	3979	51.40	Tercio central
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 05	02/05/2023	30/05/2023	28	54.41	15.24	15.32	4026	52.00	Tercio central
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 06	02/05/2023	30/05/2023	29	54.23	15.24	15.29	4168	53.50	Tercio central

Tabla 65 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GE2

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Medidas (mm)			Esfuerzo (kg)	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Largo	Ancho	Profundidad			
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 01	03/06/2023	01/07/2023	28	54.41	15.22	15.31	3979	51.40	Tercio central
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 02	03/06/2023	01/07/2023	28	54.39	15.2	15.29	4255	54.90	Tercio central
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 03	03/06/2023	01/07/2023	28	53.90	15.25	15.28	3990	51.50	Tercio central



(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 04	03/06/2023	01/07/2023	28	53.80	15.22	15.3	4498	58.10	Tercio central
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 05	03/06/2023	01/07/2023	28	54.41	15.24	15.32	4221	54.50	Tercio central
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 06	03/06/2023	01/07/2023	28	54.23	15.24	15.29	4218	53.40	Tercio central

Tabla 66 — Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del GE3

Nombre del elemento	Fecha de desencofrado de concreto	Fecha de resistencia a compresión	Días de curado	Medidas (mm)			Esfuerzo (kg)	Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm ²)	Tipo de falla
				Largo	Ancho	Profundidad			
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 01	04/06/2023	02/07/2023	28	54.41	15.22	15.31	4076	52.60	Tercio central
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 02	04/06/2023	02/07/2023	28	54.39	15.2	15.29	4273	55.10	Tercio central
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 03	04/06/2023	02/07/2023	28	53.90	15.25	15.28	4023	52.00	Tercio central
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 04	04/06/2023	02/07/2023	28	53.80	15.22	15.3	4028	52.00	Tercio central
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 05	04/06/2023	02/07/2023	28	54.41	15.24	15.32	4466	57.60	Tercio central
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 06	04/06/2023	02/07/2023	28	54.23	15.24	15.29	4274	52.50	Tercio central



Masa total humeda antes del lavado (g):		Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):		ESPECIFICACIÓN NPT 400.037			
Masa total seca calculada (g):		Error (%):		ESPECIFICACIÓN NPT 400.037			
Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límite Inferior (%)	Límite Superior (%)
U.S Standard	mm						
						100	100
						95	100
						80	100
						50	85
						25	60
						5	30
						0	10
Pasa # 200				CUMPLE ESPECIFICACIÓN		NO CUMPLE	
Total Tamizado (g)		MÓDULO DE FINEZA		0.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA

REtenido ACUMULADO %

DESIGNACIÓN DE LA MALLA

— Curva Granulométrica - - - - - ESPECIFICACIÓN NPT 400.037

OBSERVACIONES:

Figura 55 — Formato de instrumento N 1


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL


<p style="text-align: center; font-size: x-small; margin: 0;">INSTRUMENTO N° 4 PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021:2001</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023</p>	<p style="font-size: x-small; margin: 0;">FECHA DE ENSAYO:</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">CANTERA:</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">UBICACIÓN:</p>
--	--

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)			
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)			
Peso de la Muestra Suelta (gr)			
Volumen del Molde (cm ³)			
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)			
Peso Especifico (kg/m ³)			
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)			
Porcentaje de Vacíos			

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	
Porcentaje de Vacíos	

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Capas			
Número de Golpes			
Peso del Molde (gr)			
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)			
Peso de la Muestra Varillada (gr)			
Volumen del Molde (cm ³)			
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)			
Peso Especifico (kg/m ³)			
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)			
Porcentaje de Vacíos			

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	
Porcentaje de Vacíos	

OBSERVACIONES: _____

Figura 58 — Formato de instrumento N 4



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 5 PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NATURAL) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021.2001	FECHA DE ENSAYO:	
		CANTERA:	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	UBICACIÓN:	
		MUESTRA:	

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)			
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)			
Peso de la Muestra Suelta (gr)			
Volumen del Molde (cm ³)			
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)			
Peso Especifico (kg/m ³)			
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)			
Porcentaje de Vacíos			

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	
Porcentaje de Vacíos	

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Capas			
Número de Golpes			
Peso del Molde (gr)			
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)			
Peso de la Muestra Varillada (gr)			
Volumen del Molde (cm ³)			
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)			
Peso Especifico (kg/m ³)			
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)			
Porcentaje de Vacíos			

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	
Porcentaje de Vacíos	

OBSERVACIONES: _____

Figura 59 — Formato de instrumento N 5



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 6 PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (RECICLADO) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021-2001	FECHA DE ENSAYO:	
		CANTERA:	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	UBICACIÓN:	
		MUESTRA:	

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)			
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)			
Peso de la Muestra Suelta (gr)			
Volumen del Molde (cm ³)			
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)			
Peso Especifico (kg/m ³)			
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)			
Porcentaje de Vacios			

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	
Porcentaje de Vacios	

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Capas			
Número de Golpes			
Peso del Molde (gr)			
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)			
Peso de la Muestra Varillada (gr)			
Volumen del Molde (cm ³)			
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)			
Peso Especifico (kg/m ³)			
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)			
Porcentaje de Vacios			

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	
Porcentaje de Vacios	

OBSERVACIONES: _____

Figura 60 — Formato de instrumento N 6



	UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																										
TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 7 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO:																									
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F _C = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCA Y - PROVINCIA DE ABANCA Y - APURÍMAC - 2023	CANTERA:																									
		UBICACIÓN:																									
		MUESTRA:																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4f81bd; color: white;"> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO</th> </tr> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <th colspan="2">DATOS DEL ENSAYO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen del Picnómetro (ml)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Picnómetro (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Seca (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (g)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Picnómetro + Agua (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Sumergida (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua Desplazada (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua Absorbida (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Específico (gr/cm³)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capacidad de Absorción</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO		DATOS DEL ENSAYO		Volumen del Picnómetro (ml)		Peso del Picnómetro (gr)		Peso de la Muestra Seca (gr)		Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)		Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (g)		Peso del Picnómetro + Agua (gr)		Peso de la Muestra Sumergida (gr)		Peso del Agua Desplazada (gr)		Peso del Agua Absorbida (gr)		Peso Específico (gr/cm ³)		Capacidad de Absorción	
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO																											
DATOS DEL ENSAYO																											
Volumen del Picnómetro (ml)																											
Peso del Picnómetro (gr)																											
Peso de la Muestra Seca (gr)																											
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)																											
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (g)																											
Peso del Picnómetro + Agua (gr)																											
Peso de la Muestra Sumergida (gr)																											
Peso del Agua Desplazada (gr)																											
Peso del Agua Absorbida (gr)																											
Peso Específico (gr/cm ³)																											
Capacidad de Absorción																											
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____ _____																											

Figura 61 — Formato de instrumento N 7





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 8

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NATURAL)

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

FECHA DE ENSAYO:

CANTERA:

UBICACIÓN:

MUESTRA:

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO	
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la canastilla sumergida (gr)	
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	
Peso del Agua Absorbida (gr)	
Peso Especifico (gr/cm ³)	
Capacidad de Absorción (%)	

OBSERVACIONES: _____

Figura 62 — Formato de instrumento N 8



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 																				
TESIS: DESCRIPCIÓN: _____	INSTRUMENTO N° 9 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (RECICLADO) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO: _____ CANTERA: _____ UBICACIÓN: _____ MUESTRA: _____																		
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4f81bd; color: white;"> <th colspan="2">PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</th> </tr> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <th style="width: 80%;">DATOS DEL ENSAYO</th> <th style="width: 20%;">MUESTRA 01</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la canastilla sumergida (gr)</td> <td style="background-color: #fff2cc;"></td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Seca (gr)</td> <td style="background-color: #f4cccc;"></td> </tr> <tr> <td>Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)</td> <td style="background-color: #fff2cc;"></td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)</td> <td style="background-color: #fff2cc;"></td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua Absorbida (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico (gr/cm³)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capacidad de Absorción (%)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO		DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	Peso de la canastilla sumergida (gr)		Peso de la Muestra Seca (gr)		Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)		Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)		Peso del Agua Absorbida (gr)		Peso Especifico (gr/cm ³)		Capacidad de Absorción (%)	
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO																				
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01																			
Peso de la canastilla sumergida (gr)																				
Peso de la Muestra Seca (gr)																				
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)																				
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)																				
Peso del Agua Absorbida (gr)																				
Peso Especifico (gr/cm ³)																				
Capacidad de Absorción (%)																				
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____																				

Figura 63 — Formato de instrumento N 9





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 10
HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO (NATURAL)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

FECHA DE ENSAYO: _____

CANTERA: _____

UBICACIÓN: _____

MUESTRA: _____

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	
Cápsula N°	
Peso agregado humedo + recipiente (g)	
Peso agregado seco + recipiente (g)	
Peso del agua (g)	
Peso del recipiente (g)	
Peso neto del suelo seco (g)	
% de Humedad	

w (%) Promedio =	
------------------	--

NOTA : El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.

OBSERVACIONES: _____

Figura 64 — Formato de instrumento N 10





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 11
HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO (RECICLADO)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

FECHA DE ENSAYO: _____

CANTERA: _____

UBICACIÓN: _____

MUESTRA: _____

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO	
ENSAYO	
Cápsula N°	
Peso agregado humedo + recipiente (g)	
Peso agregado seco + recipiente (g)	
Peso del agua (g)	
Peso del recipiente (g)	
Peso neto del suelo seco (g)	
% de Humedad	

w (%) Promedio =	
------------------	--

NOTA : El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.

OBSERVACIONES:

Figura 65 — Formato de instrumento N 11





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 12
 HUMEDAD DE AGREGADO FINO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

FECHA DE ENSAYO:

CANTERA:

UBICACIÓN:

MUESTRA:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	
Cápsula N°	
Peso agregado húmedo + recipiente (g)	
Peso agregado seco + recipiente (g)	
Peso del agua (g)	
Peso del recipiente (g)	
Peso neto del suelo seco (g)	
% de Humedad	

w (%) Promedio =

NOTA : El contenido de humedad del agregado fino se determino de una muestra alterada.

OBSERVACIONES: _____

Figura 66 — Formato de instrumento N 12



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 13
PRUEBA A LA ABRASION Y AL DESGASTE MTC E 207

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

FECHA DE ENSAYO: _____

CANTERA: _____

UBICACIÓN: _____

MUESTRA: _____

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____

Restintencia a la abrasion y al desgaste		
TAMIZ	GRADACIONES	
	B, Natural	B, Reciclado
1 1/2"		
1"		
3/4"		
1/2"		
3/8"		
1/4"		
N° 4		
PESO TOTAL		
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO		
PESO OBTENIDO		
N° DE ESFERAS		
PESO DE LAS ESFERAS		
PORCENTAJE OBTENIDO		

OBSERVACIONES:

Figura 67 — Formato de instrumento N 13





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 14
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), CONCRETO PATRON
NORMAS TÉCNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

FECHA DE ENSAYO: _____

CANTERA: _____

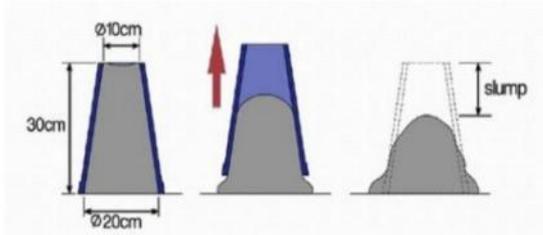
UBICACIÓN: _____

MUESTRA: _____

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____



consistencia del concreto fresco	
consistenci	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	_____
Consistencia	_____

OBSERVACIONES: _____

Figura 68 — Formato de instrumento N 14



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 15

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), 50% DE REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO.

NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'C = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

FECHA DE ENSAYO: _____

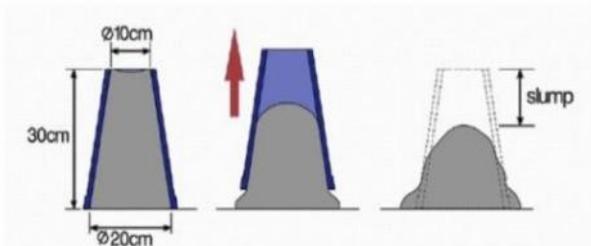
CANTERA: _____

UBICACIÓN: _____

MUESTRA: _____

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____



consistencia del concreto fresco	
consistencia	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	
Consistencia	

OBSERVACIONES:

Figura 69 — Formato de instrumento N 15



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 16

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), 75% DE REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO

NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

FECHA DE ENSAYO: _____

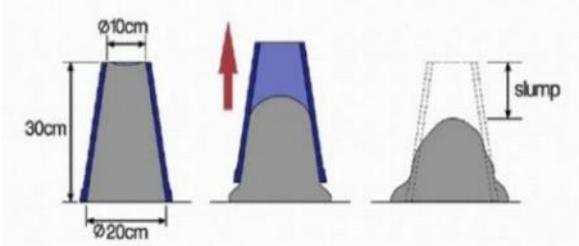
CANTERA: _____

UBICACIÓN: _____

MUESTRA: _____

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____



consistencia del concreto fresco	
consistencia	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	
Consistencia	

OBSERVACIONES:

Figura 70 — Formato de instrumento N 16



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 17

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), 100% DE REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO

NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'C = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

FECHA DE ENSAYO: _____

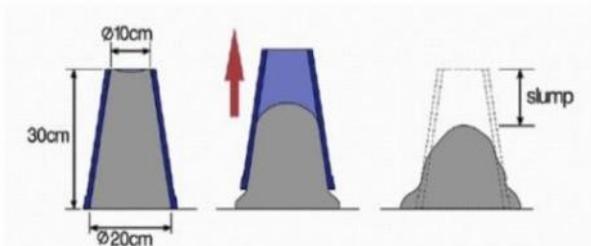
CANTERA: _____

UBICACIÓN: _____

MUESTRA: _____

TESIS: _____

DESCRIPCIÓN: _____



consistencia del concreto fresco	
consistencia	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	
Consistencia	

OBSERVACIONES:

Figura 71 — Formato de instrumento N 17

Anexo C

Resultados



MICHAELA BASTIDAS		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
		INSTRUMENTO N° 1							
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO							
		NORMAS TÉCNICAS: MTC E 204, ASTM C 33, NTP 400.012:2001							
TESIS:	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023					FECHA DE ENSAYO:			
						CANTERA:	PINOS		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)					UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay Apurímac		
Masa total húmeda antes del lavado (g):		1456.6		Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):		1244.2			
Masa total seca calculada (g):		1390.0		Error (%):		0.00		ESPECIFICACIÓN NPT 400.037	
Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límite Inferior (%)	Límite Superior (%)		
U.S Standard	mm								
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
#4	4.74	62.4	4.5	4.5	95.5	95	100		
#8	2.36	295.2	21.2	25.7	74.3	80	100		
#16	1.18	359.0	25.8	51.6	48.4	50	85		
#30	0.60	241.9	17.4	69.0	31.0	25	60		
#50	0.30	156.6	11.3	80.2	19.8	5	30		
#100	0.15	80.4	5.8	86.0	14.0	0	10		
#200	0.08	48.7	3.5	89.5	10.5				
Pasa # 200		145.8		10.5		CUMPLE ESPECIFICACIÓN		NO CUMPLE	
Total Tamizado (g)		1244.2		MÓDULO DE FINEZA 3.17					
CURVA GRANULOMÉTRICA									
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____									

Figura 77 — Formato de instrumento N 1 completo



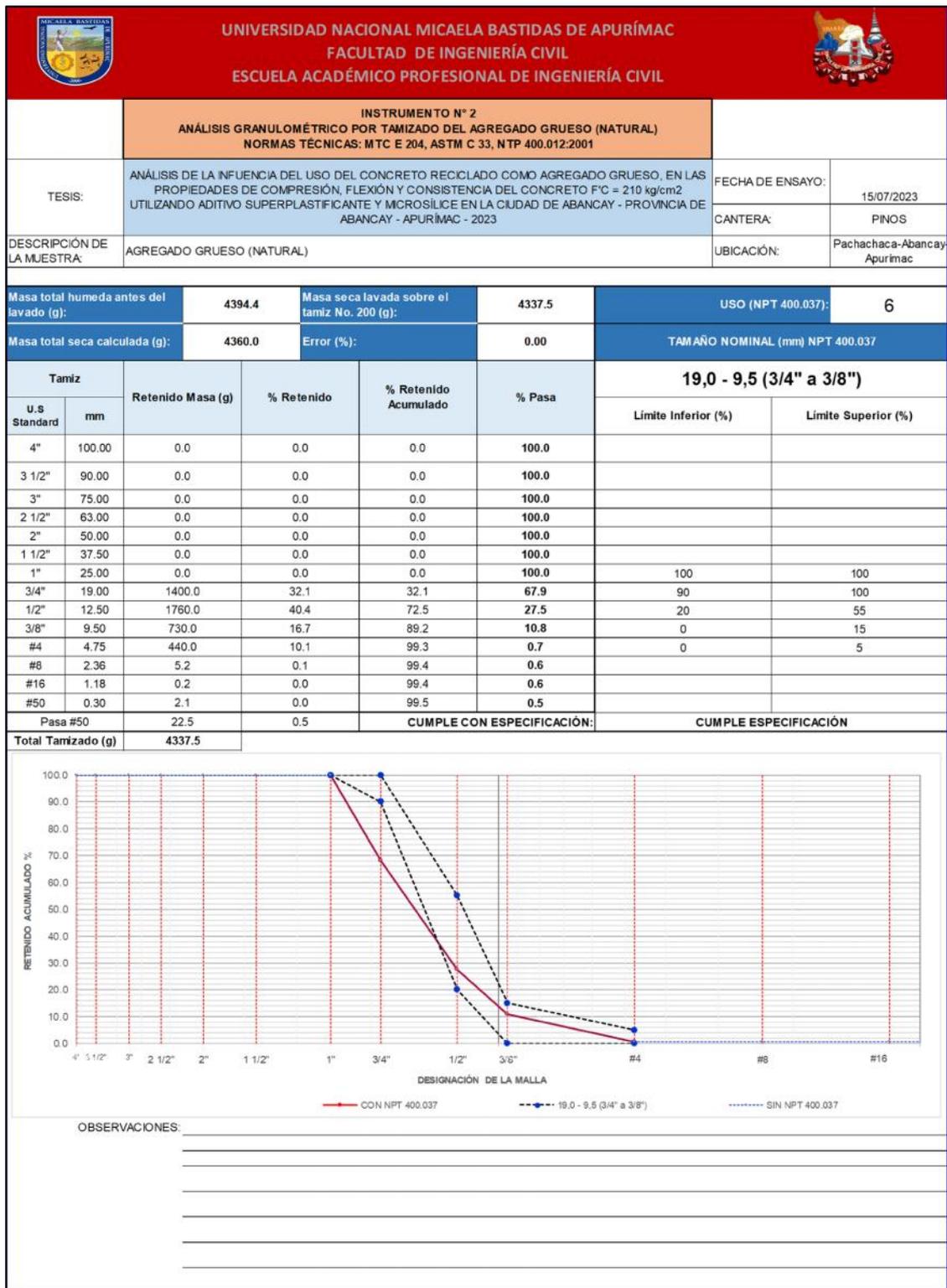


Figura 78 — Formato de instrumento N 2 completo.



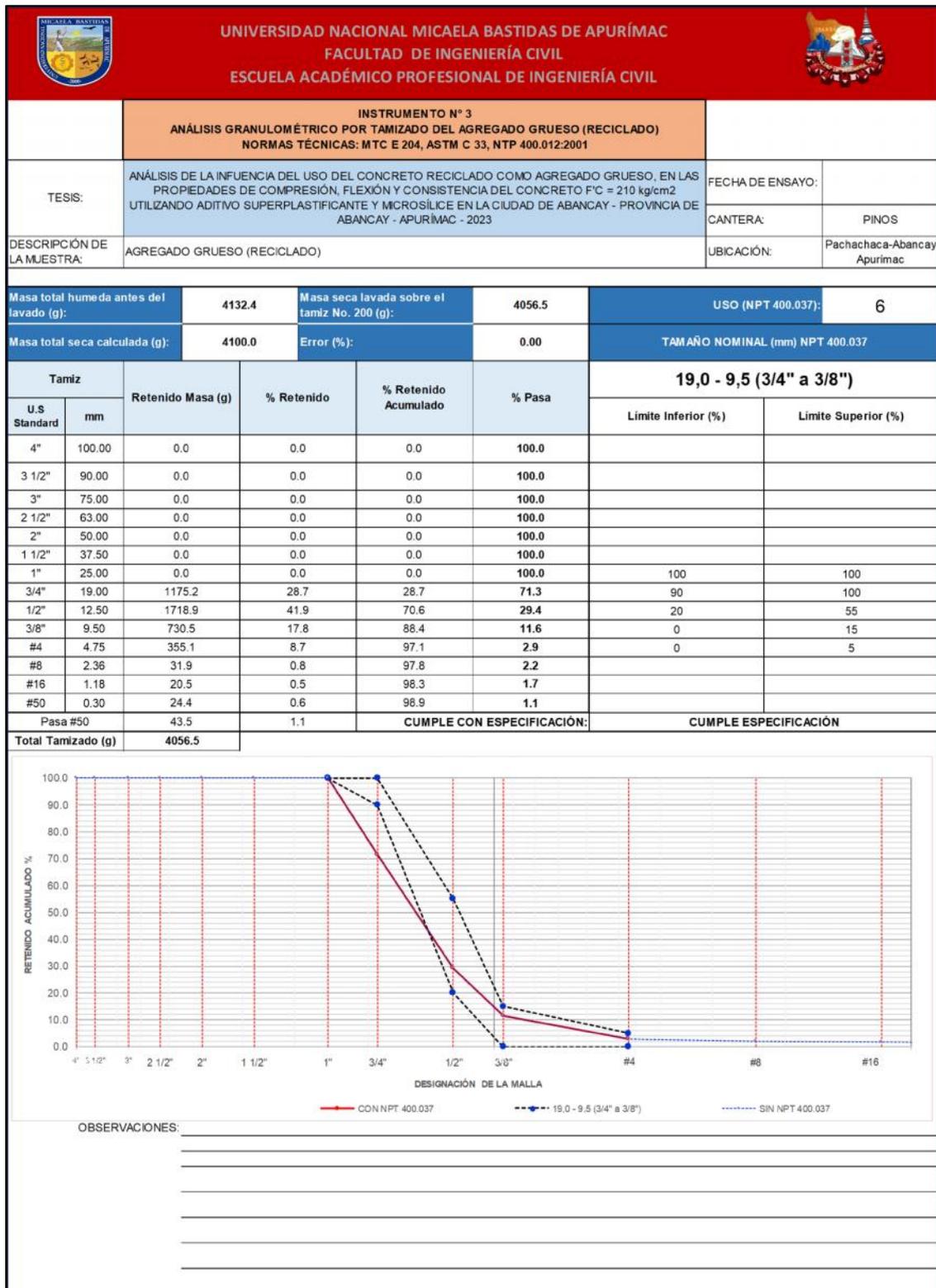


Figura 79 — Formato de instrumento N 3 completo





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 4 PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO NORMAS TECNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO:	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	CANTERA:	PIÑOS
		UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay-Apurímac
		MUESTRA:	1

DISEÑO DE MEZCLAS

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	3950	3950	3950
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	18420	18510	18450
Peso de la Muestra Suelta (gr)	14470	14560	14500
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.533	1.543	1.536
Peso Especifico (kg/m ³)	2756.546	2756.546	2756.546
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1533.009	1542.544	1536.188
Porcentaje de Vacíos	44.39%	44.04%	44.27%

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1537.247
Porcentaje de Vacíos	44.23%

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Capas	3	3	3
Número de Golpes	25	25	25
Peso del Molde (gr)	3950	3950	3950
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	20410	20480	20400
Peso de la Muestra Varillada (gr)	16460	16530	16450
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.744	1.751	1.743
Peso Especifico (kg/m ³)	2756.546	2756.546	2756.546
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1743.838	1751.254	1742.779
Porcentaje de Vacíos	36.74%	36.47%	36.78%

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1745.96
Porcentaje de Vacíos	36.66%

OBSERVACIONES:

Figura 80 — Formato de instrumento N 4 completo





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:	INSTRUMENTO N° 5 PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NATURAL) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO:	
		CANTERA:	PINOS
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO. EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay-Apurímac
		MUESTRA:	1

DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE MEZCLAS

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	3950	3950	3950
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	16400.0	16500.0	16480.0
Peso de la Muestra Suelta (gr)	12450.0	12550.0	12530
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.319	1.330	1.327
Peso Específico (kg/m ³)	2620.700	2620.700	2620.700
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1319.003	1329.597	1327.478
Porcentaje de Vacíos	49.67%	49.27%	49.35%

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1325.359
Porcentaje de Vacíos	49.43%

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Capas	3	3	3
Número de Golpes	25	25	25
Peso del Molde (gr)	3950	3950	3950
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	18542.0	18531.0	18581.0
Peso de la Muestra Varillada (gr)	14592.0	14581.0	14631.0
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.546	1.545	1.550
Peso Específico (kg/m ³)	2620.700	2620.700	2620.700
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1545.93	1544.77	1550.07
Porcentaje de Vacíos	41.01%	41.06%	40.85%

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1546.92
Porcentaje de Vacíos	40.97%

OBSERVACIONES: _____

Figura 81 — Formato de instrumento N 5 completo

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		FECHA DE ENSAYO:	
TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 6 PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (RECICLADO) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	CANTERA:	PINOS
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICRO SÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay- Apurímac
		MUESTRA:	1
	DISEÑO DE MEZCLAS		
PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	3950	3950	3950
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	16300.0	16250.0	16380.0
Peso de la Muestra Suelta (gr)	12350.0	12300.0	12430
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.308	1.303	1.317
Peso Especifico (kg/m ³)	2246.852	2246.852	2246.852
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1308.408	1303.111	1316.884
Porcentaje de Vacíos	41.77%	42.00%	41.39%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)		1309.468	
Porcentaje de Vacíos		41.72%	
PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Capas	3	3	3
Número de Golpes	25	25	25
Peso del Molde (gr)	3950	3950	3950
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	17890.0	17870.0	17820.0
Peso de la Muestra Varillada (gr)	13940.0	13920.0	13870.0
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.477	1.475	1.469
Peso Especifico (kg/m ³)	2246.852	2246.852	2246.852
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1476.86	1474.74	1469.44
Porcentaje de Vacíos	34.27%	34.36%	34.60%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)		1473.68	
Porcentaje de Vacíos		34.41%	
OBSERVACIONES: _____			

Figura 82 — Formato de instrumento N 6 completo



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 																												
TESIS: DESCRIPCIÓN:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #f4a460;"> <td style="text-align: center;"> INSTRUMENTO N° 7 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 29, NTP 400.021:2001 </td> <td style="width: 20%; vertical-align: top;"> FECHA DE ENSAYO: CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA: </td> <td style="width: 20%; vertical-align: top;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">PINOS</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pachachaca-Abancay- Apurímac</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table> </td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td colspan="3" style="padding: 5px;"> ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023 </td> </tr> </table>	INSTRUMENTO N° 7 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO: CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">PINOS</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pachachaca-Abancay- Apurímac</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	PINOS	Pachachaca-Abancay- Apurímac	1	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023																				
INSTRUMENTO N° 7 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO: CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">PINOS</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pachachaca-Abancay- Apurímac</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	PINOS	Pachachaca-Abancay- Apurímac	1																							
PINOS																												
Pachachaca-Abancay- Apurímac																												
1																												
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023																												
DISEÑO DE MEZCLAS																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #5b9bd5; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO</th> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th style="width: 60%;">DATOS DEL ENSAYO</th> <th style="width: 40%;">MUESTRA 01</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Volumen del Picnómetro (ml)</td><td style="text-align: center;">500</td></tr> <tr><td>Peso del Picnómetro (gr)</td><td style="text-align: center;">189.0</td></tr> <tr><td>Peso de la Muestra Seca (gr)</td><td style="text-align: center;">494.8</td></tr> <tr><td>Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)</td><td style="text-align: center;">1000.1</td></tr> <tr><td>Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (g)</td><td style="text-align: center;">500.0</td></tr> <tr><td>Peso del Picnómetro + Agua (gr)</td><td style="text-align: center;">684.8</td></tr> <tr><td>Peso de la Muestra Sumergida (gr)</td><td style="text-align: center;">315.3</td></tr> <tr><td>Peso del Agua Desplazada (gr)</td><td style="text-align: center;">179.5</td></tr> <tr><td>Peso del Agua Absorbida (gr)</td><td style="text-align: center;">5.2</td></tr> <tr><td>Peso Específico (gr/cm³)</td><td style="text-align: center;">2.76</td></tr> <tr><td>Capacidad de Absorción</td><td style="text-align: center;">1.05%</td></tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO		DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	Volumen del Picnómetro (ml)	500	Peso del Picnómetro (gr)	189.0	Peso de la Muestra Seca (gr)	494.8	Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	1000.1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (g)	500.0	Peso del Picnómetro + Agua (gr)	684.8	Peso de la Muestra Sumergida (gr)	315.3	Peso del Agua Desplazada (gr)	179.5	Peso del Agua Absorbida (gr)	5.2	Peso Específico (gr/cm ³)	2.76	Capacidad de Absorción	1.05%
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO																												
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01																											
Volumen del Picnómetro (ml)	500																											
Peso del Picnómetro (gr)	189.0																											
Peso de la Muestra Seca (gr)	494.8																											
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	1000.1																											
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (g)	500.0																											
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	684.8																											
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	315.3																											
Peso del Agua Desplazada (gr)	179.5																											
Peso del Agua Absorbida (gr)	5.2																											
Peso Específico (gr/cm ³)	2.76																											
Capacidad de Absorción	1.05%																											
OBSERVACIONES: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>																												

Figura 83 — Formato de instrumento N 7 completo



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																					
TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 8 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NATURAL) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO:																			
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA:	PINOS Pachachaca-Abancay-Apurímac 1																		
DISEÑO DE MEZCLAS																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; background-color: #e6f2ff;"> <thead> <tr style="background-color: #4a86e8; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</th> </tr> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <th style="text-align: center;">DATOS DEL ENSAYO</th> <th style="text-align: center;">MUESTRA 01</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Peso de la canastilla sumergida (gr)</td> <td style="text-align: center;">1150.7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso de la Muestra Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">3550</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)</td> <td style="text-align: center;">3376.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">3580</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del Agua Absorbida (gr)</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso Especifico (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">2.62</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Capacidad de Absorción (%)</td> <td style="text-align: center;">0.85%</td> </tr> </tbody> </table>				PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO		DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	Peso de la canastilla sumergida (gr)	1150.7	Peso de la Muestra Seca (gr)	3550	Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	3376.1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3580	Peso del Agua Absorbida (gr)	30	Peso Especifico (gr/cm ³)	2.62	Capacidad de Absorción (%)	0.85%
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO																					
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01																				
Peso de la canastilla sumergida (gr)	1150.7																				
Peso de la Muestra Seca (gr)	3550																				
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	3376.1																				
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3580																				
Peso del Agua Absorbida (gr)	30																				
Peso Especifico (gr/cm ³)	2.62																				
Capacidad de Absorción (%)	0.85%																				
OBSERVACIONES:																					
<hr/>																					

Figura 84 — Formato de instrumento N 8 completo



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																												
<p>TESIS:</p> <p>DESCRIPCIÓN:</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"> INSTRUMENTO N° 9 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (RECICLADO) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001 </td> <td style="width: 20%;"> FECHA DE ENSAYO: CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA: </td> <td style="width: 20%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">PINOS</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pachachaca-Abancay- Apurímac</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">DISEÑO DE MEZCLAS</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">DATOS DEL ENSAYO</th> <th style="text-align: center;">MUESTRA 01</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Peso de la canastilla sumergida (gr)</td><td style="text-align: center;">1097.5</td></tr> <tr><td>Peso de la Muestra Seca (gr)</td><td style="text-align: center;">3836.5</td></tr> <tr><td>Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)</td><td style="text-align: center;">3240</td></tr> <tr><td>Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)</td><td style="text-align: center;">3850</td></tr> <tr><td>Peso del Agua Absorbida (gr)</td><td style="text-align: center;">13.5</td></tr> <tr><td>Peso Especifico (gr/cm3)</td><td style="text-align: center;">2.25</td></tr> <tr><td>Capacidad de Absorción (%)</td><td style="text-align: center;">0.35%</td></tr> </tbody> </table> <p>OBSERVACIONES:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	INSTRUMENTO N° 9 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (RECICLADO) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO: CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">PINOS</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pachachaca-Abancay- Apurímac</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	PINOS	Pachachaca-Abancay- Apurímac	1	DISEÑO DE MEZCLAS			PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO		DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	Peso de la canastilla sumergida (gr)	1097.5	Peso de la Muestra Seca (gr)	3836.5	Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	3240	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3850	Peso del Agua Absorbida (gr)	13.5	Peso Especifico (gr/cm3)	2.25	Capacidad de Absorción (%)	0.35%
INSTRUMENTO N° 9 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (RECICLADO) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO: CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">PINOS</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pachachaca-Abancay- Apurímac</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	PINOS	Pachachaca-Abancay- Apurímac	1																							
PINOS																												
Pachachaca-Abancay- Apurímac																												
1																												
DISEÑO DE MEZCLAS																												
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO																												
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01																											
Peso de la canastilla sumergida (gr)	1097.5																											
Peso de la Muestra Seca (gr)	3836.5																											
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	3240																											
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3850																											
Peso del Agua Absorbida (gr)	13.5																											
Peso Especifico (gr/cm3)	2.25																											
Capacidad de Absorción (%)	0.35%																											

Figura 85 — Formato de instrumento N 9 completo



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 																				
TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 10 HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO (NATURAL) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO: CANTERA: UBICACIÓN: MUESTRA:																		
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	PINOS Pachachaca-Abancay- Apurímac 1																		
	DISEÑO DE MEZCLAS																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</th> </tr> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <th style="width: 70%;">ENSAYO</th> <th style="width: 30%;">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cápsula N°</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Peso agregado humedo + recipiente (g)</td> <td style="text-align: center;">850.00</td> </tr> <tr> <td>Peso agregado seco + recipiente (g)</td> <td style="text-align: center;">844.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (g)</td> <td style="text-align: center;">6.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (g)</td> <td style="text-align: center;">84.00</td> </tr> <tr> <td>Peso neto del suelo seco (g)</td> <td style="text-align: center;">760.00</td> </tr> <tr> <td>% de Humedad</td> <td style="text-align: center;">0.79</td> </tr> </tbody> </table>	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO		ENSAYO	1	Cápsula N°	1	Peso agregado humedo + recipiente (g)	850.00	Peso agregado seco + recipiente (g)	844.00	Peso del agua (g)	6.00	Peso del recipiente (g)	84.00	Peso neto del suelo seco (g)	760.00	% de Humedad	0.79	
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO																				
ENSAYO	1																			
Cápsula N°	1																			
Peso agregado humedo + recipiente (g)	850.00																			
Peso agregado seco + recipiente (g)	844.00																			
Peso del agua (g)	6.00																			
Peso del recipiente (g)	84.00																			
Peso neto del suelo seco (g)	760.00																			
% de Humedad	0.79																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%; text-align: center;">w (%) Promedio =</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">0.79</td> </tr> </table>	w (%) Promedio =	0.79																	
w (%) Promedio =	0.79																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"> NOTA: El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada. </td> </tr> </table>	NOTA: El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.																		
NOTA: El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.																				
	OBSERVACIONES: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>																			

Figura 86 — Formato de instrumento N 10 completo





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



	<p>INSTRUMENTO N° 11 HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO (RECICLADO) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001</p>	<p>FECHA DE ENSAYO:</p>	
		<p>CANTERA:</p>	PINOS
		<p>UBICACIÓN:</p>	Pachachaca-Abancay- Apurímac
		<p>MUESTRA:</p>	1

TESIS: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE MEZCLAS

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO	
ENSAYO	1
Cápsula N°	1
Peso agregado humedo + recipiente (g)	850.00
Peso agregado seco + recipiente (g)	846.00
Peso del agua (g)	4.00
Peso del recipiente (g)	89.00
Peso neto del suelo seco (g)	757.00
% de Humedad	0.53

w (%) Promedio =	0.53
------------------	------

NOTA: El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.

OBSERVACIONES:

Figura 87 — Formato de instrumento N 11 completo





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:	INSTRUMENTO N° 12 HUMEDAD DE AGREGADO FINO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001	FECHA DE ENSAYO:		
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	CANTERA:	PINOS	
		UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay- Apurímac	
		MUESTRA:	1	

DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE MEZCLAS

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	
ENSAYO	1
Cápsula N°	1
Peso agregado húmedo + recipiente (g)	400.00
Peso agregado seco + recipiente (g)	385.40
Peso del agua (g)	14.60
Peso del recipiente (g)	80.40
Peso neto del suelo seco (g)	305.00
% de Humedad	4.79

w (%) Promedio =	4.79
-------------------------	-------------

NOTA : El contenido de humedad del agregado fino se determino de una muestra alterada.
--

OBSERVACIONES:

Figura 88 — Formato de instrumento N 12 completo



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 13
PRUEBA A LA ABRASION Y AL DESGASTE MTC E 207

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023

FECHA DE ENSAYO:

CANTERA: PINOS

UBICACIÓN: Pachachaca-Abancay-Apurímac

MUESTRA: 1

TESIS: PRUEBA DE ABRASION DE LOS ANGELES DEL AGREGADO GRUESO NATURAL Y RECICLADO, GRADACION B / 11 ESFERAS

DESCRIPCIÓN:

Restintencia a la abrasion y al desgaste		
TAMIZ	GRADACIONES	
	B,Natural	B,Reciclado
1 1/2"		
1"		
3/4"		
1/2"	2500	2500
3/8"	2500	2500
1/4"		
N° 4		
PESO TOTAL	5000	5000
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	1007	1161
PESO OBTENIDO	3993	3839
N° DE ESFERAS	11	11
PESO DE LAS ESFERAS	5002	5002
PORCENTAJE OBTENIDO	20.14%	23.22%

OBSERVACIONES:

Figura 89 — Formato de instrumento N 13 completo

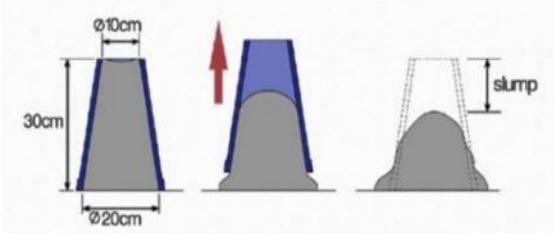




UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 14 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), CONCRETO PATRON NORMAS TÉCNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035	FECHA DE ENSAYO:	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	CANTERA:	PINOS
		UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay- Apurímac
		MUESTRA:	1
DESCRIPCIÓN: CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO (CONCRETO PATRON)			



consistencia del concreto fresco	
consistenci	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	4
Consistencia	seca

OBSERVACIONES:

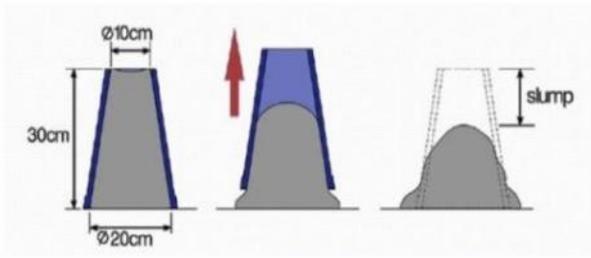
Figura 90 — Formato de instrumento N 14 completo



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 15 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), 50% DE REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO. NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035	FECHA DE ENSAYO:	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	CANTERA:	PINOS
	CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO (al 50% de reemplazo)	UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay- Apurímac
		MUESTRA:	1



consistencia del concreto fresco	
consistencia	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	5
Consistencia	seca

OBSERVACIONES:

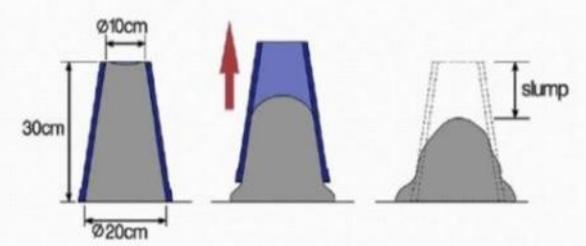
Figura 91 — Formato de instrumento N 15 completo



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 16 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), 75% DE REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035	FECHA DE ENSAYO	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	CANTERA:	PINOS
	CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO (al 75% de reemplazo)	UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay- Apurímac
		MUESTRA:	1



consistencia del concreto fresco	
consistencia	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	6
Consistencia	seca

OBSERVACIONES:

Figura 92 — Formato de instrumento N 16 completo

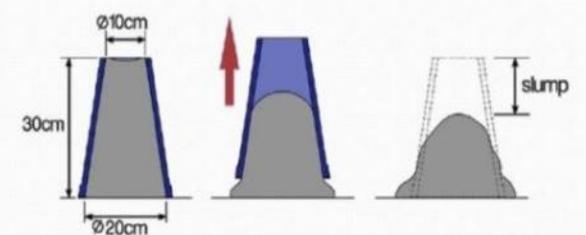


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:	INSTRUMENTO N° 17 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP), 100% DE REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035	FECHA DE ENSAYO		
		CANTERA:	PINOS	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'C = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023	UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay-Apurímac	
		MUESTRA:	1	

DESCRIPCIÓN: CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO (al 100% de reemplazo)



consistencia del concreto fresco	
consistencia	Asentamiento
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Slump	7
Consistencia	seca

OBSERVACIONES:

Figura 93 — Formato de instrumento N 17 completo

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 											
TESIS:	INSTRUMENTO N° 18							FECHA DE ENSAYO:			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES (CONCRETO PATRON)							CANTERA:	PINOS		
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'C = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023							UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay-Apurímac		
								MUESTRA:	1		
DESCRIPCIÓN: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PATRON											
NOMBRE DEL ELEMENTO	FECHA DE DESENCOFRADO DE CONCRETO	FECHA DE RESISTENCIA A COMPRESION	DIAS DE CURADO	DIAMETRO (mm)			AREA (cm ²)	ES FUERZO (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION ALCANZADA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA	
				Superior	Medio	Inferior					
C.P - 01	01/06/2023	08/06/2023	7	101.49	101.59	101.54	80.98	18750	238.7	CONO Y HENDEadura	
C.P - 02	01/06/2023	08/06/2023	7	101.56	101.6	101.45	80.97	17905	227.9	CONO Y CORTE	
C.P - 03	01/06/2023	08/06/2023	7	101.51	101.62	101.57	81.02	19322	232.4	COLUMNAR	
C.P - 04	01/06/2023	08/06/2023	7	101.83	101.68	101.56	81.22	18084	230.2	CONO Y CORTE	
C.P - 05	01/06/2023	08/06/2023	7	101.73	101.7	101.48	81.13	17809	231.3	CONO Y CORTE	
C.P - 06	01/06/2023	08/06/2023	7	101.51	101.6	101.39	80.91	17946.5	230.75	COLUMNAR	
C.P - 01	08/06/2023	15/06/2023	14	101.55	101.5	101.45	80.91	22968.08	292.35	CONO Y HENDEadura	
C.P - 02	08/06/2023	15/06/2023	14	101.44	101.55	101.59	80.96	23653	301.1	COLUMNAR	
C.P - 03	08/06/2023	15/06/2023	14	101.8	101.95	101.64	81.39	23791	302.9	CONO Y CORTE	
C.P - 04	08/06/2023	15/06/2023	14	101.96	101.79	101.99	81.57	23159	294.8	COLUMNAR	
C.P - 05	08/06/2023	15/06/2023	14	101.87	101.9	101.54	81.34	23336	297.1	FALSO	
C.P - 06	08/06/2023	15/06/2023	14	101.66	101.72	101.81	81.28	22879	291.3	CONO Y CORTE	
C.P - 01	15/06/2023	29/06/2023	28	101.65	101.56	101.88	81.23	24005	305.6	CONO Y CORTE	
C.P - 02	15/06/2023	29/06/2023	28	101.57	101.81	101.86	81.31	25200	320.8	CONO Y HENDEadura	
C.P - 03	15/06/2023	29/06/2023	28	101.61	101.9	101.75	81.32	24438	311.1	COLUMNAR	
C.P - 04	15/06/2023	29/06/2023	28	101.52	101.44	101.24	80.75	23808	303.1	CONO Y HENDEadura	
C.P - 05	15/06/2023	29/06/2023	28	101.58	101.81	101.71	81.23	24797	315.7	COLUMNAR	
C.P - 06	15/06/2023	29/06/2023	28	101.55	101.625	101.475	80.99	24302.5	309.4	CONO Y HENDEadura	
OBSERVACIONES:											

Figura 94 — Formato de instrumento N 18 completo

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 										
TESIS:	INSTRUMENTO N° 19 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES (AL 50% DE REEMPLAZO)						FECHA DE ENSAYO:			
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F ^c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023						CANTERA:	PINOS		
DESCRIPCIÓN:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO AL 50% DE REEMPLAZO						UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay-Apurímac		
							MUESTRA:	1		
NOMBRE DEL ELEMENTO	FECHA DE DES ENCOFRADO DE CONCRETO	FECHA DE RESISTENCIA A COMPRESION	DIAS DE CURADO	DIAMETRO (mm)			AREA (cm ²)	ESFUERZO (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION ALCANZADA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
				Superior	Medio	Inferior				
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	01/06/2023	08/06/2023	7	101.47	101.54	101.48	80.91	19668.82	243.1	COLUMNAR
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	01/06/2023	08/06/2023	7	101.46	101.85	101.66	81.16	21216.18	261.4	CONO Y CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	01/06/2023	08/06/2023	7	101.43	101.68	101.8	81.13	21264.63	262.1	CONO Y CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	01/06/2023	08/06/2023	7	101.56	101.43	101.2	80.75	20841.32	258.1	CONO
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	01/06/2023	08/06/2023	7	101.5	101.49	101.46	80.89	20779.9	256.9	CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	01/06/2023	08/06/2023	7	101.44	101.36	101.36	80.73	20473.91	253.6	CONO Y CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	08/06/2023	15/06/2023	14	101.47	101.27	101.15	80.59	25740.39	319.4	COLUMNAR
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	08/06/2023	15/06/2023	14	101.51	101.37	101.2	80.69	25756.45	319.2	CONO Y CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	08/06/2023	15/06/2023	14	101.65	101.65	101.4	81.02	23617.33	291.5	CONO
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	08/06/2023	15/06/2023	14	101.51	101.61	101.4	80.92	24285.39	300.1	CONO Y CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	08/06/2023	15/06/2023	14	101.55	101.48	101.53	80.95	25862.11	319.5	CONO Y HENDEURA
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	08/06/2023	15/06/2023	14	101.56	101.24	101	80.54	24227.06	300.8	CONO Y CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 01	15/06/2023	29/06/2023	28	101.6	101.8	101.89	81.33	27238.78	334.9	COLUMNAR
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 02	15/06/2023	29/06/2023	28	101.76	101.62	101.44	81.08	26984.7	332.8	CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 03	15/06/2023	29/06/2023	28	101.7	101.54	101.73	81.16	27197.94	335.1	CONO Y CORTE
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 04	15/06/2023	29/06/2023	28	101.88	101.87	101.95	81.55	30076.63	368.8	CONO Y HENDEURA
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 05	15/06/2023	29/06/2023	28	101.55	101.64	101.56	81.05	28455.46	351.1	CONO Y HENDEURA
(50 %)A.G.R-6 %M-0.013%S - 06	15/06/2023	29/06/2023	28	101.56	101.55	101.82	81.3	28145.94	346.2	COLUMNAR
OBSERVACIONES:										

Figura 95 — Formato de instrumento N 19 completo



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
TESIS:	INSTRUMENTO N° 20 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES (AL 75% DE REEMPLAZO)							FECHA DE ENSAYO:			
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023							CANTERA:	PINOS		
								UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay-Apurímac		
								MUESTRA:	1		
DESCRIPCIÓN: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO AL 75% DE REEMPLAZO											
NOMBRE DEL ELEMENTO	FECHA DE DESENCOFRADO DE CONCRETO	FECHA DE RESISTENCIA A COMPRESION	DIAS DE CURADO	DIAMETRO (mm)			AREA (cm ²)	ESFUERZO (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION ALCANZADA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA	
				Superior	Medio	Inferior					
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-01	02/06/2023	09/06/2023	7	101.7	101.25	100.96	80.6	18328.54	227.4	CONO	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-02	02/06/2023	09/06/2023	7	101.48	101.55	101.7	81.04	20323.82	250.8	CONO	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-03	02/06/2023	09/06/2023	7	101.53	101.61	101.97	81.24	17254.99	212.4	COLUMNAR	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-04	02/06/2023	09/06/2023	7	101.43	101.41	101.28	80.71	19677.55	243.8	CONO Y HENDEURA	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-05	02/06/2023	09/06/2023	7	101.55	101.42	101.44	80.87	18680.01	231	COLUMNAR	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-06	02/06/2023	09/06/2023	7	101.52	101.33	101.84	81.01	19500.24	240.7	COLUMNAR	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-01	09/06/2023	16/06/2023	14	101.9	101.4	101.35	80.99	23083.12	285	CONO Y CORTE	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-02	09/06/2023	16/06/2023	14	101.4	101.4	101.5	80.81	23563.45	291.6	CONO Y HENDEURA	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-03	09/06/2023	16/06/2023	14	101.78	101.67	101.88	81.36	24886.61	305.9	CONO Y HENDEURA	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-04	09/06/2023	16/06/2023	14	101.95	101.64	101.7	81.33	24172.49	297.2	CONO Y HENDEURA	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-05	09/06/2023	16/06/2023	14	101.63	101.76	101.73	81.24	24226.82	298.2	CORTE	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-06	09/06/2023	16/06/2023	14	101.58	101.63	101.34	80.94	23666.93	292.4	CONO	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-01	16/06/2023	30/06/2023	28	101.82	101.11	101.82	81.05	25343.27	312.7	CONO Y HENDEURA	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-02	16/06/2023	30/06/2023	28	101.55	101.46	101.6	80.97	25425.26	314	CONO Y HENDEURA	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-03	16/06/2023	30/06/2023	28	101.57	101.54	101.69	81.07	27913.5	344.3	CONO Y HENDEURA	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-04	16/06/2023	30/06/2023	28	101.68	101.84	101.71	81.3	26992.3	332	COLUMNAR	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-05	16/06/2023	30/06/2023	28	101.7	101.64	101.43	81.06	26594.88	328.1	CONO Y CORTE	
(75 %)A.G.R-6%M-0.013%-06	16/06/2023	30/06/2023	28	101.68	101.46	101.43	81.18	25076.4	308.9	CONO Y HENDEURA	
OBSERVACIONES:											

Figura 96 — Formato de instrumento N 20 completo



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 											
INSTRUMENTO N° 21 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES (AL 100% DE REEMPLAZO)								FECHA DE ENSAYO:			
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023								CANTERA:		PINOS	
TESIS:								UBICACIÓN:		Pachachaca-Abancay-Apurímac	
DESCRIPCIÓN:								MUESTRA:		1	
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO AL 50% DE REEMPLAZO											
NOMBRE DEL ELEMENTO	FECHA DE DESECOFRADO DE CONCRETO	FECHA DE RESISTENCIA A COMPRESION	DIAS DE CURADO	DIAMETRO (mm)			AREA (cm ²)	ESFUERZO (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION ALCANZADA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA	
				Superior	Medio	Inferior					
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 01	02/06/2023	09/06/2023	7	101.64	102.02	102.27	81.68	20173.83	247	CONO Y CORTE	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 02	02/06/2023	09/06/2023	7	101.45	101.59	101.5	80.93	17522.41	216.5	CONO	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 03	02/06/2023	09/06/2023	7	101.41	101.43	101.48	80.82	20713.67	256.3	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 04	02/06/2023	09/06/2023	7	101.67	101.64	101.66	81.16	19941.91	245.7	CONO Y CORTE	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 05	02/06/2023	09/06/2023	7	101.3	101.57	101.66	80.93	20604.68	254.6	CONO	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 06	02/06/2023	09/06/2023	7	101.79	101.61	101.96	81.37	18186.5	223.5	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 01	09/06/2023	16/06/2023	14	101.67	101.6	101.6	81.11	23765.36	293	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 02	09/06/2023	16/06/2023	14	101.72	101.47	101.63	81.08	24600.84	303.4	CONO Y CORTE	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 03	09/06/2023	16/06/2023	14	101.56	101.59	101.79	81.15	24595.86	303.1	CONO Y CORTE	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 04	09/06/2023	16/06/2023	14	101.62	101.7	101.64	81.16	25978.78	320.1	COLUMNAR	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 05	09/06/2023	16/06/2023	14	101.34	100.95	100.75	80.14	25796.94	321.9	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 06	09/06/2023	16/06/2023	14	101.54	101.43	101.14	80.71	26068.22	323	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 01	16/06/2023	30/06/2023	28	101.54	101.61	101.8	81.15	25895.93	319.1	CONO Y CORTE	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 02	16/06/2023	30/06/2023	28	101.57	101.52	101.72	81.08	26909.96	331.9	CONO Y CORTE	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 03	16/06/2023	30/06/2023	28	101.58	101.61	101.89	81.22	27794.24	342.2	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 04	16/06/2023	30/06/2023	28	101.55	101.52	101.48	80.94	28855.2	356.5	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 05	16/06/2023	30/06/2023	28	101.68	101.69	102.12	81.44	28227.34	346.6	CONO Y HENDEadura	
(100%) A.G.R-6% Δ M-0.013% Δ S - 06	16/06/2023	30/06/2023	28	101.59	101.55	101.65	81.19	27677.83	340.9	CONO Y HENDEadura	
OBSERVACIONES:											
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>											

Figura 97 — Formato de instrumento N 21 completo



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 									
TESIS: DESCRIPCIÓN:	INSTRUMENTO N° 22 RESISTENCIA A FLEXION A LOS 28 DIAS							FECHA DE ENSAYO:	
	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO, EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSIÍLICE EN LA CIUDAD DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - APURÍMAC - 2023							CANTERA:	PINOS
							UBICACIÓN:	Pachachaca-Abancay-Apurímac	
							MUESTRA:		
RESISTENCIA A FLEXION DE CONCRETO PATRON, AL 50%,75% Y 100% DE REEMPLAZO A LOS 28 DIAS									
NOMBRE DEL ELEMENTO	FECHA DE DESENCOFRA DO DE CONCRETO	FECHA DE RESISTENCIA A COMPRESION	DIAS DE CURADO	MEDIDAS (cm)			ESFUERZO (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION ALCANZADA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
				Largo	Ancho	Profundidad			
C.P - 01	17/05/2023	14/06/2023	28	54.41	15.22	15.31	3300	42.6	TERCIO CENTRAL
C.P - 02	17/05/2023	14/06/2023	28	54.39	15.2	15.29	3037	39.2	TERCIO CENTRAL
C.P - 03	17/05/2023	14/06/2023	28	53.9	15.25	15.28	3276	42.3	TERCIO CENTRAL
C.P - 04	17/05/2023	14/06/2023	28	53.8	15.22	15.3	3433	44.3	TERCIO CENTRAL
C.P - 05	17/05/2023	14/06/2023	28	54.41	15.24	15.32	3368	43.5	TERCIO CENTRAL
C.P - 06	17/05/2023	14/06/2023	29	54.23	15.24	15.29	3280	42.5	TERCIO CENTRAL
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 01	02/05/2023	30/05/2023	28	54.41	15.22	15.31	3768	48.6	TERCIO CENTRAL
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 02	02/05/2023	30/05/2023	28	54.39	15.2	15.29	4174	53.9	TERCIO CENTRAL
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 03	02/05/2023	30/05/2023	28	53.9	15.25	15.28	3543	45.7	TERCIO CENTRAL
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 04	02/05/2023	30/05/2023	28	53.8	15.22	15.3	3979	51.4	TERCIO CENTRAL
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 05	02/05/2023	30/05/2023	28	54.41	15.24	15.32	4026	52	TERCIO CENTRAL
(50 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 06	02/05/2023	30/05/2023	29	54.23	15.24	15.29	4168	53.5	TERCIO CENTRAL
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 01	03/06/2023	01/07/2023	28	54.41	15.22	15.31	3979	51.4	TERCIO CENTRAL
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 02	03/06/2023	01/07/2023	28	54.39	15.2	15.29	4255	54.9	TERCIO CENTRAL
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 03	03/06/2023	01/07/2023	28	53.9	15.25	15.28	3990	51.5	TERCIO CENTRAL
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 04	03/06/2023	01/07/2023	28	53.8	15.22	15.3	4498	58.1	TERCIO CENTRAL
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 05	03/06/2023	01/07/2023	28	54.41	15.24	15.32	4221	54.5	TERCIO CENTRAL
(75 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 06	03/06/2023	01/07/2023	28	54.23	15.24	15.29	4218	53.4	TERCIO CENTRAL
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 01	04/06/2023	02/07/2023	28	54.41	15.22	15.31	4076	52.6	TERCIO CENTRAL
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 02	04/06/2023	02/07/2023	28	54.39	15.2	15.29	4273	55.1	TERCIO CENTRAL
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 03	04/06/2023	02/07/2023	28	53.9	15.25	15.28	4023	52	TERCIO CENTRAL
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 04	04/06/2023	02/07/2023	28	53.8	15.22	15.3	4028	52	TERCIO CENTRAL
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 05	04/06/2023	02/07/2023	28	54.41	15.24	15.32	4466	57.6	TERCIO CENTRAL
(100 %)A.G.R-3%M-0.013%S - 06	04/06/2023	02/07/2023	28	54.23	15.24	15.29	4274	52.5	TERCIO CENTRAL

Figura 98 — Formato de instrumento N 22 completo

Anexo D

Panel fotográfico





Figura 99 — Recolección de escombros de concreto



Figura 100 — Recolección de escombros de concreto



Figura 101 — Almacenamiento de los escombros de concreto



Figura 102 — Traslado de los escombros de concreto



Figura 103 — Resultados de análisis granulométrico



Figura 104 — Vaciado del concreto del GC



Figura 105 — Vaciado del concreto del GC



Figura 106 — Ensayo de resistencia a la compresión del GC a los 14 días



Figura 107 — Ensayo de resistencia a la compresión del GE2 a los 14 días



Figura 108 — Ensayo de resistencia a la flexión del GE2 a los 14 días

Anexo E

ESTIMACION DE VOLUMEN DE CONCRETO DESESACHO UNA VEZ CONCLUIDO SU VIDA UTIL





Figura 109 — Casco Urbano de la Ciudad de Abancay

Extraído de: Google Earth

Según la imagen satelital se estima que existe alrededor de 56km de calles pavimentadas con losas de concreto, en donde en promedio son calles de un ancho de 10 metros, donde las losas de concreto tienen un espesor de 0.2m, entonces dicho lo anterior se puede calcular el volumen de concreto que se desechara al concluir su vida útil de los pavimentos existentes.

En la siguiente expresión calcularemos el volumen de concreto desechado.

$$Vcd = (Lce) \times (Ap) \times (Ep)$$

$$Vcd = 56000 \times 10 \times 0.2$$

$$Vcd = 112,000 \text{ m}^3$$

Donde:

Lce : Longitud de las calles existentes(metros)

Ap : Ancho promedio(metros)

Ep : Espesor del pavimento(metros)

Vcd : Volumen de concreto desechado(metros cúbicos)

Se sabe que la densidad del concreto es 2400kg/m³, entonces:

Peso de concreto desechado= $(V_{cd}) \times 2400 \text{ kg/m}^3$

Peso de concreto desechado= $(112,000 \text{ m}^3) \times 2400 \text{ kg/m}^3$

Peso de concreto desechado= $(112,000 \text{ m}^3) \times 2400 \text{ kg/m}^3$

Peso de concreto desechado= $(112,000 \text{ m}^3) \times 2400 \text{ kg/m}^3$

Peso de concreto desechado= $268,800,000 \text{ kg}$

Peso de concreto desechado= $268,800 \text{ ton}$.

Por lo cual se estima que una vez concluido la vida útil de los pavimentos con losas de concreto que es de 15 a 20 años. Entonces podemos apreciar cuanto de concreto desechado se tiene por año: 13, 430 ton a 17,920 ton por año.

Anexo F

PLANOS DE UBICACIÓN



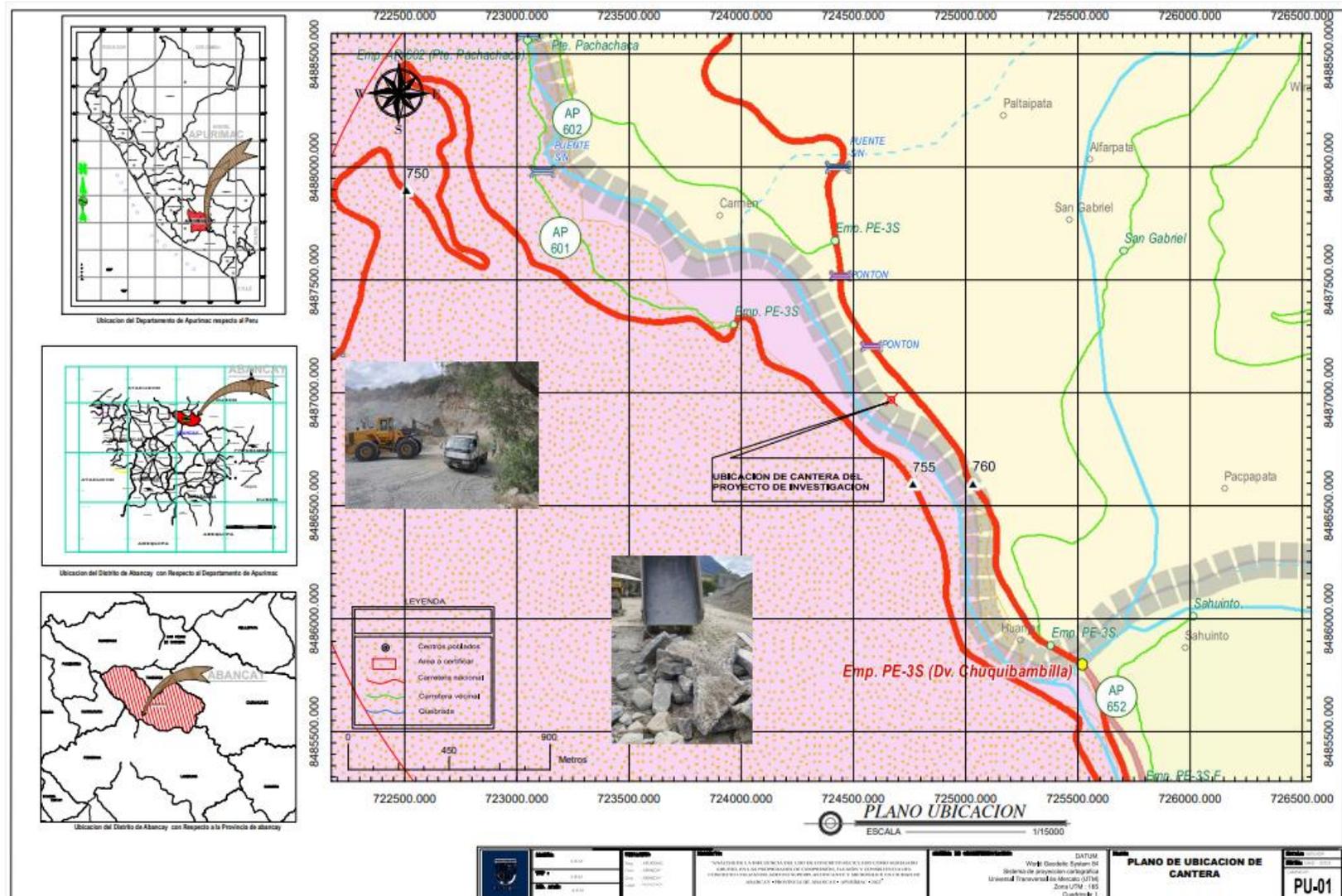


Figura 110 — Plano de ubicación cantera

