

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO
RECICLADO USANDO CEMENTO PORTLAND TIPO HS PARA
CIMENTACIONES, DISTRITO LA MOLINA, AÑO-2019**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

Bach. CAYCHO HIDALGO TERESA ESTEFANIA

Bach. ESPINOZA RODRIGUEZ DIEGO

ASESORA: Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES, LILIANA JANET

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mis padres Yanina y Carlos quienes, con su amor incondicional, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

Teresa Caycho

Dedico este proyecto de tesis a mis padres Ángel y Herminia. Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento, depositando su entera confianza en casa reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Diego Espinoza

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero y profundo agradecimiento a nuestra asesora Ing. Liliana Chavarría Reyes por su continuo respaldo durante todo el tiempo en que se ha llevado a cabo esta Tesis.

De la misma manera agradecer al Ing. Sergio Estrada Oblea por su apoyo mediante la empresa SEOING E.I.R.L.

Teresa Caycho y Diego Espinoza

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Importancia y Justificación del estudio	4
1.5. Limitaciones	4
1.6. Viabilidad	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Marco histórico (antecedentes de la investigación)	6
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	9
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio (teorías, modelo)	10
2.4. Definición de términos básicos	15
2.5. Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis (figuras o mapas conceptuales)	17
2.6. Hipótesis	18
2.6.1. Hipótesis general	18
2.6.2. Hipótesis específicas	18
2.7. Variables (definición y operacionalización de variables: Dimensiones e indicadores)	18
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. Tipo, método y diseño de la investigación	20
3.2. Población y muestra	21
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.4. Descripción de procedimientos de análisis	22

CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE		
LA INVESTIGACIÓN		23
4.1.	Caracterización de los materiales	23
4.1.1.	Cemento	23
4.1.2.	Agua	23
4.1.3.	Agregado Natural	23
4.1.3.1.	Agregado grueso	23
4.1.3.1.1.	Análisis granulométrico o Granulometría (NTP 400.012)	23
4.1.3.1.2.	Peso unitario de agregado grueso (NTP 400.017)	29
4.1.3.1.3.	Contenido de Humedad (ASTM C-566)	32
4.1.3.1.4.	Peso específico y Absorción (NTP 400.022)	33
4.1.3.2.	Agregado fino	39
4.1.3.2.1.	Análisis granulométrico o Granulometría (NTP 400.012)	39
4.1.3.2.2.	Peso Unitario del agregado fino (NTP 400.17)	41
4.1.3.2.3.	Contenido de Humedad (ASTM – 566)	43
4.1.3.2.4.	Peso específico y absorción (NTP 400.022)	43
4.1.3.2.5.	Material que Pasa la Malla N° 200	47
4.1.3.3.	Agregado grueso reciclado	50
4.1.3.3.1.	Proceso de triturado del agregado reciclado	50
4.1.3.3.2.	Análisis Granulométrico o Granulometría (NTP 400.012)	53
4.1.3.3.3.	Peso Unitario (NTP 400.017)	58
4.1.3.3.4.	Contenido de Humedad del agregado reciclado	62
4.1.3.3.5.	Peso Específico y Absorción del agregado reciclado	63
4.1.3.3.6.	Resistencia al Desgaste en Agregado Reciclado	68
4.1.3.3.7.	Cantidad de mortero adherido	71
4.1.4.	Aditivo	71
4.2.	Diseño de mezcla de concreto	71
4.2.1.	Concreto convencional - Método Combinación de Agregados	72
4.2.2.	Concreto reciclado - Método de Volumen de Mortero Equivalente	75
4.2.3.	Comparación de diseños de mezcla de concreto	80
4.3.	Desarrollo de resultados	81
4.3.1.	Propiedades del concreto en estado fresco	81
4.3.1.1.	Asentamiento	81
4.3.1.1.1.	Regresión lineal	83

4.3.1.2.	Peso Unitario	83
4.3.1.2.1.	Regresión Lineal	86
4.3.1.3.	Cantidad de agua en la mezcla	86
4.3.1.4.	Temperatura	88
4.3.1.4.1.	Regresión lineal	89
4.3.1.5.	Contenido de aire	90
4.3.1.5.1.	Regresión lineal	91
4.3.2.	Propiedades del concreto en estado endurecido	92
4.3.2.1.	Resistencia a la compresión	92
4.3.2.1.1.	Regresión Lineal (ensayos a compresión)	94
4.3.2.1.2.	Campana de gauss (ensayos a tracción)	96
4.3.2.1.3.	Histograma (ensayos a compresión)	97
4.3.2.2.	Resistencia a la tracción	98
4.3.2.2.1.	Regresión Lineal (ensayos a tracción)	100
4.3.2.2.2.	Campana de gauss (ensayos a tracción)	102
4.3.2.2.3.	Histograma (ensayos a tracción)	102
4.3.2.3.	Resistencia a la flexión	103
4.3.2.3.1.	Regresión Lineal (ensayos a flexión)	104
4.3.2.3.2.	Campana de gauss (ensayos a flexión)	106
4.3.2.3.3.	Histograma (ensayos a flexión)	106
4.3.3.	Contrastación de hipótesis del concreto en estado fresco	107
4.3.3.1.	Asentamiento	107
4.3.3.1.1.	Prueba de normalidad	107
4.3.3.1.2.	Análisis de varianza ANOVA (asentamiento)	108
4.3.3.2.	Peso unitario y rendimiento	109
4.3.3.2.1.	Prueba de normalidad	109
4.3.3.2.2.	Análisis de varianza ANOVA (Peso unitario)	110
4.3.3.3.	Temperatura	111
4.3.3.3.1.	Prueba de normalidad (temperatura)	111
4.3.3.3.2.	Análisis de varianza ANOVA (Temperatura)	112
4.3.3.4.	Contenido de aire	113
4.3.3.4.1.	Prueba de normalidad	113
4.3.3.4.2.	Análisis de varianza ANOVA (contenido de aire)	114
4.3.4.	Contrastación de hipótesis del concreto en estado endurecido	115

4.3.4.1.	Para ensayos a compresión	115
4.3.4.1.1.	Pruebas de normalidad	115
4.3.4.1.2.	Análisis de varianza ANOVA	117
4.3.4.2.	Para ensayos a tracción	119
4.3.4.2.1.	Pruebas de normalidad	119
4.3.4.2.2.	Análisis de varianza ANOVA	121
4.3.4.3.	Para ensayos a flexión	122
4.3.4.3.1.	Pruebas de normalidad	122
4.3.4.3.2.	Análisis de varianza ANOVA	125
4.4.	Presentación de resultados	127
4.5.	Interpretación de resultados	128
4.5.1.	Ensayos del concreto reciclado en estado fresco	128
4.5.2.	Ensayos del concreto reciclado en estado endurecido	129
4.6.	Discusiones	130
	CONCLUSIONES	132
	RECOMENDACIONES	133
	REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	134
	ANEXOS	137
	Anexo 1: Matriz de consistencia y Operacionalización de variables	137
	Anexo 2: Certificado de calibración de máquina de compresión axial	138
	Anexo 3: Ficha técnica del SikaCem plastificante	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variable independiente	18
Tabla 2: Operacionalización de variable dependiente	19
Tabla 3: Calculo de la muestra para ensayos	21
Tabla 4: Peso máximo de muestras según tamaño máximo de partículas	24
Tabla 5: Ensayo de Granulometría del agregado grueso– Muestra G1	26
Tabla 6: Ensayo de Granulometría del agregado grueso– Muestra G2	27
Tabla 7: Ensayo de Granulometría del agregado grueso– Muestra G3	28
Tabla 8: Ensayo de Granulometría del agregado grueso– promedio	29
Tabla 9: Tamaño de recipiente según tamaño máximo del agregado	29
Tabla 10: Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado grueso	31
Tabla 11: Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso	31
Tabla 12: Ensayo de Contenido de Humedad en agregado grueso	33
Tabla 13: Peso Específico y absorción del agregado grueso - Muestra G1	36
Tabla 14: Peso Específico y absorción del agregado grueso - Muestra G2	37
Tabla 15: Peso Específico y absorción del agregado grueso - Muestra G3	38
Tabla 16: Peso Específico y absorción del agregado grueso - Promedio	39
Tabla 17: Ensayo de Granulometría del agregado fino - Muestra F1	40
Tabla 18: Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino	41
Tabla 19: Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino	42
Tabla 20: Ensayos de Contenido de Humedad del agregado fino	43
Tabla 21: Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino-Muestra F1	44
Tabla 22: Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino-Muestra F2	45
Tabla 23: Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino-Muestra F3	46
Tabla 24: Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino-Promedio	47
Tabla 25: Peso mínimo de muestras según tamaño del agregado	48
Tabla 26: Ensayo de Malla #200 del agregado fino - Muestra F1	49
Tabla 27: Ensayo de Malla #200 del agregado fino - Muestra F2	49
Tabla 28: Ensayo de Malla #200 del agregado fino - Muestra F3	50
Tabla 29: Ensayo de Granulometría del agregado reciclado - Muestra G1	55
Tabla 30: Ensayo de Granulometría del agregado reciclado - Muestra G2	56
Tabla 31: Ensayo de Granulometría del agregado reciclado - Muestra G3	57

Tabla 32: Ensayo de Granulometría del agregado grueso - Promedio	58
Tabla 33: Ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado grueso reciclado	60
Tabla 34: Ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso reciclado	62
Tabla 35: Ensayo del agregado grueso reciclado Contenido de Humedad	63
Tabla 36: Peso Específico y Absorción del agregado reciclado-Muestra G1	65
Tabla 37: Peso Específico y Absorción del agregado reciclado-Muestra G2	66
Tabla 38: Peso Específico y Absorción del agregado reciclado-Muestra G3	67
Tabla 39: Peso Específico y Absorción del agregado reciclado-Promedio	68
Tabla 40: Ensayo de Desgaste del agregado reciclado	70
Tabla 41: Porcentaje de mortero adherido	71
Tabla 42: Características de los agregados	72
Tabla 43: Tabla contenida de agua	72
Tabla 44: Volumen unitario de agua	73
Tabla 45: Módulo de finura de la combinación de agregados	74
Tabla 46: Características agregado grueso reciclado	77
Tabla 47: Dosificaciones según porcentajes para rel. a/c = 0.53	81
Tabla 48: Dosificaciones según porcentajes para rel. a/c = 0.60	81
Tabla 49: Asentamiento de mezclas	81
Tabla 50: Ensayo de peso unitario compactado a/c = 0.53	84
Tabla 51: Ensayo de peso unitario compactado a/c = 0.60	84
Tabla 52: Cantidad de agua en la mezcla	86
Tabla 53: Determinación de la temperatura	88
Tabla 54: Contenido de aire	90
Tabla 55: Resultados de ensayos a compresión	92
Tabla 56: Resultados de ensayos a compresión (Segundo diseño)	93
Tabla 57: Resultados de ensayos a tracción	98
Tabla 58: Resultados de ensayos a tracción (Segundo diseño)	99
Tabla 59: Resultados de ensayo a flexión	103
Tabla 60: Resultados de ensayo a flexión (Segundo diseño)	104
Tabla 61: Resultados estadísticos de asentamiento	107
Tabla 62: Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk	107
Tabla 63: Análisis de la varianza en ensayos de asentamiento	108
Tabla 64: Resultados estadísticos de peso unitario	109
Tabla 65: Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk (Peso unitario)	110

Tabla 66: Análisis de la varianza en ensayos de peso unitario	110
Tabla 67: Resultados estadísticos de temperatura	111
Tabla 68: Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk	112
Tabla 69: Análisis de la varianza en ensayos de temperatura	112
Tabla 70: Resultados estadísticos del contenido de aire	113
Tabla 71: Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk	113
Tabla 72: Análisis de la varianza en ensayos de contenido de aire	114
Tabla 73: Resultados estadísticos del contenido de aire (compresión))	115
Tabla 74: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Compresión)	116
Tabla 75: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (Compresión)	117
Tabla 76: Análisis de la varianza en ensayos de compresión	117
Tabla 77: Resultados estadísticos de tracción))	119
Tabla 78: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (tracción)	120
Tabla 79: Pruebas de normalidad para las 4 edades / Kolmogorov-Smirnov Test	120
Tabla 80: Análisis de la varianza en ensayos de tracción	121
Tabla 81: Resultados estadísticos de flexión	123
Tabla 82: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (flexión)	124
Tabla 83: Pruebas de normalidad para las 3 edades / Kolmogorov-Smirnov Test	124
Tabla 84: Análisis de la varianza en ensayos de flexión	125
Tabla 85: Presentación de resultados	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa conceptual	17
Figura 2: Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría grueso G1	26
Figura 3: Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría grueso G2	27
Figura 4: Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría grueso G3	28
Figura 5: Muestras para ensayo de contenido de humedad	32
Figura 6: Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría fino F1	40
Figura 7: Triturado de las probetas de concreto	51
Figura 8: Colocación de las probetas de concreto en la máquina trituradora	51
Figura 9: Triturado de las probetas de concreto	52
Figura 10: Recibiendo el agregado reciclado ya triturado	52
Figura 11: Agregado reciclado en saco	53
Figura 12: Tamizado del agregado	53
Figura 13: Agregado reciclado separado según tamices	54
Figura 14: Gráfica de resultados del ensayo de granulometría grueso reciclado G1	55
Figura 15: Gráfica de resultados del ensayo de granulometría grueso reciclado G2	56
Figura 16: Gráfica de resultados del ensayo de granulometría grueso reciclado G3	57
Figura 17: Agregado reciclado en saco	58
Figura 18: Retirando el agregado sobrante	59
Figura 19: Compactando el agregado reciclado para ensayo de P.U. compactado	61
Figura 20: Agregado reciclado en remojo por 24h	63
Figura 21: Pesando la canastilla sumergida	64
Figura 22: Colocando las muestras para pesar cuando está sumergido	64
Figura 23: Máquina Los Ángeles	69
Figura 24: Muestra de desgaste	69
Figura 25: Asentamiento de mezclas	82
Figura 26: Asentamiento vs porcentaje de agregado grueso reciclado	83
Figura 27: Peso Unitario de mezclas	85
Figura 28: Peso unitario vs Porcentaje de agregado grueso reciclado	86
Figura 29: Cantidad de agua en la mezcla	87
Figura 30: Cantidad de agua ahorrada	88
Figura 31: Variación de la temperatura por porcentaje de agregado reciclado	89
Figura 32: Temperatura vs Porcentaje de agregado grueso reciclado	89

Figura 33: Variación del contenido de aire por porcentaje de agregado reciclado	90
Figura 34: Contenido de aire vs Porcentaje de agregado grueso reciclado	91
Figura 35: f_c vs % Agregado grueso reciclado a los 3 días	94
Figura 36: f_c vs % Agregado grueso reciclado a los 7 día	94
Figura 37: f_c vs % Agregado grueso reciclado a los 14 días	95
Figura 38: f_c vs % Agregado grueso reciclado a los 28 días	96
Figura 39: Campana de Gauss de la resistencia a la compresión	96
Figura 40: Histograma de la resistencia a la compresión	97
Figura 41: f_t vs % Agregado grueso reciclado a los 3 días	100
Figura 42: f_t vs % Agregado grueso reciclado a los 7 días	100
Figura 43: f_t vs % Agregado grueso reciclado a los 14 días	101
Figura 44: f_t vs % Agregado grueso reciclado a los 28 días	101
Figura 45: Campana de Gauss de la resistencia a la tracción	102
Figura 46: Histograma de la resistencia a la tracción	102
Figura 47: f_f vs% Agregado grueso reciclado a los 7 días	104
Figura 48: f_f vs% Agregado grueso reciclado a los 14 días	105
Figura 49: f_f vs% Agregado grueso reciclado a los 28 días	105
Figura 50: Campana de Gauss de la resistencia a la flexión	106
Figura 51: Histograma de la resistencia a la flexión	106
Figura 52: Medias aritméticas de la resistencia a la compresión	118
Figura 53: Gráfico de medias aritméticas de la resistencia a tracción	122
Figura 54: Gráfico de medias aritméticas de la resistencia a flexión	126

RESUMEN

Uno de los principales problemas en el Perú son los desechos producidos por la industria de la construcción, los cuales muchas veces terminan en las calles o en botaderos informales creando un gran impacto visual y paisajístico además de contaminar el medio ambiente.

La tesis: Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento Portland tipo HS para cimentaciones, distrito La Molina, año-2019, con metodología de la investigación tipo explicativa, diseño de investigación de tipo longitudinal prospectiva y un enfoque cuantitativo, tuvo como objetivo general determinar una mezcla de concreto con agregado grueso reciclado utilizando cemento portland Tipo HS para optimizar las propiedades del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.

Los resultados de la resistencia a la compresión para todas las edades y todos los porcentajes tienen un resultado mayor a 280 kg/cm², sin embargo, dichos resultados van en disminución a medida que aumenta el porcentaje de agregado grueso reciclado presente en la mezcla de concreto. Lo cual nos indica que la presencia de agregado reciclado afecta desfavorablemente la resistencia a la compresión del concreto. Del mismo modo sucede para la resistencia a tracción y flexión. Además, al utilizar un 25% de agregado grueso reciclado en el diseño de la mezcla, se obtuvieron resultados similares a la de un concreto convencional, lo cual nos indica que, para porcentajes bajos de sustitución de agregado reciclado, el concreto no se ve afectado considerablemente en su resistencia.

Palabras clave: agregado reciclado, concreto reciclado, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, aditivo plastificante.

ABSTRACT

One of the main problems in Peru is the waste produced by the construction industry, which often ends up in the streets or in informal dumps, creating a great visual and landscape impact as well as polluting the environment.

The thesis: Concrete mix with recycled coarse aggregate using Portland cement type HS for foundations, La Molina district, year-2019, with explanatory type research methodology, longitudinal type research design and a quantitative approach, had the overall objective of ending a mixture of concrete with coarse aggregate recycled using Portland cement Type HS to optimize the properties of recycled concrete for foundations in the district of La Molina, year-2019.

The results of compressive strength for all ages and all percentages have a result greater than 280 kg / cm², however, these results decrease as the percentage of recycled coarse aggregate present in the concrete mix increases. This indicates that the presence of recycled aggregate adversely affects the compressive strength of concrete. Similarly, it happens for tensile and flexural strength. In addition, using 25% recycled coarse aggregate in the design of the mixture, results were obtained similar to that of a conventional concrete, which indicates that, for low replacement percentages of recycled aggregate, the concrete is not affected considerably in its resistance.

Keywords: recycled aggregate, recycled concrete, compressive strength, tensile strength, flexural strength, plasticizer additive.

INTRODUCCIÓN

Los procedimientos para desechar los residuos de concreto que se producen durante la construcción en el Perú se realizan, en su mayoría, en botaderos informales lo cual genera agentes contaminantes alrededor de dichos botaderos afectando la salud de la población aledaña, así como contribuyendo a la contaminación ambiental.

El estudio se va a realizar para cimentaciones en el distrito de La Molina para zonas en las que el suelo cuente con presencia de sulfatos en el año 2019.

El objetivo de la investigación es determinar una mezcla de concreto con agregado grueso reciclado utilizando cemento portland Tipo HS para optimizar las propiedades del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019, utilizando diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado en la mezcla. Se han planteado dos objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje de agregado grueso reciclado para optimizar las propiedades en estado fresco del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019
- Determinar una relación agua/cemento para optimizar la resistencia del concreto reciclado en estado endurecido para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.

La tesis contiene cinco capítulos: En el capítulo 1 – Planteamiento del problema, se formulará la descripción del problema, formulación del problema, objetivos de la investigación e importancia y justificación del estudio. En el capítulo 2, se presenta los antecedentes de la investigación y el marco conceptual que muestra las teorías y los conceptos que fueron revisados para realizar el diseño de concreto con agregado grueso reciclado, para así responder a la pregunta de investigación. En el capítulo 3, se determina que la investigación es explicativa de diseño longitudinal y enfoque cuantitativo. Incluye las hipótesis, variables con sus respectivos indicadores para la elaboración de ensayos, que permitirá conocer el comportamiento de cada una de las variables del estudio. La población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación, descripción de procedimiento de análisis. En el capítulo 4, presenta la caracterización de los materiales utilizados en la mezcla de concreto reciclado, el diseño de mezcla mediante el método de Volumen de Mortero Equivalente y los resultados de los ensayos realizados a la mezcla de concreto

reciclado en estado fresco y endurecido. Finalmente se discuten los resultados, se presentan las conclusiones y las recomendaciones del trabajo de investigación.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Uno de los principales problemas en el Perú asociados con los residuos de concreto que se producen durante la construcción por parte de las empresas constructoras y construcciones informales es la generación de agentes contaminantes alrededor de los botaderos que afecta la salud de la población aledaña, por tal motivo se propone el uso de agregado grueso reciclado en el diseño de mezcla de concreto de una forma proporcional considerando el método de volumen de concreto equivalente para las cimentaciones en el distrito de La Molina, de esta manera, mitigar los efectos negativos de la producción de escombros en el medio ambiente y la sociedad.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo la mezcla de concreto con agregado grueso reciclado utilizando cemento portland Tipo HS optimiza las propiedades del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida el porcentaje de agregado grueso reciclado optimiza las propiedades en estado fresco del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019?
- b) ¿Cómo una relación agua / cemento optimiza la resistencia del concreto reciclado en estado endurecido para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar una mezcla de concreto con agregado grueso reciclado utilizando cemento portland Tipo HS para optimizar las propiedades del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el porcentaje de agregado grueso reciclado para optimizar las propiedades en estado fresco del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019
- b) Determinar una relación agua/cemento para optimizar la resistencia del concreto reciclado en estado endurecido para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.

1.4. Importancia y Justificación del estudio

De acuerdo con León, J. (2017), “la demolición parece ser un negocio tan rentable como la propia construcción. O por lo menos lo es en Lima, una ciudad donde cada día se producen 30.000 m³ de desmonte, es decir, unas 19.000 toneladas” (p.4).

En zonas como la avenida El Sol, en Villa María del Triunfo se puede encontrar cada dos esquinas, un botadero ilegal de desmonte, donde luego los vecinos arrojan la basura de sus casas, negocios, restaurantes. Aquí también todas las empresas constructoras producen metros y metros cúbicos de desmonte que terminan ensuciando la ciudad que deberían modernizar (Playas y ríos son botaderos de desmonte y basura en Lima).

La investigación planteada ayudará a formar un modelo para futuras construcciones de cimentaciones con agregado reciclado en el distrito de La Molina. Del mismo modo, los resultados del estudio ayudaran a crear una mayor conciencia sobre la cultura del reciclaje en la construcción entre los miembros que componen el mundo de la construcción en Lima.

Además, al reutilizar escombros producidos durante la construcción y/o demolición se evita que dichos materiales contaminen la ciudad de Lima al terminar en botaderos, de esta manera la sociedad tendrá una ciudad más limpia.

1.5. Limitaciones

La presente investigación se realizó en la ciudad de Lima-Perú. Los residuos sólidos para la obtención de los agregados grueso reciclados, se obtuvieron de las probetas desechadas del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Ricardo Palma.

Se realizó la limpieza de impurezas orgánicas para que no afectara en el diseño del concreto reciclado.

Las probetas de concreto se procesarán en una chancadora tipo mandíbula en la empresa SEOING E.I.R.L.

Se realizó un diseño de mezcla utilizando el método de combinación de agregados.

Los materiales que se usaron para la elaboración de la mezcla de concreto con agregado grueso reciclado son: cemento Portland Tipo HS, agregado grueso reciclado, agregado grueso y fino natural, aditivo plastificante y agua.

1.6. Viabilidad

La presente investigación cuenta con información de bibliográfica de tesis en el ámbito nacional como internacional sobre el uso de agregado grueso reciclado.

Se cuenta con los recursos económicos para realizar la presente investigación. Ya que se cuenta con la disposición del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma para poder usar los equipos e instrumentos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico (antecedentes de la investigación)

Jordan, J. y Viera, N. (2014), en su tesis señala que el empleo de agregados reciclados en el concreto abre nuevas alternativas de reutilización de estos materiales en la preparación de un nuevo concreto en la construcción.

A la vez que la búsqueda de alternativas para la reintroducción en el ciclo productivo de materiales de deshecho surge una búsqueda en la mejora de la calidad de vida, es precisamente ésta búsqueda la que impide su introducción de forma no lo suficientemente meditada, que permita asegurar, de forma adecuada, las prestaciones que ofrecen los materiales naturales en sus diversos usos. Así pues, es necesario conocer las características del nuevo material, que permita su adecuado uso a cada circunstancia.

El reciclaje del residuo de construcción y demolición viene siendo estudiado desde muchos años atrás. En particular, no existen claros apuntes que lo señalen como un elemento a ser desechado de funciones resistentes, sin embargo, debido a la gran escasez experimental sobre las características estructurales que tiene este material, su empleo en la actualidad es limitado a usos carentes de sollicitación significativa del material.

Esta tesis, enfoca la posibilidad de utilizar concreto de deshecho triturado como agregado reciclado en concreto, basado en un mejor entendimiento de su resistencia.

Se establecieron las características de los agregados reciclados para estudiar su posible aplicación en la producción del concreto. Después de dicho análisis, se estudió la dosificación idónea de cuatro concretos fabricados con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado (0% AR, el 25% AR, el 50% AR y el 100 % AR) con resistencia a compresión de $f_c = 21$ o Kg/Cm^2 y $f_c = 175$ Kg/Cm^2 . En todos los concretos se utilizó arena natural (Cantera La Cumbre) y el agregado grueso natural utilizado (Cantera Huambacho).

Se elaboraron 72 testigos cilíndricos 36 testigos cilíndricos con una resistencia a la compresión de $f_c = 210$ Kg/Cm^2 y 36 testigos cilíndricos con

una resistencia a la compresión de $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$ (de diferentes porcentajes de Agregado reciclado). Se llevó a cabo una predicción analítica de los resultados experimentales.

Se dan algunas recomendaciones. en cuanto a las características de los agregados para ser utilizados en concretos, teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana (NTP) de agregados reciclados. También se hacen sugerencias respecto al proceso de producción de concretos con agregado reciclado. Son analizadas las propiedades mecánicas del concreto con agregado reciclado y comparadas con las de un concreto convencional. (PP. 1-2)

Los tesisistas Jordan y Viera concluyeron que la mezcla de diseño con agregado reciclado presenta un alto grado de inestabilidad de lo cual recomiendan su uso para construcciones ordinarias como veredas, pisos y elementos no estructurales.

Laserna, S. (2015), En su tesis señala la fabricación del hormigón reciclado analizando los balances de agua en la mezcla y los resultados de la experimentación con dicho hormigón. Además, realizó la simulación numérica del hormigón reciclado estructural mediante el método de los elementos finitos, en el cual utilizo la herramienta ATENA para simular el comportamiento real de hormigón. (PP. 6 - 59) [...]

A partir de los resultados, concluye que es fundamental condicionar un cambio metodológico a la hora de fabricar un hormigón reciclado respecto a un hormigón convencional, de manera que, además de seguir la metodología convencional de fabricación, es necesario tener en cuenta los importantes efectos que induce el árido reciclado debido a su mayor absorción. Además, el efecto de la resistencia en el hormigón reciclado depende de la cantidad de cemento utilizado, de manera que, mientras que el hormigón convencional sigue la ley de Abrams obteniendo una misma resistencia para hormigones con diferentes cantidades de cemento, pero idénticas relaciones A/C, cuando se incorpora árido reciclado no se cumple esta ley, influyendo la cantidad de cemento sobre el nivel resistente final obtenido. (PP. 199 - 200)

El tesista Laserna concluyo que es necesario tener en cuenta los importantes efectos el agregado grueso reciclado debido a su mayor absorción que el agregado grueso natural. Además, el efecto de la resistencia de la mezcla reciclada depende de la cantidad de cemento empleado.

Erazo, N. (2018), En su tesis señala que tiene como objetivo principal evaluar el diseño de mezcla de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados reciclados y agregados naturales y poder aplicarlo en elementos no estructurales. Los agregados reciclados se obtuvieron de la trituración de residuos sólidos de demolición de concreto ubicados en el distrito de El Agustino. Estos residuos se colocaron en la chancadora y se tamizaron en una malla pasante de 1". El material obtenido fue llevado al laboratorio para poder calcular sus propiedades físicas. Se realizó la combinación de 65% de agregado fino natural + 35% de agregado fino reciclado, y se obtuvo un "Agregado fino combinado" con una granulometría dentro de lo estipulado por la NTP. El agregado grueso es 100% reciclado. Calculadas las propiedades físicas de los agregados, se realizó el diseño de mezcla del concreto a una resistencia de $f'c = 175\text{kg/cm}^2$, usando el método del ACI. La proporción obtenida fue: 1:2.3:2.7/ 30.4lt/bolsa, con una relación a/c = 0.71. Se realizó la mezcla del concreto, y se calcularon sus propiedades físicas en estado fresco. El slump obtenido fue de 3", con una temperatura de 29.6 °C, peso unitario igual a 2199.86 kg/m³ y un contenido de aire de 3%. Se realizó el muestreo del concreto en probetas cilíndricas de 15x30cm. Posteriormente, a las probetas obtenidas se le realizó el ensayo a la compresión y se obtuvieron como resultado resistencias en un 39% más de la resistencia de diseño de 175 kg/cm².

Calculamos el costo total de los materiales por 1m³ de concreto reciclado y obtuvimos un valor de S/. 194.81. Comparándolo con el costo total de materiales en 1m³ de concreto convencional equivalente a S/. 211.08, se puede ver que el uso de concreto reciclado es más económico en S/. 16.27.

Evaluando las propiedades físicas del concreto reciclado y su costo total, se puede llegar a la conclusión que el empleo de agregados reciclados es

rentable, además de obtenerse una resistencia a la compresión mayor al 100%, lo que nos garantiza su uso en elementos no estructurales como sardineles, topellantas, veredas, etc. (PP. 3 - 4)

El tesista Erazo concluyo que el agregado grueso reciclado no tiene una adecuada distribución de partículas, pero si puede ser utilizado porque en el NTP 400.037 indica que se permitirá el uso de agregados que no cumplan con la gradación si se asegura de realizar un concreto de buena calidad con el agregado reciclado, también el concreto reciclado a los 28 días obtuvo un valor promedio de 243.49 kg/cm² lo que asegura puede ser empleado en elementos no estructurales como sardineles, topellantas, veredas, rampas, generando a la vez menores gastos.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

La generación de residuos de caucho se ha convertido en una preocupación mundial, ya que tienen un fuerte impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana. La legislación sobre la eliminación de este tipo de residuos ha elevado sus exigencias a la industria, a los comerciantes y a los usuarios, por lo que la búsqueda de alternativas para la recuperación de residuos de caucho se ha acelerado considerablemente en los últimos años. Este trabajo presenta una revisión de las principales tendencias de la utilización de caucho reciclado, incluyendo ambas aplicaciones actualmente comercializadas como derivadas de estudios terminados o de líneas de investigación en curso. Las aplicaciones con mayor potencial en términos de volumen consumido están relacionadas con la infraestructura y el sector de la construcción civil, especialmente asfaltos, hormigones y aisladores para la construcción ligera. Otras aplicaciones con potencial en un futuro próximo son los filtros para la limpieza del agua contaminada y como componentes en materiales compuestos de matriz termoplástica o en compuestos de poliuretano. Es evidente que hay que llevar a cabo una intensa investigación en este campo para hacer frente a algunos desafíos científicos relevantes, que merecen una gran atención debido a la importante cuestión ambiental relacionada con la gestión de residuos de caucho. (Arroyave, G., *etal*, 2017, p. 8).

Este estudio evalúa la influencia de la incorporación de dos tipos diferentes de áridos reciclados (RA) de residuos de construcción y demolición (CDW),

agregado cerámico de ladrillo (RA1) y agregado de hormigón triturado (RA2) de la ciudad de Bogotá, en el desempeño de hormigón perverso bajo compresión y resistencia a la flexión. Se describe la sustitución de RA en la producción de hormigón perverso, teniendo en cuenta cinco niveles de sustitución. Para las mezclas de hormigón pervious, se utilizaron agregados de tamaños retenidos en un tamiz de 1/2" y 3/8". Las mezclas de hormigón pervious fueron sometidas, 28 días después, a pruebas de densidad, contenido de vacío, resistencia a compresión y flexión y permeabilidad. Tal hormigón pervioso con RA alcanza la compresión y resistencia a la flexión de hasta 5,79 MPa y 2,14 MPa, respectivamente, que se encuentran dentro del rango permitido por el ACI, alcanzando una permeabilidad de 24,79 mm/s, valor que es superior a las características comunes del hormigón perverso. (Ulloa, V., *etal*, 2018, PP. 34 - 41).

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio (teorías, modelo)

– Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles.

El documento de Tecnología de Concreto ha sido preparado como una herramienta útil para ampliar y profundizar los conocimientos de la tecnología del concreto.

El concreto es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistente.

De la definición, se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad. (Torre, A., 2004, p. 4).

– La construcción sostenible.

La construcción sostenible abarca, no sólo los edificios propiamente dichos, sino también cuenta el entorno y la manera cómo se integran para formar las ciudades. El desarrollo urbano sostenible (urbanismo sostenible) tiene el objetivo de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente, y que proporcione recursos urbanísticos suficientes, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética y del agua, sino también para su funcionalidad, como un lugar que sea mejor para vivir.

La experiencia ha demostrado que no resulta fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y de gestionar su funcionamiento. Para ello debe romperse con la rutina y los hábitos adquiridos por décadas por el actual sistema de construcción que no ha tenido en cuenta el papel finito de los recursos naturales.

Esto conlleva un cambio en la mentalidad de la industria y las estrategias económicas- con la finalidad de priorizar el reciclaje, re-uso y recuperación de materiales frente a la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales y de fomentar la utilización de procesos constructivos y energéticos basados en productos y en energías renovables.

Resulta evidente que, con el actual ritmo de crecimiento demográfico, a pesar de la disminución en los últimos años de la tasa de crecimiento, continuamos creciendo año tras año a una velocidad que podría llegar a duplicar la población humana mundial antes de mediados del presente siglo. Una situación en que la actual utilización de los recursos naturales y del medio ambiente supone una disminución del potencial de dichos recursos para las generaciones futuras.

El entorno construido, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es en gran medida culpable de dicha contaminación.

Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como; madera, minerales, agua y combustibles fósil. Asimismo, los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por

las emisiones que producen o el impacto sobre el territorio y son una fuente indirecta de contaminación por el consumo de energía y agua necesarias para su funcionamiento.

Al mismo tiempo tiene un impacto ambiental tanto por la utilización de materiales provenientes de recursos naturales, como por el uso de grandes cantidades de energía que se necesita para fabricar los productos de construcción finales (cementos, aceros, manufacturas) y para su instalación en obra.

No se pueden olvidar también los costes ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales (canteras, minas, etc.) como la deposición de los residuos originados en su fabricación e instalación en obra, que abarcan desde las emisiones tóxicas a las posibles contaminaciones de las aguas superficiales por vertidos y de las subterráneas por parte de los lixiviados de los vertederos. Al final de su vida activa, también los edificios originan una gran cantidad de residuos. (Ramirez, A., 2010, PP. 1-2).

- Diseño de mezcla de hormigón reciclado mediante el método volumen de mortero equivalente (EMV).

Durante estos últimos años, la construcción sostenible se ha desarrollado de manera importante, considerando una gran cantidad de temas, y volviéndose de vital importancia gracias a la concienciación de la población acerca de los temas medio-ambientales. Uno de estos temas se relaciona con la reutilización y reciclaje de materiales provenientes de la construcción y demolición.

En el contexto europeo, el reciclaje de materiales de construcción y demolición, entre los años 1996 y 2006, en Holanda, Alemania y Dinamarca, ha sobrepasado el 80%, mientras que, en España, no ha pasado del 20%. Sin embargo, estadísticas recientes en Cataluña, España, muestran que un 57,6% de los residuos de construcción han sido llevados a una planta de valorización (recuperación o reciclado), y el resto llevado a un vertedero controlado; esto supera con creces el 20% anteriormente mencionado.

El hormigón es un material de conocimiento extendido, y el más importante en el sector de la construcción; sin embargo, su reciclaje sólo es común en países desarrollados, llegando a importantes niveles de utilización dependiendo de las políticas y reglamentos internos de cada país.

Aun cuando el hormigón es un material medioambientalmente amigable, los volúmenes de producción del mismo y su posterior disposición en vertederos, cuando el material pasa a ser un residuo, generan un gran problema en países urbanizados donde el espacio para tales prácticas es reducido, y también, debido a los áridos naturales que necesita para su confección; es por esto que el reciclaje de hormigón para la producción de áridos reciclados (AR) representaría una importante solución.

Hoy en día, el diseño de mezclas de HAR se hace utilizando métodos convencionales de dosificación, tomando en cuenta las diferencias entre las características físicas del AR y el árido natural, como la densidad, porosidad, y absorción de agua, en donde esta última presenta las mayores discrepancias. Un punto importante a destacar, es que estas dosificaciones se basan en el uso de mayores contenidos de cemento para alcanzar propiedades similares a las de un HAC; esto significa que, aun cuando el HAR ayuda a disminuir el uso de recursos naturales, de vertederos, puede reducir las emisiones de CO₂ causadas por el transporte de áridos, entre otras; podría necesitar más energía, causar más emisiones de CO₂, y elevar el coste por unidad de hormigón debido al uso de mayores cantidades de cemento. Un documento recientemente publicado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) muestra la importancia, en términos de emisiones de CO₂, que la producción de cemento significa.

La producción de cemento alcanza el segundo lugar, después de la producción de acero y coque metalúrgico (41 Tg), con 29 Tg, sobrepasando ampliamente los 11,8 Tg de la tercera actividad (producción de amoníaco y consumo de urea). Maier y Durham indican que el cemento Portland es el que mayor cantidad de gases invernadero produce, de entre todos los componentes del hormigón.

Dicho esto, la reducción de la cantidad de cemento necesaria para elaborar un hormigón, debería convertirse en una medida efectiva a la hora de reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ que la confección de hormigones conlleva. Por tanto, el método estudiado, nombrado Volumen de Mortero Equivalente (EMV por sus siglas en inglés) por sus autores, debería convertirse en un logro de gran importancia, ya que está basado en que el ARH es un material de dos fases (mortero y AN), y para obtener propiedades similares a las de un HAC, estas deben ser tomadas en consideración. Esto se logra restando el mortero antiguo (contenido en el ARH) del nuevo, con el propósito de lograr una mezcla de HAR de igual volumen de mortero que un HAC, y así, reducir la necesidad de cemento. (Jiménez, C., *etal*, 2013, PP. 1-2).

- NTP 400.012. (Análisis granulométrico del agregado fino grueso y global).
Esta norma establece el método para poder determinación la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

- ASTM C172 Muestreo de concreto fresco mezclado
Tener las muestras respectivas del concreto fresco de las cuales se realizarán los ensayos para verificar si cumplen con las normas.

- NTP 339.035, ASTM C143 Asentamiento de concreto fresco (cono de Abrams): El método cubre la determinación del asentamiento del concreto tanto como en el laboratorio y en el campo.

- ASTM C1064 Método de ensayo estándar para temperatura del concreto de cemento portland recién mezclado
Este ensayo es para determinación la temperatura del concreto para comprobar si cumple con la norma.

- NTP 339.046, ASTM C138 Determinación del peso unitario y rendimiento
Este ensayo es para determinar el peso de un 1m³ de concreto fresco.

- Contenido de aire en el concreto fresco
 - Método presión - NTP 339.083, ASTM C 231
 - Método volumétrico - NTP 339.081, ASTM C 173

Este ensayo es para determinar el porcentaje de aire que se encuentra en la mezcla de concreto fresco, este contenido de aire debe estar en un rango de 1% a 3%.

- NTP 339.033, ASTM C 31 Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra.

Con esta norma podremos hacer la elaboración, curado y transporte de probetas cilíndricas.

- Norma técnica de edificación E.060 concreto armado

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple

- NTP 339.078 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto

- NTP 339.034, ASTM C39 (Standard Test Method for compressive strength of cylindrical concrete specimen)

El ensayo de resistencia a la compresión es para evaluar que el concreto empleado cumpla con la resistencia específica $f'c$.

2.4. Definición de términos básicos

- Agregado reciclado

“El agregado de concreto reciclado (ACR) es la utilización como agregado de un concreto que ha sido previamente usado en otra obra que fue demolida y en la industria no serían más que escombros”. (León, A., 2013, p.8).
- Relación agua cemento

La relación agua / cemento (a/c) es el valor característico más importante de

la tecnología del hormigón. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. (Castañeda, A., *etal*, 2017, p. 26)

- Aditivo plastificante

“Aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce la cantidad de agua en aproximadamente un 10 % incrementando la resistencia”. (Sika, 2019, p. 1)

- Propiedades del concreto en estado fresco

- Asentamiento de concreto fresco

- Temperatura del concreto

- Determinación del peso unitario y rendimiento.

- Contenido de aire

- Propiedades del concreto en estado endurecido

- La resistencia a la flexión del concreto

- La resistencia a la compresión del concreto

2.5. Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis (figuras o mapas conceptuales)

Elementos que conforman el concreto y el concreto reciclado (ver figura 1)

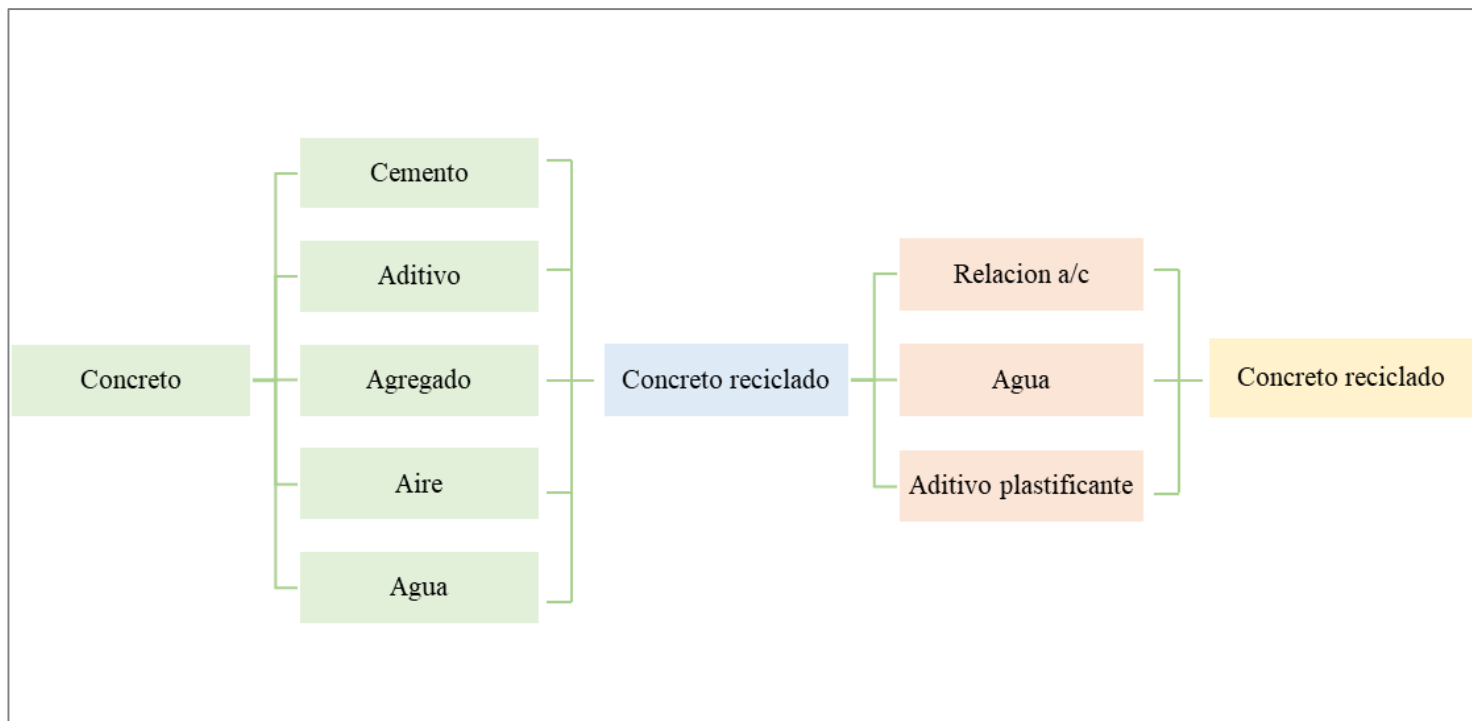


Figura 1: Mapa conceptual

Fuente: Elaboración propia

2.6. Hipótesis

2.6.1. Hipótesis general

Al definir una mezcla de concreto con agregado grueso reciclado utilizando cemento portland Tipo HS se optimiza las propiedades del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.

2.6.2. Hipótesis específicas

- a) Al determinar el porcentaje de agregado grueso reciclado se optimiza las propiedades en estado fresco del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.
- b) Al determinar una relación agua / cemento se optimiza la resistencia del concreto reciclado en estado endurecido para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.

2.7. Variables (definición y operacionalización de variables: Dimensiones e indicadores)

- Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado

“Es una mezcla de cemento, agua, árida y aditivo. Más concretamente, es una mezcla de concreto fabricada con áridos reciclados, como su propio nombre lo indica, contiene árido reciclado proveniente de residuos de construcción y demolición en diferentes proporciones”. (Laserna, S., 2015, p. 1)

Tabla 1
Operacionalización de variable independiente

Variable independiente	Indicadores	Índice	Instrumentos
Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado	Porcentaje de agregado grueso reciclado	Análisis granulométrico del agregado grueso	ASTM 16, NTP 400.012.
	Relación agua/cemento	lts/bolsas	NTP 339.034, ASTM C39 y NTP 339.078.

Fuente: Elaboración propia

Operacionalización de la variable independiente con sus indicadores, índices e instrumentos (ver tabla 1)

- Propiedades del concreto reciclado

Se determinó como influye la adición de agregado grueso reciclado en las propiedades del concreto reciclado en estado fresco y endurecido para, de esta manera precisar la conveniencia del uso del agregado reciclado en las mezclas de concreto.

Tabla 2
Operacionalización de variable dependiente

Variable dependiente	Indicadores	Índice	Instrumentos
Propiedades del concreto reciclado	Propiedades en estado fresco del concreto reciclado	Muestreo de concreto fresco, asentamiento, temperatura, peso unitario y rendimiento, contenido de aire.	NTP 400.012, NTP 9.035, ASTM C143, ASTM C1064, NTP 339.046, ASTM c138
	Resistencia del concreto reciclado en estado endurecido	Ensayo de resistencia a la compresión y flexión	NTP 339.034, ASTM C39/NTP 339.078

Fuente: Elaboración propia

Operacionalización de la variable dependiente con sus indicadores, índices e instrumentos (ver tabla 2)

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, método y diseño de la investigación

Diseño de investigación, “la investigación longitudinal prospectiva es aquella donde se estudian o analizan los casos, fenómenos, características, eventos, situaciones, relaciones entre causa y efecto, etc., es decir, los objetos o sujetos de la investigación, presentes y se siguen hacia el futuro”. (Salinas, P., 2012, p. 22).

La siguiente investigación es longitudinal prospectiva donde se manipulo la variable independiente y nuestros resultados va depender de un proceso de curado de 4 edades para cada diseño de mezcla.

Tipo de investigación, “los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o de establecimientos de relación entre conceptos; es decir están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómeno físico o social. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta”. (Hernández, R., *etal*, 2010, p. 83).

Esta investigación es explicativa donde vamos esclarecer cómo se realizó los ensayos y el diseño de mezcla de concreto.

Nivel de investigación, “la investigación aplicada es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías”. (Tamayo, M., 2004, p. 43).

El presente trabajo es de nivel aplicada debido a que se diseñó con agregado grueso reciclado para ser utilizados en cimentaciones en el distrito de La Molina.

Enfoque de investigación, “el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en las mediciones numéricas y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. (Hernández, R., *etal*, 2010, p. 4).

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, porque se comprobó la hipótesis mediante el uso de recolección de datos y la medición numérica.

3.2. Población y muestra

La población de estudio está compuesta por las cimentaciones de concretos que se encuentran en un periodo de 1 a 5 años, con agregado grueso reciclado ubicadas en Perú.

La muestra está compuesta por 60 vigas y 240 probetas cilíndricas de concreto con agregado grueso reciclado al 0%, 25%, 50%, 75% y 100% a los 3, 7, 14 y 28 días de edad para realizar los ensayos de compresión y tracción para las probetas cilíndricas. En el caso de las vigas se usaron los mismos porcentajes de agregado grueso reciclado, pero con las edades de 7, 14, 28 días para el ensayo a flexión, se consideró dos relaciones a/c de 0.53 y 0.60. (Ver tabla 3)

Tabla 3
Calculo de la muestra para ensayos

Porcentajes de agregado grueso reciclado					
	0%	25%	50%	75%	100%
Compresión	3	3	3	3	3
Tracción	3	3	3	3	3
Flexión	2	2	2	2	2
Ensayos compresión y tracción					
Edades	3	7	14	28	
Ensayo a flexión					
Edades	7	14	28		
Relación a/c					
	0.53		0.60		
Total de probetas cilíndricas (compresión y tracción)					240
Total de vigas (flexión)					60

Fuente: Elaboración propia

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tipos de técnicas e instrumentos, la técnica utilizada en la investigación será de observación utilizando como instrumento para los datos observados los formatos ya establecidos para los ensayos al concreto reciclado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales.

Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos, para realizar la medición de los ensayos de compresión y tracción de las probetas y vigas respectivamente, se usó la prensa digital modelo AUTO-TEK serie 500 LB a 220 voltios.

Procedimientos para la recolección de datos, la presente investigación tendrá el siguiente procedimiento para la recolección de datos:

- Elaboración de ensayos
- Recopilación de resultados de los ensayos
- Procesamiento en hojas de calculo

3.4. Descripción de procedimientos de análisis

Los datos conseguidos se presentarán en cuadros y gráficos a partir de los porcentajes de agregado reciclado en el diseño de mezcla del concreto todo ello se realizará por medio del programa Microsoft Excel 2016.

CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Caracterización de los materiales

4.1.1. Cemento

El cemento utilizado durante la investigación es el cemento Andino Portland Tipo HS, el cual es un producto obtenido de la molienda conjunta de Clinker, yeso y adiciones de alto desempeño que cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.082 y la Norma Técnica Americana ASTM C-1157.

El uso de este tipo de cemento Portland es en obras de construcción civil que requieran propiedades resistentes al salitre, la humedad y los agregados de baja calidad.

4.1.2. Agua

Se entiende por agua de mezclado a la cantidad de agua total contenida en el concreto fresco. Esta cantidad es utilizada para el cálculo de la relación agua/cemento (a/c) y está compuesta por el agua agregada a la mezcla y la humedad superficial de los agregados.

4.1.3. Agregado Natural

4.1.3.1. Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material proveniente de la desintegración natural o artificial, retenida en el tamiz 4,75 mm (No 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma N.T.P. 400.012 o ASTM C 33.

El agregado grueso que se obtuvo para la elaboración de la presente tesis fue proveniente de la cantera de Unicon y fue adquirido en la tienda Promart ubicada en el distrito de Chorrillos.

4.1.3.1.1. Análisis granulométrico o Granulometría (NTP 400.012)

Se denomina así a la sencilla operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica cada fracción contiene

partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo.

Tamaño máximo (NTP 400.037): Correspondiente al menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado.

Tamaño máximo nominal (NTP 400.037): Correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

Equipo y accesorios:

- Balanza sensible al 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Tamices: 2”, 1 1/2“, 1”, 3/4“, 1/2“, 3/8“, N°4
- Tela para cuartear material.
- Cucharones o badilejos.
- Bandejas.
- Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Preparación de la muestra de ensayo:

El peso de la muestra debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas, según se establece en la tabla N°4

Tabla 4
Peso máximo de muestras según tamaño máximo de partículas

Tamaño máximo de las partículas (mm)	Peso aproximado de la muestra (kg)
9,5	2
12,7	4
19,0	8
25,4	12
38,1	16
50,8	20

NOTA. - Para muestras que pesen 5 kg o más se recomienda el empleo de zarandas de 40 cm de diámetro.

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.012)

Procedimiento:

Se seca la muestra a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0,1%. El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que estarán dispuestas en orden decreciente según tamaño de abertura.

Se tomará cada tamiz con su tapa y base y se imprimirá movimiento permanente con direcciones frecuentemente cambiantes. Para ello se imprimirá al tamiz los distintos movimientos de vaivén: adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba, abajo y circular. - En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.

Se da por finalizada la operación del tamizado, cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.

A continuación, se presenta las tablas con los resultados de la granulometría del agregado grueso (Ver Tabla N°5, 6, 7, 8)

Tabla 5
 Ensayo de Granulometría del agregado grueso- Muestra G1

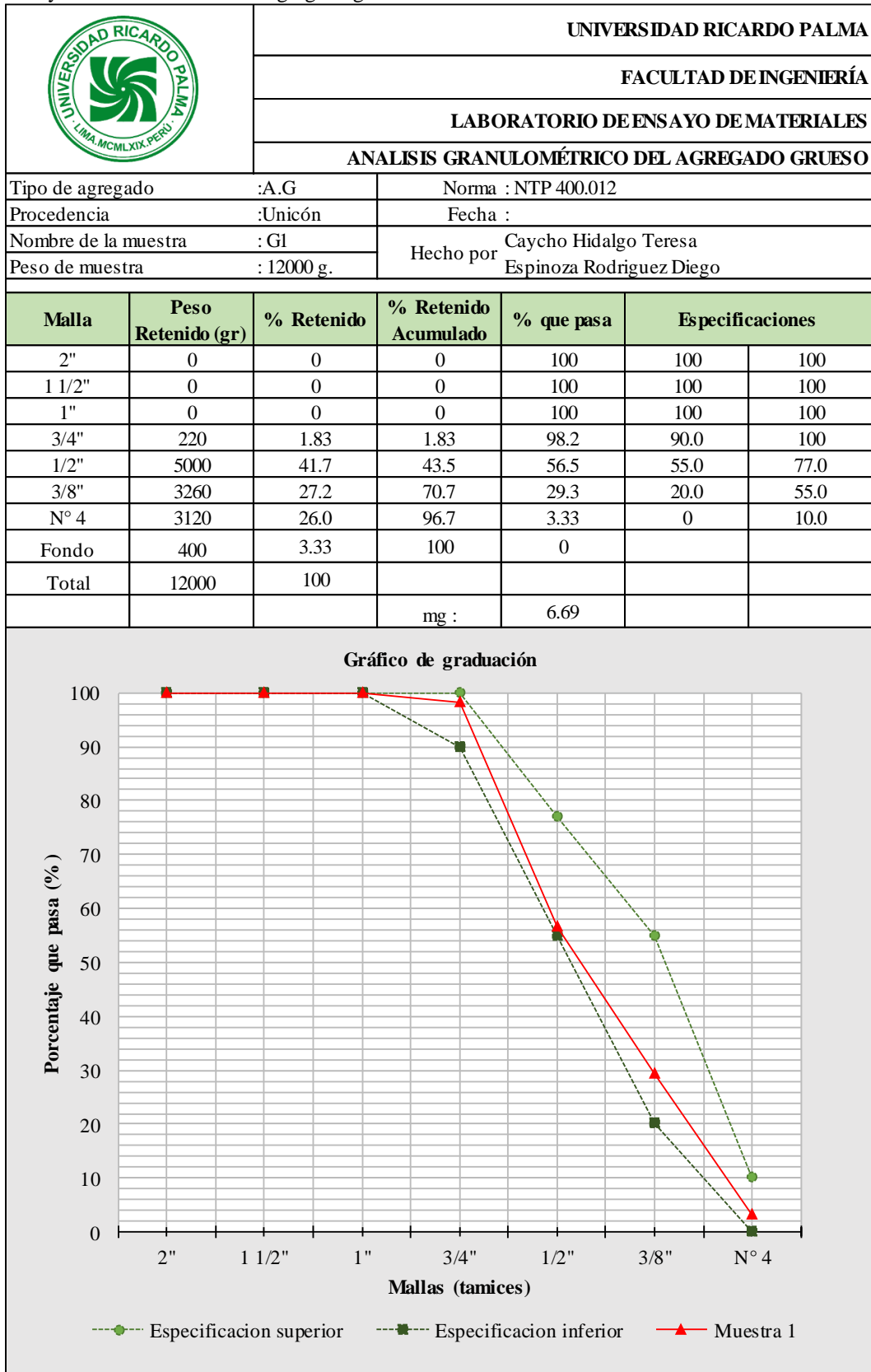



Figura 2
 Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría grueso G1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6
Ensayo de Granulometría del agregado grueso- Muestra G2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO					
Tipo de agregado	:A.G	Norma : NTP 400.012				
Procedencia	:Unicón	Fecha :				
Nombre de la muestra	: G2	Hecho por Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego				
Peso de muestra	: 12000 g.					
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	0	0	0	100	100	100
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	220	1.83	1.83	98.2	90.0	100
1/2"	5300	44.2	46.0	54.0	55.0	77.0
3/8"	2800	23.3	69.3	30.7	20.0	55.0
N° 4	3480	29.0	98.3	1.67	0	10.0
Fondo	200	1.67	100	0		
Total	12000	100				
			mg :	6.70		

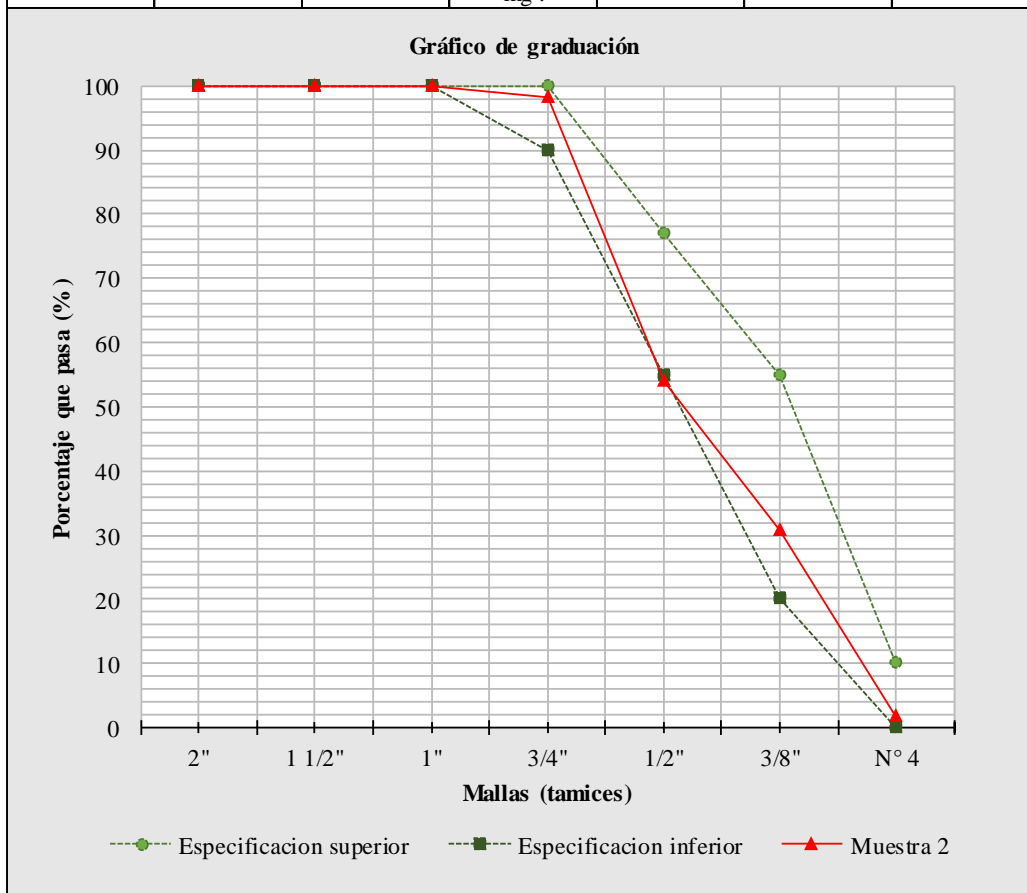


Figura 3
Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría grueso G2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7
 Ensayo de Granulometría del agregado grueso- Muestra G3

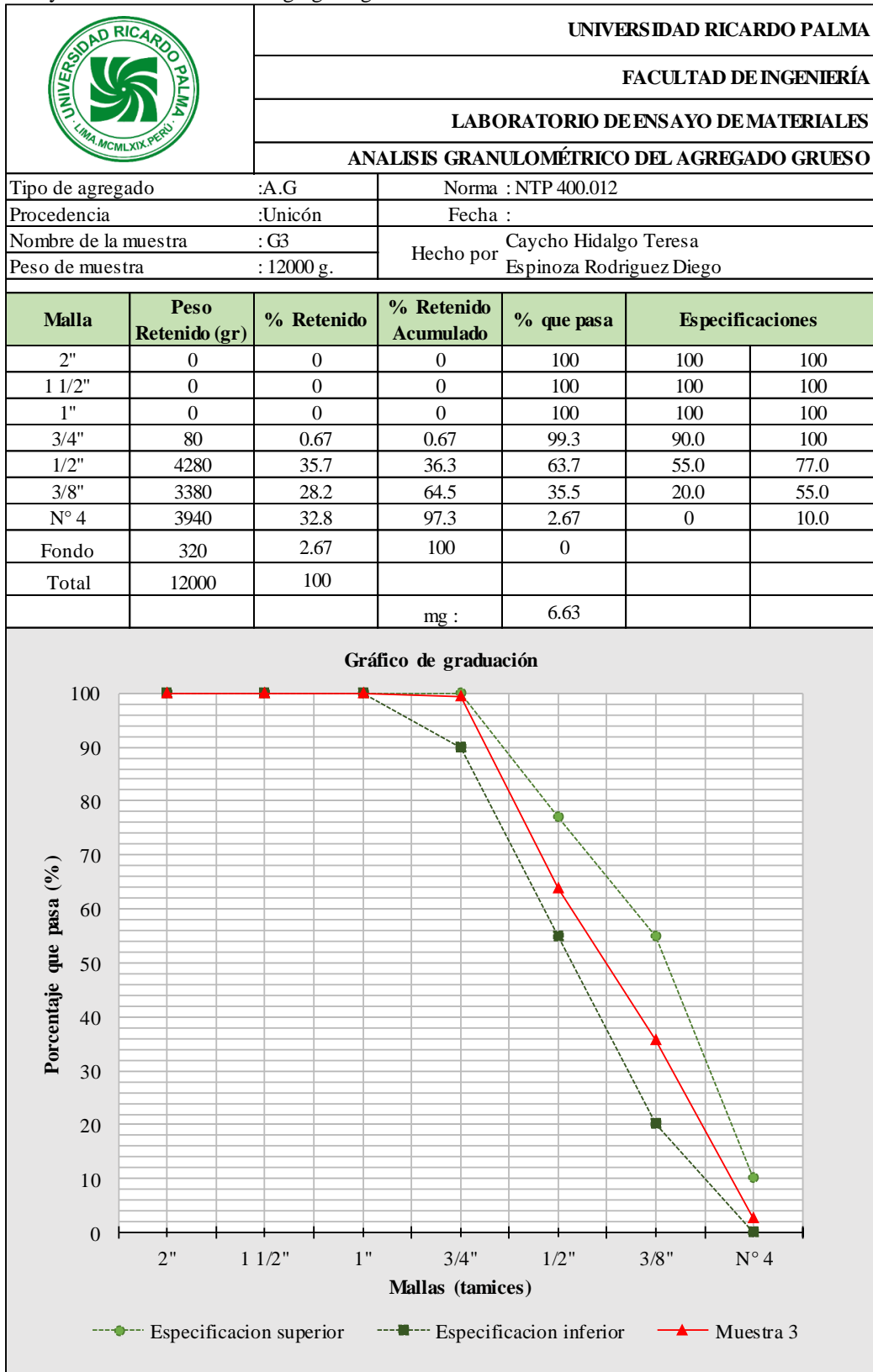



Figura 4:
 Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría grueso G3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8
Ensayo de Granulometría del agregado grueso– promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO			
Descripción	A.G	Norma	: NTP 400.012	
Procedencia		Fecha	:	
Nombre	Promedio	Hecho por	Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego	
RESUMEN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - GRUESO				
Descripción	ENSAYOS			mf promedio
	G1	G2	G3	
Módulo de finura	6.69	6.70	6.63	6.67

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1.2. Peso unitario de agregado grueso (NTP 400.017)

Equipo y accesorios:

- Balanza sensible al 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Barra compactadora, recta, de acero, lisa de 16 mm (5/8”) de diámetro y aproximadamente 600 mm (24”) de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
- Pala, badilejo y regla.

Recipiente:

Tamaño de recipientes según tamaño máximo del agregado (ver tabla 9)

Tabla 9
Tamaño de recipiente según tamaño máximo del agregado

Capacidad		Tamaño máximo	
ps3	dm3	pulg.	mm
1/10	3	1/2	12.5
1/3	10	1	25.4
1/2	15	1 ½	38.1
1	30	2	50.8

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.017)

Calibración del recipiente:

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7 °C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7 °C (1 000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7 °C necesario para llenar el recipiente.

Preparación de la muestra:

La muestra se mezcla completamente y se seca a temperatura ambiente.

Procedimiento:

Determinación del peso unitario suelto:

El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente, sin ejercer presión. Se deben tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de las partículas. El agregado sobrante se elimina con una regla.

Se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.


Determinación del peso unitario compactado:

Se llena la tercera parte del recipiente y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Luego se llena la medida hasta rebosar y se compacta 25 veces con la barra compactadora, el agregado sobrante se elimina usando la barra compactadora como regla. Se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

A continuación, se presenta las tablas con los resultados de la granulometría del agregado grueso (Ver Tabla N° 10, 11)

Tabla 10

Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado grueso

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO	
Tipo de agregado	:A.G	Norma : NTP 400.017
Procedencia	:Unicón	Fecha :
Nombre de la muestra	: G1	Hecho por Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego
Peso de muestra	:	

Peso unitario suelto (kg/m ³)			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra suelta + recipiente (kg)	22.7	22.8	22.5
Peso del recipiente (kg)	5.92	5.92	5.92
Peso de la muestra suelta (kg)	16.7	16.9	16.6
Peso del recipiente + agua (kg)	19.9	19.9	19.9
Peso del agua en el recipiente (kg)	14.0	14.0	14.0
Factor de calibración del recipiente (1/m ³)	71.5	71.5	71.5
Peso unitario suelto (kg/m³)	1197	1206	1187


MUESTRA	PUS
M1	1197
M2	1206
M3	1187
Promedio	1197

(Kg/m³)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO	
Tipo de agregado	:A.G	Norma : NTP 400.017
Procedencia	:Unicón	Fecha :
Nombre de la muestra	: G1	Hecho por Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego
Peso de muestra	:	

Peso unitario compactado (kg/m ³)			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra compactada + recipiente	24.3	24.5	24.56
Peso del recipiente (kg)	5.92	5.92	5.92
Peso de la muestra compactada (kg)	18.38	18.58	18.64
Peso del recipiente + agua (kg)	19.9	19.9	19.9
Peso del agua en el recipiente (kg)	14.0	14.0	14.0
Factor de calibración del recipiente (1/m ³)	71.5	71.5	71.5
Peso unitario suelto (kg/m³)	1315	1329	1333

MUESTRA	PUC
M1	1315
M2	1329
M3	1333
Promedio	1326

(Kg/m³)

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1.3. Contenido de Humedad (ASTM C-566)

Es la cantidad de agua total que tiene el agregado en relación al peso de la muestra seca y se expresa en porcentaje.

La norma ASTM C-566 prescribe un método para determinar el contenido de humedad del agregado. Este método no es altamente exacto pero el error comprendido es más pequeño que el error de muestreo.

Es importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, por lo que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para hacer las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas y se cumplan las hipótesis asumidas.

El agregado grueso retiene mucho menos agua que el agregado fino, tiene un contenido de humedad mucho menos variable y, generalmente causa menos dificultades.

$$h = \left(\frac{A - B}{B} \right) * 100 \dots (1)$$

Dónde:

h: Contenido de humedad (%)

A: Peso de la muestra húmeda (g)

B: Peso de la muestra seca (g)




Figura 5
Muestras para ensayo de contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la tabla con los resultados del contenido de humedad del agregado grueso (Ver tabla 12 y figura 5).

Tabla 12
Ensayo de Contenido de Humedad en agregado grueso

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO	
TIPO DE A GREGADO	: AGREGADO GRUESO	NORMA : NTP ASTM-566
PROCEDENCIA	UNICON	FECHA :
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego

CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra húmeda (g)	500	500	500
Peso de la muestra seca (g)	497	497	497
Contenido de agua (g)	2.60	2.70	2.90
Contenido de humedad (%)	0.52	0.54	0.58

MUESTRA	% H
M1	0.52
M2	0.54
M3	0.58
Promedio	0.55

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1.4. Peso específico y Absorción (NTP 400.022)

Peso específico: Debido a que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros es necesario definir con sumo cuidado el significado del término peso específico, pues en realidad existen varios tipos de peso específico.

Peso específico de masa seca: Se define 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) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{(B - C)} \dots (2)$$

Dónde:

A: Peso de la muestra seca (g)

B: Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

C: Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

Peso específico de masa saturado superficialmente seco: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco} = \frac{B}{(B - C)} \dots (3)$$

Dónde:

B: Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

C: Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

Peso específico aparente: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(A - C)} \dots (4)$$

Dónde:

A: Peso de la muestra seca (g)

C: Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

Porcentaje de absorción: Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturada con superficie seca en relación al peso de la muestra seca y se expresa en porcentaje.

Es importante pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \left(\frac{B - A}{A} \right) * 100 \dots (5)$$

Dónde:

A: Peso de la muestra seca (g)

B: Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

Equipo y accesorios

- Balanza con una capacidad de 5 kg o más, con sensibilidad de 0,5 g o menos.
- Cesta de malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz N° 6 (3 mm) o menor o un recipiente de aproximadamente igual diámetro y altura con capacidad de 4000 cm³ a 7000 cm³.
- Envase adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C
- Termómetro, con aproximación de 0,5 °C.

Preparación de la muestra:

Se selecciona por el método del cuarteo, aproximadamente 5 kg del agregado que se desea ensayar, rechazando todo el material que pase el tamiz N° 4 (4,76 mm).


Procedimiento:

- Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas se sumerge en agua por un periodo de 24 h ± 4 h.
- Se saca la muestra del agua y se hace rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezca húmeda. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturado con la superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 g.

- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Se seca la muestra a peso constante, a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h y se pesa.

A continuación, se presenta la tabla con los resultados del ensayo de peso específico y absorción agregado grueso (Ver Tabla N°13, 14, 15 y 16)


Tabla 13
Peso Específico y absorción del agregado grueso - Muestra G1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO G.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA	
MUESTRA	: G3	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego
PESO DE MUESTRA	: 5000 g		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SSS	B	5000	g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3516	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL		611	g
PESO DEL AGUA	C	2904	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4973	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.37	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.39	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.40	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		0.55	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14


Ensayo de Peso Específico y absorción del agregado grueso - Muestra G2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO G.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA	
MUESTRA	: G2	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 5000 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SSS	B	5000	g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3550	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL		611	g
PESO DEL AGUA	C	2939	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4973	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.41	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.43	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.44	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		0.54	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15


Peso Específico y absorción del agregado grueso - Muestra G3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO G.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA	
MUESTRA	: G3	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 5000 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SSS	B	5000	g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3529	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL		611	g
PESO DEL AGUA	C	2918	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4971	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.39	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.40	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.42	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		0.59	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Peso Específico y absorción del agregado grueso - Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES					
	PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCIÓN	: AGREGADO G.	NORMA : NTP 400.022				
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA :				
NOMBRE	: PROMEDIO	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego				
RESUMEN PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN - GRUESO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
		G1	G2	G3		
PESO ESPECIFICO DE MASA	G	2.39	2.41	2.37	2.39	g/cm ³
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	G _{ss}	2.40	2.43	2.39	2.40	g/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	G _a	2.42	2.44	2.40	2.42	g/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	a%	0.59	0.54	0.55	0.56	%

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2. Agregado fino

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 ó ASTM C 33.


El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes; libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas para el concreto.

El agregado fino que se obtuvo para la elaboración de la presente tesis fue proveniente de la cantera Unicon y adquirida en la tienda de Promart ubicada en el distrito de Chorrillos.

4.1.3.2.1. Análisis granulométrico o Granulometría (NTP 400.012)

A continuación, se presenta una tabla con los resultados de la granulometría del agregado fino (Ver Tabla N°17)

Tabla 17
 Ensayo de Granulometría del agregado fino - Muestra F1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO					
Tipo de agregado	:A.F	Norma : NTP 400.012				
Procedencia	:Unicon	Fecha :				
Nombre de la muestra	: F1	Hecho por Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodríguez Diego				
Peso de muestra	: 500 g.					
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0	0	0	100	100	100
N° 4	1.80	0	0	99.6	95.0	100
N° 8	54.8	11.0	11.34	88.7	80.0	100
N° 16	125	24.9	36.3	63.7	50.0	85.0
N° 30	126	25.2	61.5	38.5	25.0	60.0
N° 50	95.0	19.0	80.5	19.5	10.00	30.0
N° 100	51.3	10.3	90.8	9.18	2.00	10.0
Fondo	45.8	9.18	100	0		
Total	499	100				
			mf :	2.81		

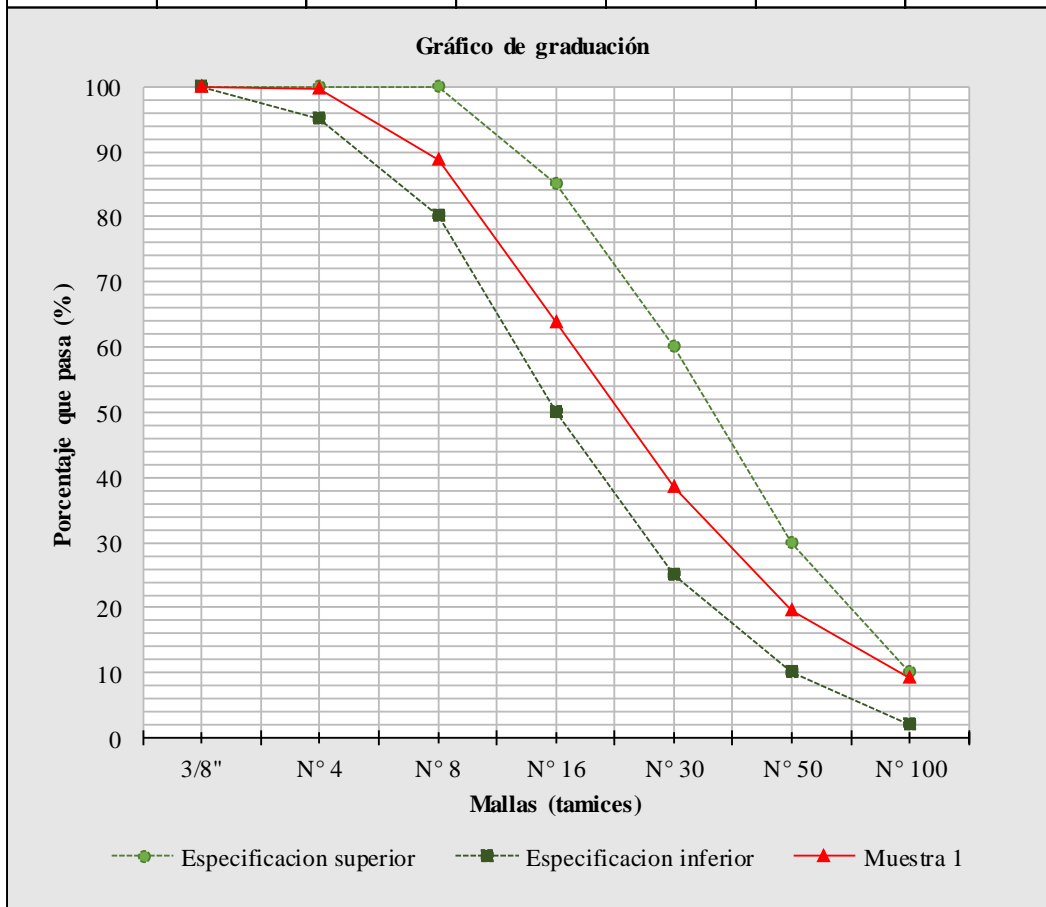



Figura 6
 Gráfica de los resultados del ensayo de granulometría fino F1

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2.2. Peso Unitario del agregado fino (NTP 400.17)

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de peso unitario del agregado fino (Ver Tabla N° 18 y 19)

Tabla 18
Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO FINO	NORMA	: NTP 400.017
PROCEDENCIA	UNICON	FECHA	:
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	HECH	Caycho Hidalgo Teresa O POR Espinoza Rodriguez Diego
Peso unitario suelto (kg/m³)			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra suelta + recipiente (kg)	6.17	6.25	6.31
Peso del recipiente (kg)	1.74	1.74	1.74
Peso de la muestra suelta (kg)	4.42	4.51	4.57
Peso del recipiente + agua (kg)	4.06	4.06	4.06
Peso del agua en el recipiente (kg)	2.32	2.32	2.32
Factor de calibración del recipiente (1/m ³)	432	432	432
Peso unitario suelto (kg/m³)	1911	1947	1973


MUESTRA	PUS
M1	1911
M2	1947
M3	1973
Promedio	1944

(Kg/m³)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO	
TIPO DE A GREGADO	: A GREGADO FINO	NORMA : NTP 400.017
PROCEDENCIA	UNICON	FECHA :
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego

Peso unitario compactado (kg/m ³)			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra compactada + recipiente (kg)	6.55	6.60	6.56
Peso del recipiente (kg)	1.74	1.74	1.74
Peso de la muestra compactada (kg)	4.81	4.86	4.81
Peso del recipiente + agua (kg)	4.06	4.06	4.06
Peso del agua en el recipiente (kg)	2.32	2.32	2.32
Factor de calibración del recipiente (1/m ³)	432	432	432
Peso unitario suelto (kg/m³)	2077	2099	2079

MUESTRA	PUC
M1	2077
M2	2099
M3	2079
Promedio	2085


(Kg/m³)

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2.3. Contenido de Humedad (ASTM – 566)

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino (Ver Tabla N° 20)

Tabla 20
Ensayos de Contenido de Humedad del agregado fino

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO :	AGREGADO FINO	NORMA : NTP ASTM-566	
PROCEDENCIA	UNICON	FECHA :	
NOMBRE DE LA MUESTRA :		HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra húmeda (g)	500	500	500
Peso de la muestra seca (g)	492	485	499
Contenido de agua (g)	8.20	15.50	0.70
Contenido de humedad (%)	1.67	3.20	0.14
PROMEDIO	1.67		


Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2.4. Peso específico y absorción (NTP 400.022)

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (Ver Tabla N° 21, 22, 23 y 24)

Tabla 21


Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino - Muestra F1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO F.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA	
MUESTRA	: F1	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 500 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA		150	g
PESO DE LA MUESTRA SSS		500	g
PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO DE LA FIOLA		650	g
PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA		958	g
PESO DEL AGUA	W	308	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	497	g
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500	ml
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.59	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.60	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.62	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		0.56	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22


Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino - Muestra F2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO	: A GREGADO F.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA	
MUESTRA	: F2	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 500 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA		150	g
PESO DE LA MUESTRA SSS		500	g
PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO DE LA FIOLA		650	g
PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA		950	g
PESO DEL AGUA	W	300	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	493	g
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500	ml
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.47	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.50	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.56	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		1.38	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23


Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino - Muestra F3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO F.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA	
MUESTRA	: F3	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 500 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA		150	g
PESO DE LA MUESTRA SSS		500	g
PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO DE LA FIOLA		650	g
PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA		949	g
PESO DEL AGUA	W	299	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	495	g
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500	ml
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.47	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.49	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.53	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		1.01	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino - promedio

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO F.	NORMA			: NTP 400.022	
PROCEDENCIA	: UNICON	FECHA				
MUESTRA	: PROMEDIO	HECHO POR Caycho Hidalgo Teresa				
PESO DE MUESTRA	: 500 g	Espinoza Rodriguez Diego				
RESUMEN PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
		F1	F2	F3		
PESO ESPECIFICO DE MASA	G	2.59	2.47	2.47	2.51	g/cm ³
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	G _{ss}	2.60	2.50	2.49	2.53	g/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	G _a	2.62	2.56	2.53	2.57	g/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	a%	0.56	1.38	1.01	0.98	%

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2.5. Material que Pasa la Malla N° 200

Consiste en determinar la cantidad de finos que se presenta en el agregado grueso, material que puede ser perjudicial para el concreto. Según la norma técnica peruana NTP 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

Equipo y accesorios:

- Tamices: Se usan los tamices N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm), y los necesarios para la preparación de la muestra, que cumplan con los requisitos de la Norma.
- Recipientes: Un recipiente de tamaño suficiente como para que contenga la muestra cubierta con agua y permita agitación vigorosa sin pérdidas de la muestra ni del agua.
- Balanza: Una balanza sensible al 0,1% del peso medido.

- Estufa: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

Preparación de la muestra:

La muestra representativa debe tener la suficiente humedad como para evitar la segregación de los materiales según sus distintos tamaños y se obtiene de la siguiente manera:

1. Se seca la muestra de ensayo a la temperatura de 110 °C ± 5 °C hasta que dos pesadas sucesivas separadas por una hora de secado en la estufa, no difieran en más de 0,1%.
2. Se pesa con aproximación al 0,1% una cantidad cercana a la indicada, de acuerdo al tamaño máximo del agregado.

Tabla 25
Peso mínimo de muestras según tamaño del agregado

Tamaño máximo del agregado	Peso mínimo de la muestra de ensayo en gramos
2,36 mm (N°8)	100
4,76 mm (N°4)	500
9,5 mm (3/8")	2 000
19,0 mm (3/4")	2 500
38,1 mm (1 1/2")	5 000

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.018)

Procedimiento:


Se superponen los tamices N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm) de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior. (ver tabla 25)

1. Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.
2. El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.
3. Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.
4. Se repite la operación hasta que las aguas de lavado sean claras.

5. Se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en los tamices.
6. Se seca a la temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas separada por una hora de secado en la estufa, no difieran en más de 0,1%.


A continuación, se presenta los resultados de los materiales que pasa la malla #200 de agregado fino (Ver Tabla N° 26, 27 y 28)

Tabla 26
Ensayo de Malla #200 del agregado fino - Muestra F1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200 AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO : AGREGADO FINO	NORMA : NTP 400.017		
PROCEDENCIA	FECHA :		
MUESTRA : F1	HECHO POR Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego		
MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SIN LA VAR SECA	P1	0.50	Kg
PESO DE LA MUESTRA LA VADA SECA	P2	0.48	Kg
MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200	P1-P2	0.02	Kg
% QUE PASA LA MALLA 200	A	3.24	%

Fuente: Elaboración propia


Tabla 27
Ensayo de Malla #200 del agregado fino - Muestra F2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200 AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO : AGREGADO FINO	NORMA : NTP 400.017		
PROCEDENCIA	FECHA :		
MUESTRA : F2	HECHO POR Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego		
MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SIN LA VAR SECA	P1	0.50	Kg
PESO DE LA MUESTRA LA VADA SECA	P2	0.48	Kg
MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200	P1-P2	0.02	Kg
% QUE PASA LA MALLA 200	A	4.20	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

Ensayo de Malla #200 del agregado fino - Muestra F3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200 AGREGADO FINO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO F.	NORMA	: NTP 400.017
PROCEDENCIA		FECHA	:
MUESTRA	: F3	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego
MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SIN LA VAR SECA	P1	0.50	Kg
PESO DE LA MUESTRA LAVADA SECA	P2	0.48	Kg
MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200	P1-P2	0.02	Kg
% QUE PASA LA MALLA 200	A	3.74	%

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3. Agregado grueso reciclado

Son el producto resultante del tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) y constituyen una alternativa al empleo de los agregados naturales.

El material reciclado puede obtenerse de distintas maneras dependiendo el chancado que se utilice para producirlo.

Para esta tesis el agregado reciclado se obtuvo del chancado de probetas de resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y 350 kg/cm^2 del laboratorio de materiales de la Universidad Ricardo Palma (Lima), con una chancadora de la empresa SEOING.

4.1.3.3.1. Proceso de triturado del agregado reciclado

Para el triturado se llevó las probetas de concreto de resistencia 280 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2 a la cantera SEOING la cual se encuentra en Cajamarquilla para el chancado de las probetas.

- Procedimiento:

Colocación de las probetas de concreto en la máquina para proceder con el chancado. (Ver figura N°7 y 8)



Figura 7
Triturado de las probetas de concreto

Fuente: Elaboración propia



Figura 8
Colocación de las probetas de concreto en la máquina trituradora

Fuente: Elaboración propia

Las probetas de concreto pasan por la chancadora y son recibidos en sacos para poder ser transportados. (Ver Figuras N°9 y 10)



Figura 9
Triturado de las probetas de concreto

Fuente: Elaboración propia



Figura 10
Recibiendo el agregado reciclado ya triturado

Fuente: Elaboración propia

Probetas ya trituradas y listas para poder realizar los ensayos respectivos.
(Ver Figura N°11)



Figura 11
Agregado reciclado en saco

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3.2. Análisis Granulométrico o Granulometría (NTP 400.012)

Se muestra el proceso de la realización del ensayo de granulometría del agregado grueso reciclado. (Ver Figura N°12, 13)



Figura 12
Tamizado del agregado

Fuente: Elaboración propia



Figura 13
Agregado reciclado separado según tamices

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N° 29, 30, 31 y 32)

Tabla 29

Ensayo de Granulometría del agregado reciclado - Muestra G1

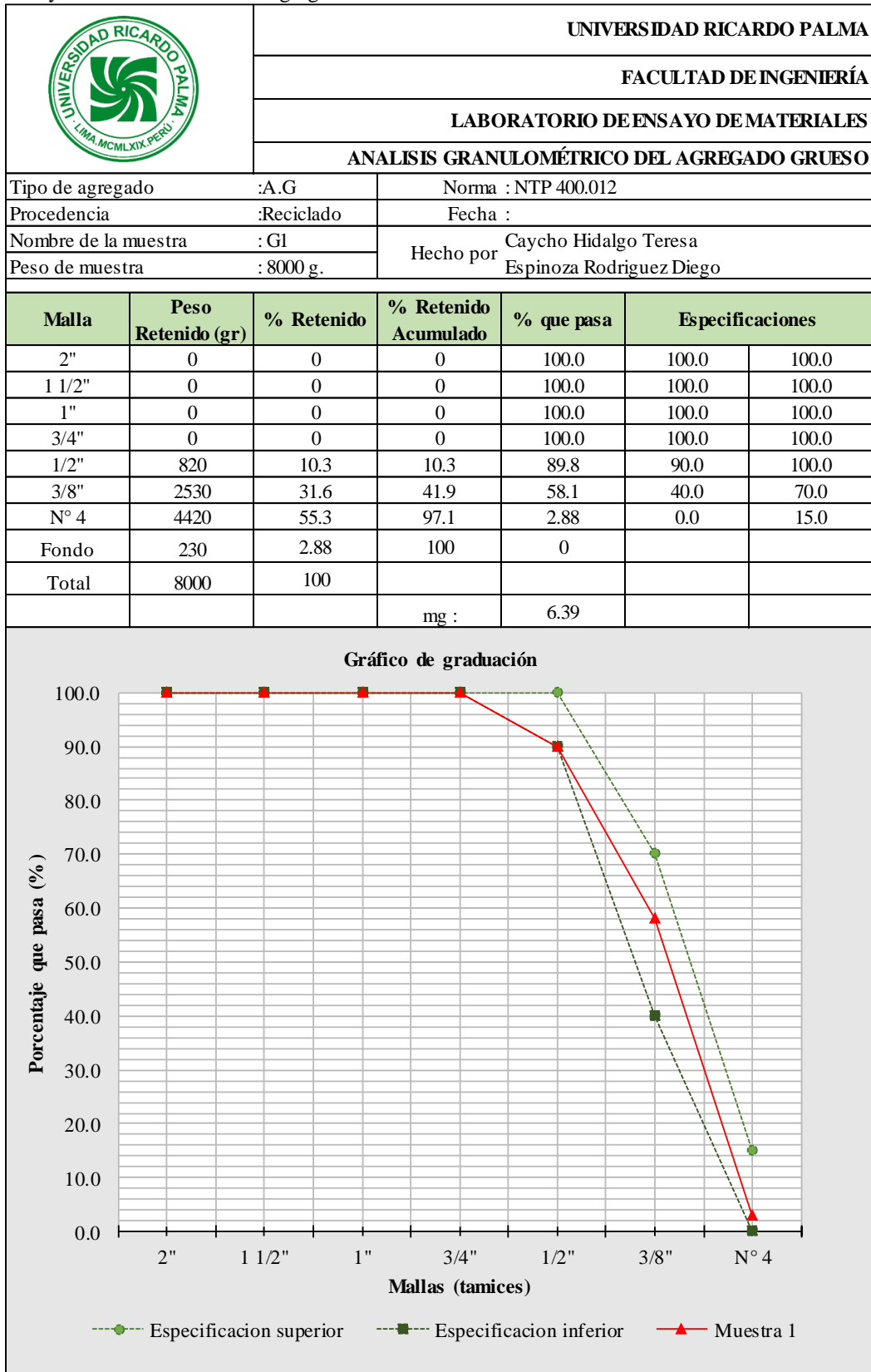


Figura 14

Gráfica de resultados del ensayo de granulometría grueso reciclado G1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30
 Ensayo de Granulometría del agregado reciclado - Muestra G2

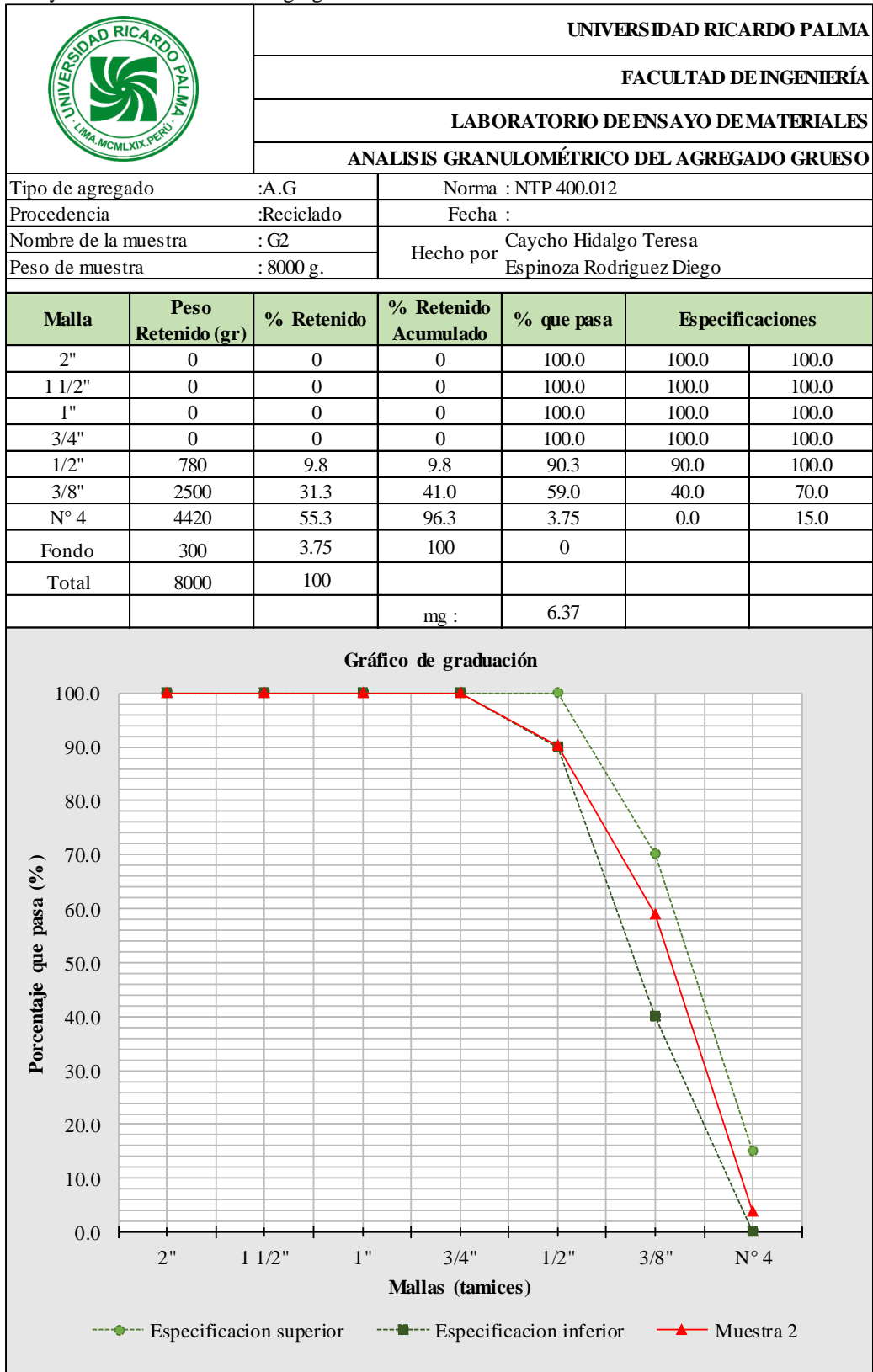


Figura 15
 Gráfica de resultados del ensayo de granulometría grueso reciclado G2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31
 Ensayo de Granulometría del agregado reciclado - Muestra G3

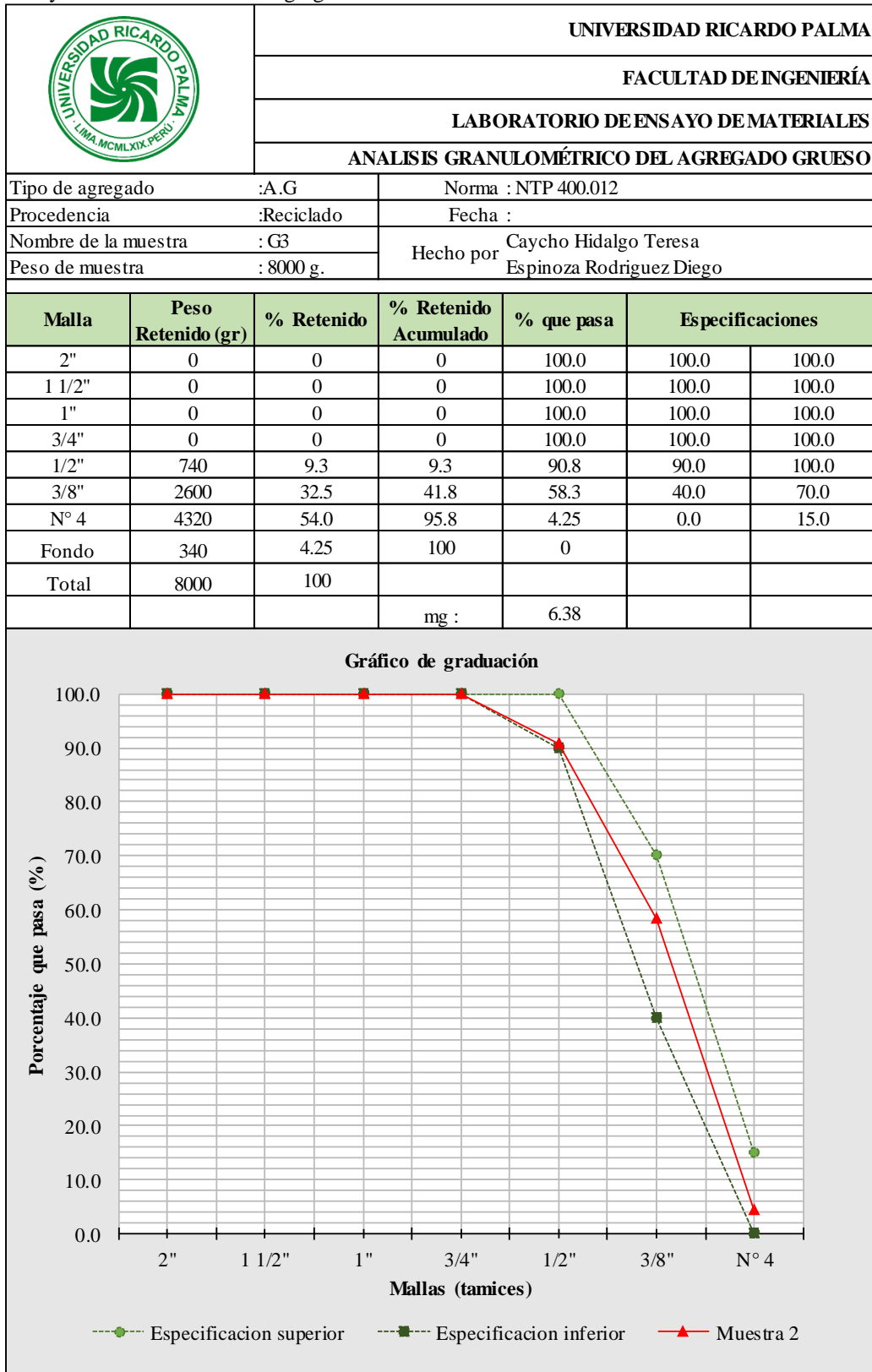



Figura 16
 Gráfica de resultados del ensayo de granulometría grueso reciclado G3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Ensayo de Granulometría del agregado grueso - Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO			
Descripción	A.G	Norma	: NTP 400.012	
Procedencia	Reciclado	Fecha	:	
Nombre	Promedio	Hecho por	Caycho Hidalgo Teresa Espinoza Rodriguez Diego	
RESUMEN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - GRUESO				
Descripción	ENSAYOS			mf promedio
	G1	G2	G3	
Módulo de finura	6.39	6.37	6.38	6.38

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3.3. Peso Unitario (NTP 400.017)

4.1.3.3.3.1. Peso Unitario Suelto

Se muestra el proceso de la realización del ensayo de peso unitario suelto. (Ver Figura N°17, 18)



Figura 17
Agregado reciclado en saco

Fuente: Elaboración propia

- El agregado sobrante se elimina con una regla.




Figura 18
Retirando el agregado sobrante

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N°33)

Tabla 33

Ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado grueso reciclado

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO SUELTO DEL A.G. RECICLADO	
TIPO DE AGREGADO : AGREGADO GRUESO		NORMA : NTP 400.017
PROCEDENCIA	RECICLADO	FECHA :
NOMBRE DE LA MUESTRA :	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego	

Peso unitario suelto (kg/m ³)			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra suelta + recipiente (kg)	22.7	22.8	22.5
Peso del recipiente (kg)	5.92	5.92	5.92
Peso de la muestra suelta (kg)	16.7	16.9	16.6
Peso del recipiente + agua (kg)	19.9	19.9	19.9
Peso del agua en el recipiente (kg)	14.0	14.0	14.0
Factor de calibración del recipiente (1/v)	50.3	50.3	50.3
Peso unitario suelto (kg/m³)	841	847	834

MUESTRA	PUS
M1	841
M2	847
M3	834
Promedio	841

(Kg/m³)

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3.3.2. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017)

Se muestra el proceso de la realización del ensayo de peso unitario suelto.

- Se llena el recipiente hasta la tercera parte y se nivela la superficie con la mano.
- Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. (Ver Figura N°19)

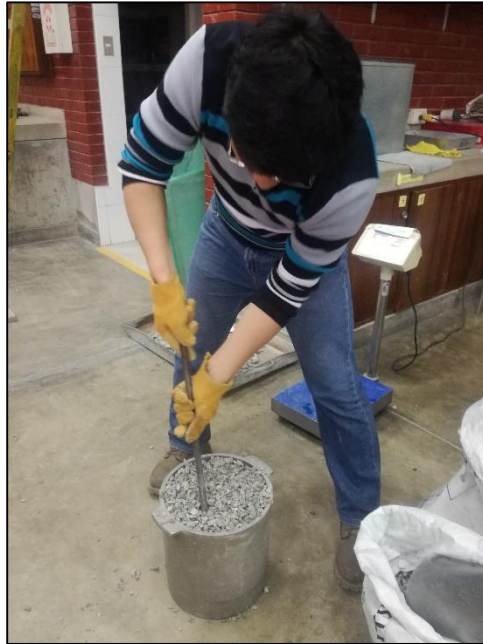


Figura 19
Compactando el agregado reciclado para ensayo de P.U. compactado


Fuente: Elaboración propia

- Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y nuevamente se compacta con 25 golpes como antes.
- Luego se llena la medida hasta rebosar y se compacta 25 veces con la barra compactadora.
- Se elimina el agregado sobrante usando la barra compactadora.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N°34)

Tabla 34

Ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso reciclado

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO COMPACTADO DEL A.G. RECICLADO	
TIPO DE AGREGADO : AGREGADO GRUESO		NORMA : NTP 400.017
PROCEDENCIA	RECICLADO	FECHA :
NOMBRE DE LA MUESTRA :	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego	

Peso unitario compactado (kg/m ³)			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra compactada + recipiente	24.3	24.5	24.6
Peso del recipiente (kg)	5.92	5.92	5.92
Peso de la muestra compactada (kg)	18.4	18.6	18.6
Peso del recipiente + agua (kg)	19.9	19.9	19.9
Peso del agua en el recipiente (kg)	14.0	14.0	14.0
Factor de calibración del recipiente (1/v)	50.3	50.3	50.3
Peso unitario suelto (kg/m³)	924	934	937

MUESTRA	PUC
M1	924
M2	934
M3	937
Promedio	931

(Kg/m³)


Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3.4. Contenido de Humedad del agregado reciclado (ASTM C-566)

A continuación, se presentan los resultados del contenido de humedad del agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N°35)

Tabla 35

Ensayo del agregado grueso reciclado Contenido de Humedad

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO	
TIPO DE AGREGADO	: A.G.	NORMA NTP ASTM 566
PROCEDENCIA	RECICLADO	FECHA :
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego

CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra húmeda (g)	2500	2500	2500
Peso de la muestra seca (g)	2400	2400	2400
Contenido de agua (g)	100	100	100
Contenido de humedad (%)	4.17	4.17	4.17
PROMEDIO	4.17		

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3.5. Peso Específico y Absorción del agregado reciclado (NTP 400.021)

Se muestran el procedimiento de la realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso reciclado. (Ver Figura N° 20, 21 y 22)



Figura 20
Agregado reciclado en remojo por 24h

Fuente: Elaboración propia



Figura 21
Pesando la canastilla sumergida

Fuente: Elaboración propia




Figura 22
Colocando las muestras para pesar cuando está sumergido

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N° 36, 37, 38 y 39)

Tabla 36


Peso Específico y Absorción del agregado reciclado-Muestra G1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL A.G. RECICLADO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO G.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: RECICLADO	FECHA	
MUESTRA	: G1	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 5000 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SSS	B	5060	g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3529	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL		611	g
PESO DEL AGUA	C	3004	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4900	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.38	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.46	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.58	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		3.27	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37


Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado reciclado-Muestra G2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL A.G. RECICLADO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO G.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: RECICLADO	FECHA	
MUESTRA	: G2	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 5000 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SSS	B	5070	g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3614	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL		611	g
PESO DEL AGUA	C	3002	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4900	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.37	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{sss})		2.45	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.58	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		3.47	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38


Ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado reciclado - Muestra G3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL A.G. RECICLADO		
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO G.	NORMA	: NTP 400.022
PROCEDENCIA	: RECICLADO	FECHA	
MUESTRA	: G3	HECHO POR	Caycho Hidalgo Teresa
PESO DE MUESTRA	: 5000 g		Espinoza Rodriguez Diego
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SSS	B	5050	g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3615	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL		611	g
PESO DEL AGUA	C	3003	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4900	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.39	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{SSS})		2.47	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.58	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		3.06	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Peso Específico y Absorción del agregado reciclado-Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES					
	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL A.G. RECICLADO					
DESCRIPCIÓN	: AGREGADO G.	NORMA : NTP 400.022				
PROCEDENCIA	: RECICLADO	FECHA :				
NOMBRE	: PROMEDIO	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego				
RESUMEN PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN - GRUESO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
		G1	G2	G3		
PESO ESPECIFICO DE MASA	G	2.38	2.37	2.39	2.38	g/cm ³
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	G_{ss}	2.46	2.45	2.47	2.46	g/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	G_a	2.58	2.58	2.58	2.58	g/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	a%	3.27	3.47	3.06	3.27	%

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3.6. Resistencia al Desgaste en Agregado Reciclado

(NTP 400.01)

Se muestran el procedimiento de la realización del desgaste del agregado grueso reciclado. (Ver Figura N° 23, 24)

- Se coloca la muestra en la máquina de los ángeles para realizar los ensayos.



Figura 23
Máquina Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia

- Se retira a las 100 revoluciones y se pasa por el tamiz N°12.
- Se vuelve a colocar a la máquina de los ángeles con 400 revoluciones.




Figura 24
Muestra de desgaste

Fuente: Elaboración propia

- Se retira cuando se coloca a 400 revoluciones y se pasa por la malla N°12, luego se procede a lavar para eliminar las impurezas y al horno por 24 horas, pesar la muestra ensayada.

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N°40)

Tabla 40
Ensayo de Desgaste del agregado reciclado

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO	
TIPO DE AGREGADO	: AGREGADO GRUESO	NORMA : NTP 400.01
PROCEDENCIA	RECICLADO	FECHA :
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego

Desgaste (%)			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso original de la muestra(gr)	5000	5000	5000
Peso de la muestra 100 revoluciones (gr)	4630	4610	4640
Peso de la muestra 400 revoluciones (gr)	3690	3670	3700
Materual que pasa el tamiz N°12 (gr)	1310	1330	1300
Desgaste (%)	26.20	26.60	26.00


MUESTRA	%
M1	26.20
M2	26.60
M3	26.00
Promedio	26.27

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3.7. Cantidad de mortero adherido

Se determinó el porcentaje de mortero adherido en el agregado grueso reciclado. (ver tabla 41)

Tabla 41
Porcentaje de mortero adherido

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
		PORCENTAJE DE MORTERO ADHERIDO	
TIPO DE AGREGAI : A.G.R.		NORMA	
PROCEDENCIA	Reciclado	FECHA	:
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	HECHO	Caycho Hidalgo Teresa
		POR	Espinoza Rodriguez Diego
PORCENTAJE DE MORTERO ADHERIDO			
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
Peso de la muestra triturada (g)	500	500	500
Peso de mortero adherido (g)	210	215	205
Contenido de mortero (%)	42.0	43.0	41.0
PROMEDIO	42.00		

MUESTRA	%
M1	42.00
M2	43.00
M3	41.00
Promedio	42.00

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Aditivo

El aditivo utilizado durante el proceso de ejecución de la mezcla fue “SikaCem Plastificante, el cual es un aditivo líquido para la elaboración de morteros y hormigones fluidos. Reduce la cantidad de agua en aproximadamente un 10% incrementando la resistencia”.

Dosificación recomendada (como plastificante): 250 ml por bolsa de cemento de 42.5 kg. (Ficha técnica SikaCem Plastificante, 2019, p. 1, 2).

4.2. Diseño de mezcla de concreto

Utilizando dos métodos diferentes basados en el método del ACI se elaboraron 2 diseños de concreto respetando la relación agua / cemento de la mezcla. De

esta manera, lograr una masa homogénea que cumpla con los requerimientos necesarios para obtener una mezcla trabajable.

4.2.1. Concreto convencional - Método Combinación de Agregados

Para el diseño de la mezcla patrón se utilizó el método de combinación de agregados.

Datos:

Pe cemento = 3000 gr/cm³

Slump = 4"

Pe agua = 1000 kg/m³

Resumen de los ensayos realizados a los agregados y materiales utilizados (ver tabla 42)

Tabla 42
Características de los agregados

DESCRIPCION	FINO	GRUESO
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1944	1549
Peso unitario compactado (kg/m ³)	2085	1639
Peso específico(kg/m ³)	2.57	2.40
Módulo de finura	2.81	6.67
Tamaño máximo nominal	-	3/4
Absorción (%)	0.98	0.56
Humedad (%)	0.62	0.55

Fuente: Elaboración propia

1) Calculo F'cr (Resistencia promedio requerida)

$$F'c = 280 \text{ kg/ cm}^2$$

$$F'cr = F'c + 85$$

$$F'cr = 365 \text{ kg/cm}^2$$

2) Contenido de aire

$$\text{TMN (AG)} = 3/4"$$

Tabla 43
Tabla contenida de agua

TMN (AG)	Aire incorporado
3/8	3%
1/2	2.5%
3/4	2.0%
1	1.5%
1 1/2	1.0%
2	0.5%
3	0.3%
4	0.2%

Fuente: Tablas para diseño de mezcla ACI

Aire =2.00% (ver tabla 43)

3) Calcular contenido de agua

Tabla 44
Volumen unitario de agua

Asentamiento	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4
Sin aire incorporado								
1 a 2	205	200	185	180	160	155	145	125
3 a 4	225	215	200	175	175	170	160	140
6 a 7	240	230	210	185	185	185	170	
Con aire incorporado								
1 a 2	180	175	165	160	145	140	135	120
3 a 4	200	190	180	175	160	155	150	135
6 a 7	215	205	190	185	170	165	160	

Fuente: Tablas para diseño de mezcla ACI

Agua de diseño seleccionado = 200 lt (ver tabla 44)

Se adiciono 30.5 lt más al agua de diseño original de lo cual obtuvimos un slump favorable.

Nueva agua de diseño = 230lt/m³

4) Relación a/c

$$a/c = 0.53$$

5) Contenido de cemento

$$\text{Cemento} = \text{Agua de diseño} / (a/c)$$

$$\text{Cemento} = 435\text{kg}$$

$$\text{Factor C.} = 10.2 \text{ bls}$$

6) Calculo del método de finura del agregado grueso

$$M_f = 2.81 \text{ (Datos obtenidos de ensayos a los agregados)}$$

$$M_g = 6.67 \text{ (Datos obtenidos de ensayos a los agregados)}$$

$$\text{Bolsas} = 10.2 \text{ bls (Factor cemento)}$$

Tabla 45
Módulo de finura de la combinación de agregados

Tamaño máximo nominal de los agregados gruesos (mm)	Módulo de finura de la combinación de agregados el cual de las mejores combinaciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsa por			
	6	7	8	9
9.5	3.96	4.04	4.11	4.19
12.7	4.46	4.54	4.61	4.69
19	4.96	5.04	5.11	5.19
25.4	5.26	5.34	5.41	5.49
38	5.56	5.64	5.71	5.79
50.8	5.86	5.94	6.01	6.09
76	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Tablas para diseño de mezcla ACI

Extrapolando obtenemos:

$$mc = 5.26 \quad (\text{ver tabla 45})$$

Además, sabemos:

$$zf = (mg - mc) / (mg - mf)$$

Reemplazando datos tendremos:

$$zf = 1.4086/3.8600$$

$$Zf = 0.36$$

Por tanto, obtenemos el Zg:

$$Zg = 1 - zf$$

$$Zg = 0.64$$

Calculando rf:

$$rf = (zf/pef) / ((zf/pef) + (zg/peg))$$

$$rf = 0.14/0.41$$

$$rf = 0.35$$

Por tanto, obtenemos el rg:

$$rg = 1 - rf$$

$$rg = 0.65$$

Nuevo rf ajustado al diseño:

$$rf = 0.52$$

Nuevo rg:

$$rg = 1 - rf$$

$$rg = 0.48$$

Calculo de volumen absoluto del agregado total (fino + grueso)

$$\text{Vol. Ab. (f + g)} = 1 - ((\text{Cantidad de cemento/Pe cemento}) + (\text{Agua de diseño/1000}) + (\% \text{ aire/100}))$$

Reemplazando datos

$$\text{Vol. Ab. (f + g)} = 1 - (0.14 + 0.23 + 0.02) = 0.60 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ab. A. fino} = 0.5150 * 0.60 = 0.31 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ab. A. grueso} = 0.48 * 0.60 = 0.29 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso A. fino (s)} = 0.31 * 2570 = 800 \text{ kg}$$

$$\text{Peso A. grueso (s)} = 0.29 * 2400 = 701 \text{ kg}$$

Cantidad de materiales por metro cubico (en obra)

$$\text{Cemento} = 435 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino (h)} = 800 * 1.00 = 805 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso (h)} = 704 * 1.00 = 708 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 230 - (((0.62 - 0.98) / 100) * 806) - (((0.55 - 0.56) / 100) * 709)$$

$$\text{Agua efectiva} = 230 - ((-2.88) - (-0.07)) = 233 \text{ lt}$$

Cantidad de material por metro cubico de obra:

$$\text{Cemento} \quad 434 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino (h)} \quad 805 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso (h)} \quad 707 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} \quad 233 \text{ lt}$$

4.2.2. Concreto reciclado - Método de Volumen de Mortero Equivalente

Este método, desarrollado recientemente por una serie de ingenieros en Canadá y fundamentado en base al americano A.C.I., busca confeccionar hormigones con áridos reciclados con características similares a las de los hormigones convencionales.

Conociendo previamente la cantidad de mortero adherido al árido natural en los áridos reciclados, el método trata de igualar el volumen contenido de mortero y árido grueso en la mezcla respecto al volumen que contendría un hormigón

convencional adherido al propio árido reciclado y el volumen fresco generado en el nuevo hormigón confeccionado.

Para igualar estos volúmenes, el método fundamentalmente provoca un descenso en el uso de cemento, arena y de agua en la mezcla (al considerar que ya está presente en el mortero residual contenido en el árido reciclado), para sustituirlo e igualar los volúmenes por árido grueso (considerando un árido reciclado de geometría similar a la del convencional) (González, 2012, pp. 33, 34).

Considerando el diseño patrón con una relación agua/cemento de 0.53 se determinó los siguientes procesos.

Empleando el 25% de agregado reciclado grueso

Cemento = 413 kg

A. fino (h) = 764 kg

A. grueso (h) = 605 kg

A.G.R. (25%) = 177 kg

Agua efectiva = 222 lt

Empleando el 50% de agregado grueso reciclado

Cemento = 391 kg

A. fino (h) = 724 kg

A. grueso (h) = 502 kg

A.G.R. (50%) = 354 kg

Agua efectiva = 210 lt

Empleando el 75% de agregado grueso reciclado

Cemento = 369 kg

A. fino (h) = 689 kg

A. grueso (h) = 399 kg

A.G.R. (75%) = 531 kg

Agua efectiva = 198 lt

Considerando el diseño patrón con una relación agua/cemento de 0.60 se determinó los siguientes procesos.

Empleando el 25% de agregado reciclado grueso

Cemento = 363 kg
 A. fino (h) = 788 kg
 A. grueso (h) = 728 kg
 A.G.R. (25%) = 184 kg
 Agua efectiva = 221 lt

Empleando el 50% de agregado grueso reciclado

Cemento = 343 kg
 A. fino (h) = 743 kg
 A. grueso (h) = 521 kg
 A.G.R. (50%) = 367 kg
 Agua efectiva = 209 lt

Empleando el 75% de agregado grueso reciclado

Cemento = 323 kg
 A. fino (h) = 699 kg
 A. grueso (h) = 415 kg
 A.G.R. (75%) = 550 kg
 Agua efectiva = 196 lt

Nuevo diseño para el uso del 100% del agregado grueso reciclado, resumen de los ensayos del agregado grueso reciclado (ver tabla 46)

Tabla 46
 Características agregado grueso reciclado

DESCRIPCION	FINO	RECICLADO
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1944	841
Peso unitario compactado (kg/m ³)	2085	931
Peso específico(kg/m ³)	2.57	2.58
Módulo de finura	2.81	6.38
Tamaño máximo nominal	-	1/2
Absorción (%)	0.98	3.27
Humedad (%)	0.62	4.17

Fuente: Elaboración propia

1) Calculo F'cr (Resistencia promedio requerida)

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'cr = F'c + 85$$

$$F'_{cr} = 365 \text{ kg/cm}^2$$

2) Contenido de aire

$$\text{TMN (AG)} = 3/4''$$

$$\text{Aire} = 2.00 \%$$

3) Calcular contenido de agua

$$\text{Agua de diseño seleccionado} = 215 \text{ lt}$$

Se adiciono 30.5 lt más al agua de diseño original de lo cual obtuvimos un slump favorable.

$$\text{Nueva agua de diseño} = 230 \text{ lt / m}^3$$

4) Relación a/c

$$a/c = 0.57$$

5) Contenido de cemento

$$\text{Cemento} = \text{Agua de diseño} / (a/c)$$

$$\text{Cemento} = 435\text{kg}$$

$$\text{Factor C.} = 10.2 \text{ bls}$$

6) Calculo del método de finura del agregado grueso

$$m_f = 2.81 \text{ (Datos obtenidos de ensayos a los agregados)}$$

$$m_g = 6.67 \text{ (Datos obtenidos de ensayos a los agregados)}$$

$$\text{Bolsas} = 10.2 \text{ bls (Factor cemento)}$$

Extrapolando obtenemos:

$$m_c = 5.26$$

Además, sabemos:

$$z_f = (m_g - m_c) / (m_g - m_f)$$

Reemplazando datos tendremos:

$$Z_f = 1.41 / 3.86$$

$$Z_f = 0.36$$

Por tanto, obtenemos el Z_g :

$$Z_g = 1 - z_f$$

$$Z_g = 0.62$$

Calculando rf:

$$rf = (zf/pef) / ((zf/pef) + (zg/peg))$$

$$rf = 0.14 / 0.41$$

$$rf = 0.35$$

Por tanto, obtenemos el rg:

$$rg = 1 - rf$$

$$rg = 0.65$$

Nuevo rf ajustado al diseño:

$$Rf = 0.52$$

Nuevo rg:

$$Rg = 1 - rf$$

$$rg = 0.49$$

Calculo de volumen absoluto del agregado total (fino + grueso)

$$\text{Vol. Ab. (f + g)} = 1 - ((\text{Cantidad de cemento}/\text{Pe cemento}) + (\text{Agua de diseño}/1000) + (\% \text{ aire}/100))$$

Reemplazando datos:

$$\text{Vol. Ab. (f + g)} = 1 - (0.15 + 0.25 + 0.02) = 0.58 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ab. A. fino} = 0.51 * 0.58 = 0.29 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ab. A. grueso} = 0.48 * 0.58 = 0.28 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso A. fino (s)} = 0.29 * 2570 = 767 \text{ kg}$$

$$\text{Peso A. grueso (s)} = 0.28 * 2400 = 675 \text{ kg}$$

Cantidad de materiales por metro cubico (en obra)

$$\text{Cemento} = 463 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino (h)} = 767 * 1.00 = 772 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso (h)} = 675 * 1.00 = 678 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 230 - (((0.62 - 0.98) / 100) * 807) - (((0.55 - 0.56) / 100) * 709)$$

$$\text{Agua efectiva} = 246 - ((-2.76) - (-0.0674)) = 248 \text{ lt}$$

Empleando el 100% de agregado reciclado grueso y para una relación agua/cemento de 0.57 se obtuvieron las cantidades de material por m³ en obra:

Cemento	463	kg
A. fino (h)	772	kg
AG.R. (100%)	678	kg
Agua efectiva	248	lt

Para una relación agua/cemento de 0.60 se obtuvieron las siguientes cantidades:

Cemento	464	kg
A. fino (h)	804	kg
AG.R. (100%)	712	kg
Agua efectiva	242	lt

4.2.3. Comparación de diseños de mezcla de concreto

En la tabla N° 47 y 48, se observa las diferentes dosificaciones para los porcentajes de agregado reciclado utilizado en la mezcla de concreto.

Para los porcentajes de reemplazo del 25%, 50% y 75% se utilizó el método de Volumen de Mortero Equivalente, el cual muestra una menor cantidad en la dosificación del cemento, agregado fino y agua.

Al dosificar con la metodología de Mortero Equivalente, fue necesaria la utilización de aditivo plastificante para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. “Esto es debido a la reducción de mortero fresco que resulta al aplicar el método de Volumen de Mortero equivalente” (Jiménez, c., Aponte, D., Vázquez, E., Barra, E., Valls, S., 2013, p. 346).

Para el diseño con el 100% de agregado grueso reciclado, se obtuvo una mayor cantidad en la dosificación del cemento, así como en los demás materiales. Esto se debió a que el método VME no se puede aplicar para reemplazos del 100%.

Resúmenes de las dosificaciones para cada relación agua cemento con el porcentaje de agregado grueso reciclado (ver tabla 47 y 48)

Tabla 47
 Dosificaciones según porcentajes para rel. a/c = 0.53

Materiales	Cantidad de material según porcentaje de agregado reciclado				
	Patrón	25%	50%	75%	100%
Cemento (kg)	435	413	391	369	463
A. Fino (kg)	812	764	724	689	772
A. Grueso (kg)	713	605	502	399	-
A.G.R. (kg)	-	177	354	531	678
Agua efectiva (lt)	233	222	210	198	248
Aditivo (ml)	2588	2429	2301	2173	2728
Comparación entre diseño patrón y diseño reciclado					
Patrón - % (Cemento) kg		22.0	44.0	66.0	+28.0
Patrón - % (A.F) kg		48.0	88.0	123	40.0
Patrón - % (Agua) lt		11.0	23.0	35.0	+15.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48
 Dosificaciones según porcentajes para rel. a/c = 0.60

Materiales	Cantidad de material según porcentaje de agregado reciclado				
	Patrón	25%	50%	75%	100%
Cemento (kg)	435	363	343	323	464
A. Fino (kg)	812	788	743	699	804
A. Grueso (kg)	713	728	521	415	-
A.G.R. (kg)	-	184	357	550	712
Agua efectiva (lt)	233	221	209	196	242
Aditivo (ml)	2588	2135	2018	1900	2729
Comparación entre diseño patrón y diseño reciclado					
Patrón - % (Cemento) kg		72.0	92.0	112	+29.0
Patrón - % (A.F) kg		24.0	69.0	113	8.00
Patrón - % (Agua) lt		12.0	24.0	37.0	+9.00

Fuente: Elaboración propia

4.3. Desarrollo de resultados

4.3.1. Propiedades del concreto en estado fresco

4.3.1.1. Asentamiento

Tabla 49
 Asentamiento de mezclas

Porcentaje de agregado reciclado	Relación agua/cemento	
	0.53	0.60
0%	5.00	4.50
25%	5.00	4.50
50%	4.50	4.00
75%	3.50	3.00
100%	3.00	3.00

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla N° 49, los asentamientos fueron disminuyendo conforme aumentaba el porcentaje de agregado reciclado en el diseño de la mezcla de concreto.

Esto se puede deber a la cantidad de agregado fino y cemento que se redujeron conforme fue amentando la cantidad de agregado grueso.

Los asentamientos de la mezcla patrón y la mezcla con 25% de agregado grueso reciclado, para ambas relaciones agua cemento, presentan el mismo asentamiento. Esto se puede deber a que con este porcentaje las propiedades finales del concreto apenas se ven afectadas en relación a las que presenta un concreto convencional.

Los resultados muestran que las diferencias entre los asentamientos son producto de la presencia de agregado reciclado en la mezcla de concreto. En todos los casos, los asentamientos se encuentran dentro de los rangos normales. Los resultados se muestran en la Figura N° 25.

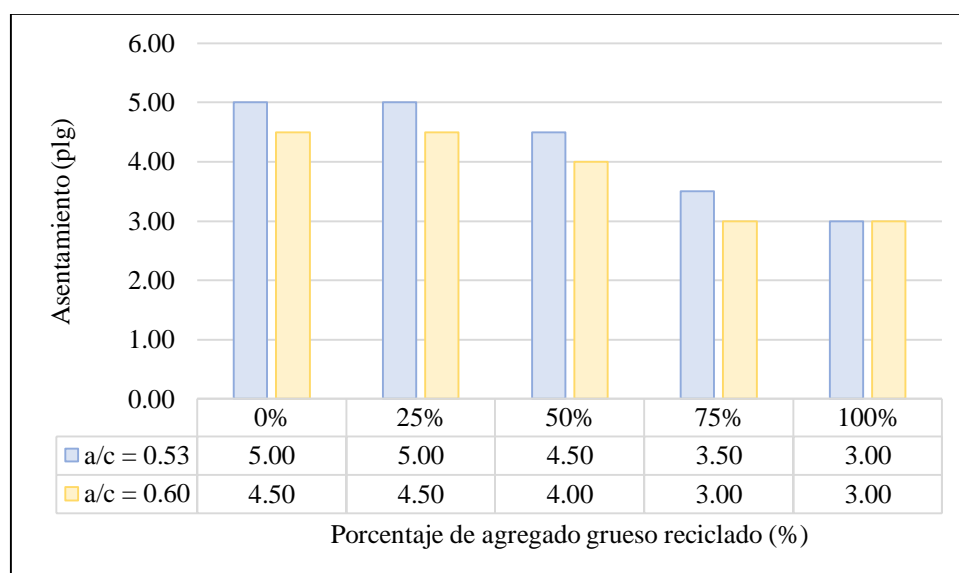


Figura 25
Asentamiento de mezclas

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1.1. Regresión lineal

Con los datos obtenidos estadísticamente mediante el método de regresión lineal podemos observar que el asentamiento del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la N.T.P. 339.046 y dentro del margen con el cual se diseñó la mezcla de concreto reciclado (Ver figura 26).

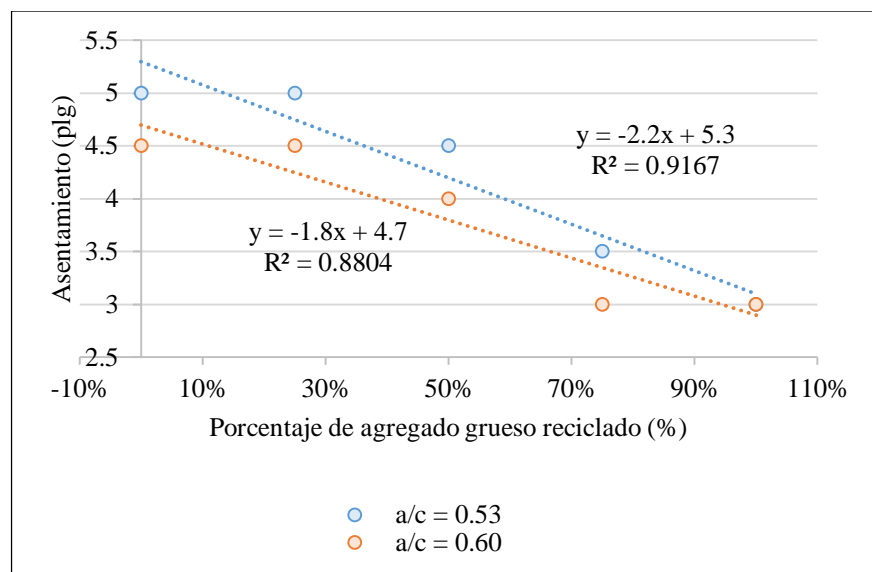



Figura 26
Asentamiento vs porcentaje de agregado grueso reciclado
Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2. Peso Unitario

En las siguientes tablas se muestran los ensayos de peso unitario realizados al concreto en estado fresco (ver tabla N° 50 y 51)

Tabla 50


Ensayo de peso unitario compactado a/c = 0.53

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
		PESO UNITARIO COMPACTADO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
HECHO POR :	Caycho Hidalgo Teresa	NORMA : NTP 339.046			
	Espinoza Rodriguez Diego	FECHA : 19/09/19			
Relacion a/c	0.53				
Peso unitario compactado del concreto en estado fresco (kg/m ³)					
DESCRIPCIÓN	PATRÓN	25%	50%	75%	100%
Peso de la muestra compactada + recipiente (kg)	27.2	27.1	27.0	26.6	26.3
Peso del recipiente (kg)	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
Peso de la muestra compactada (kg)	21.3	21.2	21.0	20.7	20.4
Peso del recipiente + agua (kg)	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
Peso del agua en el recipiente (kg)	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86
Factor de calibración del recipiente (1/m ³)	113	113	113	113	113
Peso unitario concreto real (kg/m³)	2406	2395	2375	2335	2305
Rendimiento (m³)	0.91	0.91	0.92	0.94	0.97

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51

Ensayo de peso unitario compactado a/c = 0.60

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
		PESO UNITARIO COMPACTADO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
HECHO POR :	Caycho Hidalgo Teresa	NORMA : NTP 339.046			
	Espinoza Rodriguez Diego	FECHA : 19/09/19			
Relacion a/c	0.6				
Peso unitario compactado del concreto en estado fresco (kg/m ³)					
DESCRIPCIÓN	PATRÓN	25%	50%	75%	100%
Peso de la muestra compactada + recipiente (kg)	27.0	26.8	26.6	25.9	25.8
Peso del recipiente (kg)	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
Peso de la muestra compactada (kg)	21.1	20.8	20.6	20.0	19.9
Peso del recipiente + agua (kg)	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
Peso del agua en el recipiente (kg)	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86
Factor de calibración del recipiente (1/m ³)	113	113	113	113	113
Peso unitario concreto real (kg/m³)	2379	2351	2328	2257	2245
Rendimiento (m³)	0.92	0.93	0.94	0.97	0.99

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario en el diseño patrón presenta un mayor valor que el diseño con 25% de agregado grueso reciclado, esto se debe a que al tener un bajo porcentaje de agregado reciclado las propiedades del concreto apenas se ven afectadas en relación a un concreto convencional.

En la Tabla N°49 y 50 se observó que a medida que aumentó el porcentaje de agregado reciclado fue disminuyendo el peso unitario de la mezcla. “Esto se debe a que el mortero posee una densidad menor que agregado natural, un cambio en las cantidades de éste supondrá un cambio en las densidades del hormigón” (Jiménez, c., Aponte, D., Vázquez, E., Barra, E., Valls, S., 2013, p. 352). (Ver Figura N°27 y tabla N° 49 y 50)

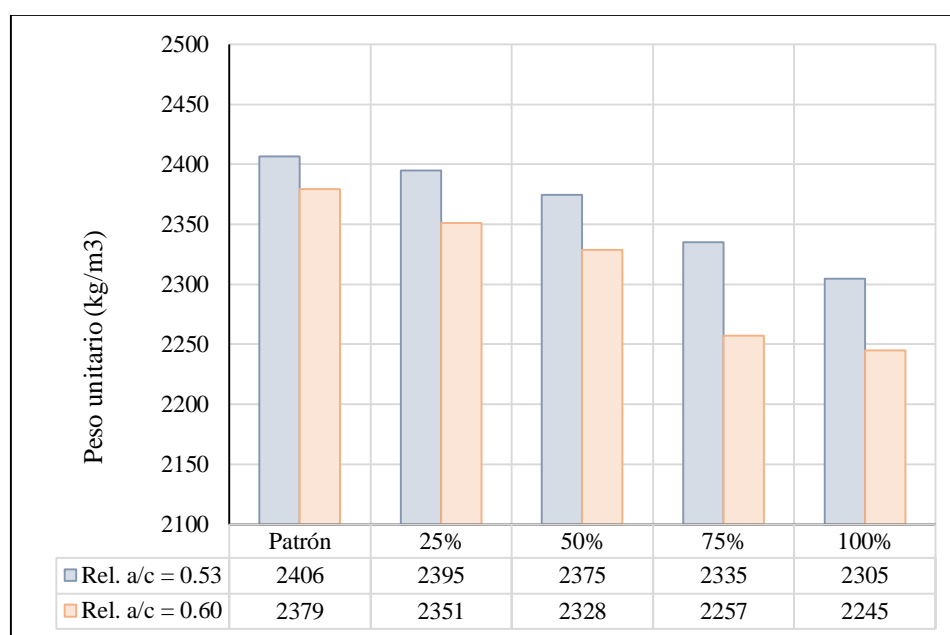


Figura 27
Peso Unitario de mezclas

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2.1. Regresión Lineal

Con los datos obtenidos estadísticamente mediante el método de regresión lineal podemos observar que el peso unitario del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros, pero va disminuyendo cuando va aumentando el porcentaje de agregado grueso reciclado de la N.T.P. 400.017 (Ver figura 28).

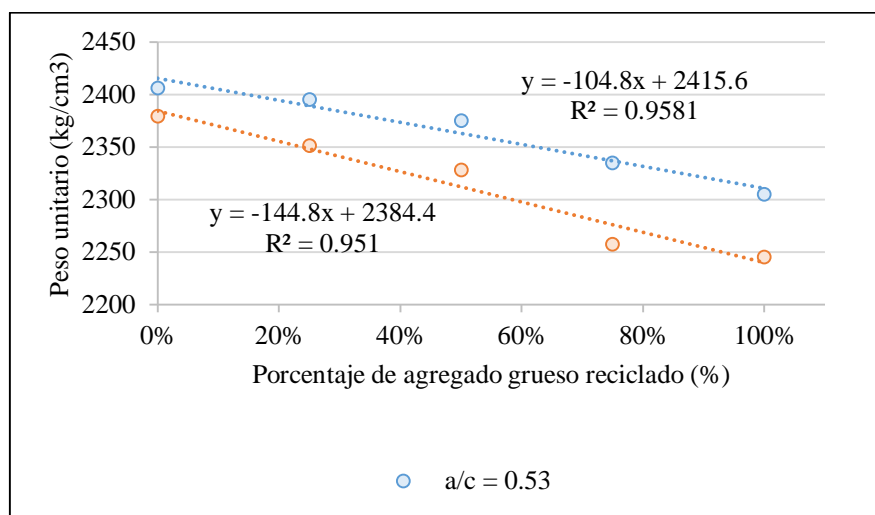


Figura 28
Peso unitario vs Porcentaje de agregado grueso reciclado
Fuente: Elaboración propia

4.3.1.3. Cantidad de agua en la mezcla

Las mezclas se realizaron considerando un factor de 0.03, el cual se multiplica a cada uno de los materiales a dosificar incluyendo el agua por lo cual los resultados para la cantidad de agua en la mezcla se obtuvieron como se muestra en la tabla N° 52.

Tabla 52
Cantidad de agua en la mezcla

Porcentaje de agregado reciclado en la mezcla	Agua efectiva (lt.)		Cantidad de agua ahorrada (lt.)	
	a/c = 0.53	a/c = 0.60	a/c = 0.53	a/c = 0.60
25 %	7.00	6.63	1.06	0.58
50%	7.00	6.26	1.12	0.61
75%	6.00	5.89	1.06	0.56
100 %	4.80	7.27	1.05	0.54

Fuente: Elaboración propia

Al adicionar aditivo plastificante se logró una mejor trabajabilidad de la mezcla, así como disminuir la cantidad de agua efectiva a utilizar en los diseños. Los resultados se muestran en la figura N° 29.

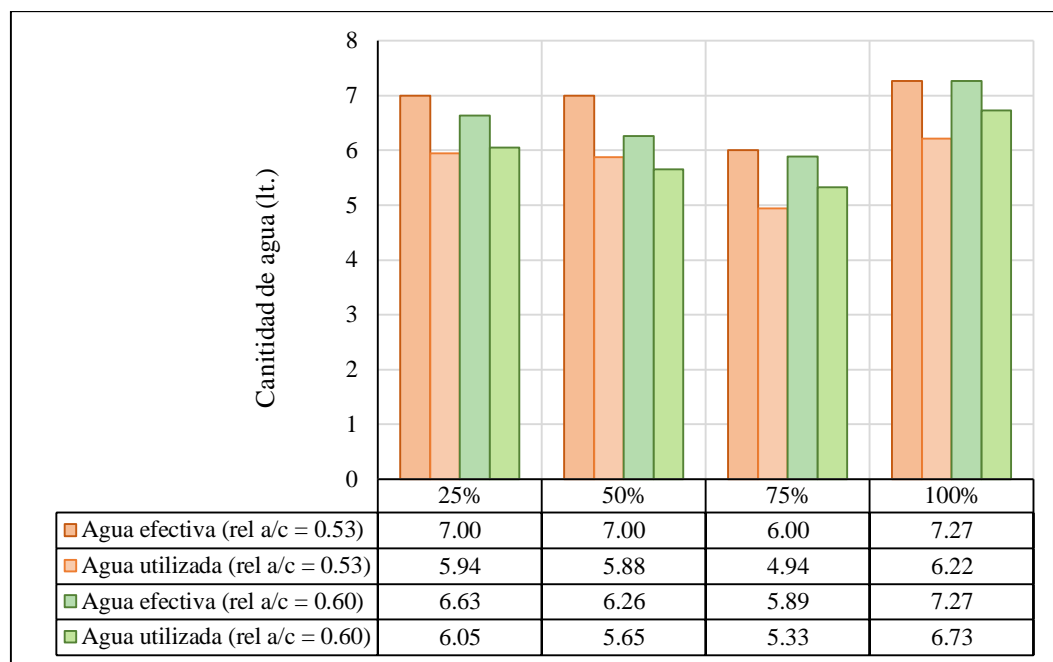


Figura 29
Cantidad de agua en la mezcla

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 29, se observa la cantidad de agua que se ahorró al utilizar el aditivo plastificante para los casos de una relación agua/cemento de 0.53 y 0.60. La cantidad de agua ahorrada disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje de agregado grueso reciclado en la mezcla, así mismo también se observó una disminución del agua ahorrada al aumentar la relación agua/cemento. Esto se debe a que el mortero que conforma el agregado reciclado tiende a absorber mayor cantidad de agua. (Ver Figura N° 30)

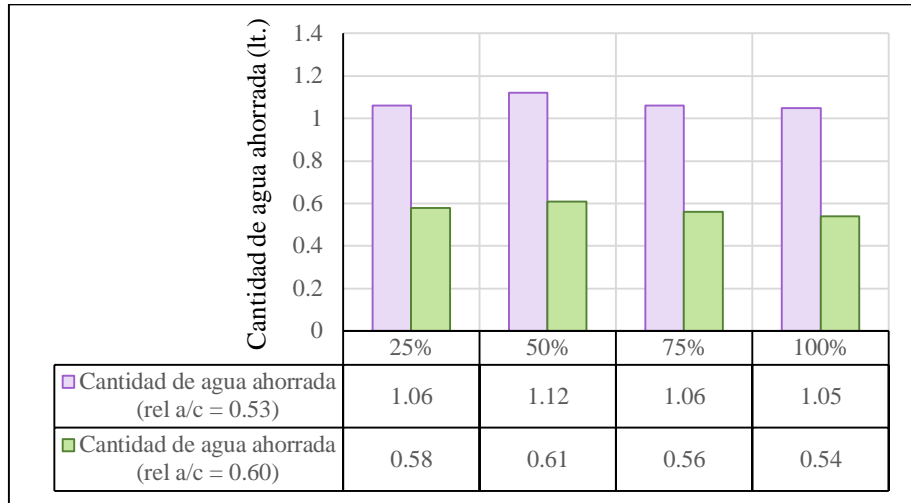



Figura 30
Cantidad de agua ahorrada

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.4. Temperatura

Se realiza de acuerdo a la norma NTP 339.184, y tiene como objetivo verificar el cumplimiento de las especificaciones del concreto en estado fresco (Ver tabla 53).

Tabla 53
Determinación de la temperatura

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		DETERMINACION DE LA TEMPERATURA				
TIPO	: Concreto fresco	NORMA : NTP 339.184				
PROCEDENCIA		FECHA :				
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	HECHO Caycho Hidalgo Teresa POR Espinoza Rodriguez Diego				
DETERMINACION DE LA TEMPERATURA						
DESCRIPCIÓN	a/c	0%	25%	50%	75%	100%
Temperatura (°C)	0.53	13.4	13.5	13.3	14.0	14.1
	0.6	13.3	13.5	13.4	14.0	14.0

Fuente: Elaboración propia

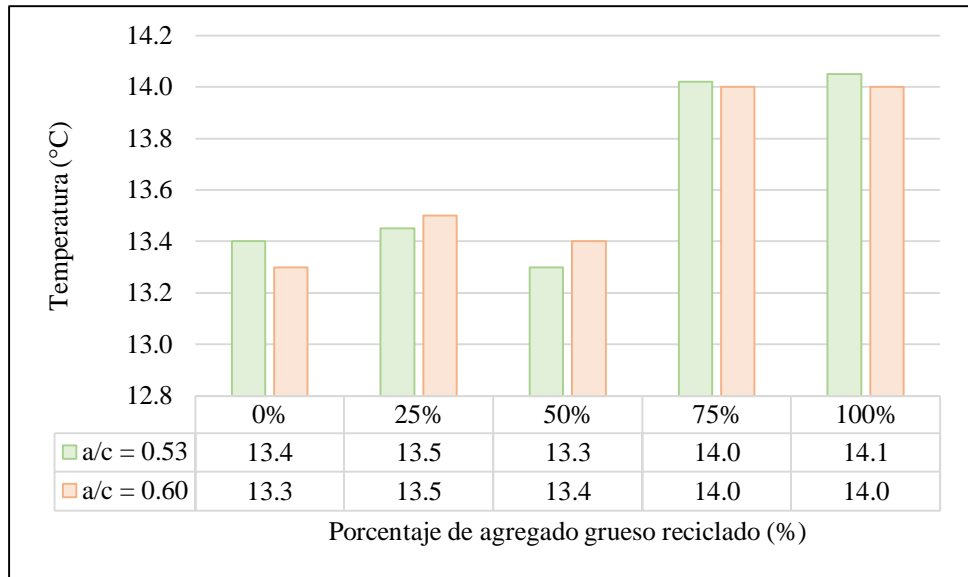


Figura 31
Variación de la temperatura por porcentaje de agregado reciclado

Fuente: Elaboración propia

Grafica de barras donde se observa por cada porcentaje de agregado grueso reciclado, por cada relación a/c. (ver figura 31)

4.3.1.4.1. Regresión lineal

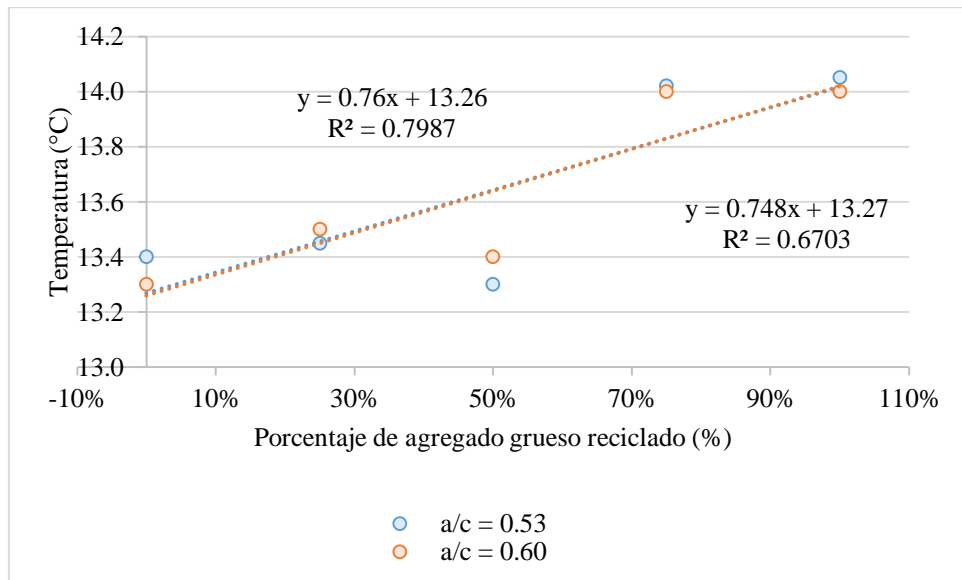


Figura 32
Temperatura vs Porcentaje de agregado grueso reciclado

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos mediante el método de regresión lineal podemos observar que la temperatura del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros. (ver figura 32)

4.3.1.5. Contenido de aire

El porcentaje del contenido de aire de un concreto normal está entre el 1 y 3 por ciento (Ver tabla 54).

Tabla 54
Contenido de aire

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CONTENIDO DE AIRE					
		TIPO	CONCRETO FRESCO				
NORMA : NTP 339.083		FECHA :					
PROCEDENCIA		HECHO Caycho Hidalgo Teresa					
NOMBRE DE LA MUESTRA :		POR Espinoza Rodriguez Diego					
CONTENIDO DE AIRE							
DESCRIPCIÓN	a/c	0%	25%	50%	75%	100%	
Contenido de aire (%)	0.53	2.50	2.51	2.60	2.63	2.68	
	0.60	2.49	2.54	2.62	2.65	2.71	

Fuente: Elaboración propia

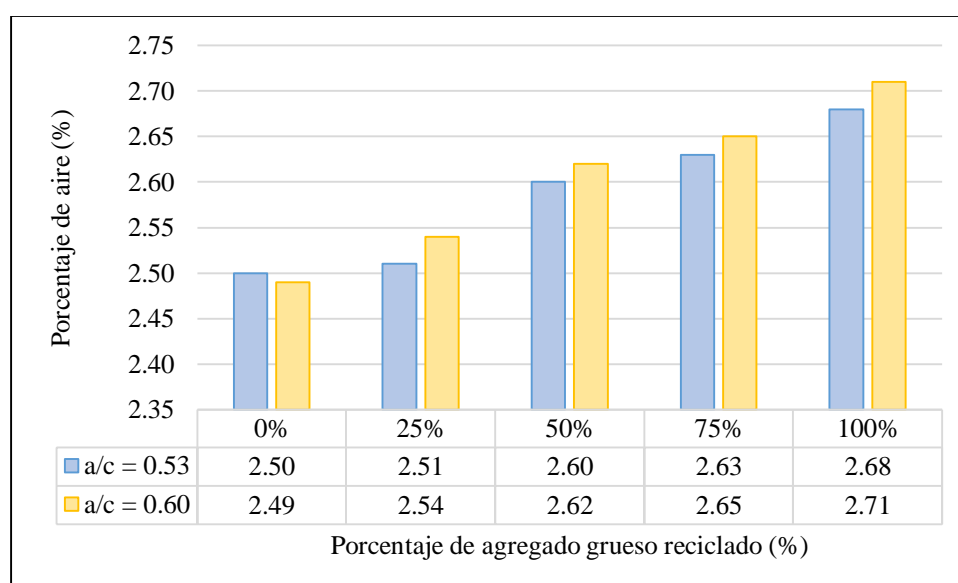


Figura 33
Variación del contenido de aire por porcentaje de agregado reciclado

Fuente: Elaboración propia

Grafica de barras donde se observa por cada porcentaje de agregado grueso reciclado, por cada relación a/c. (ver figura 33)

4.3.1.5.1. Regresión lineal

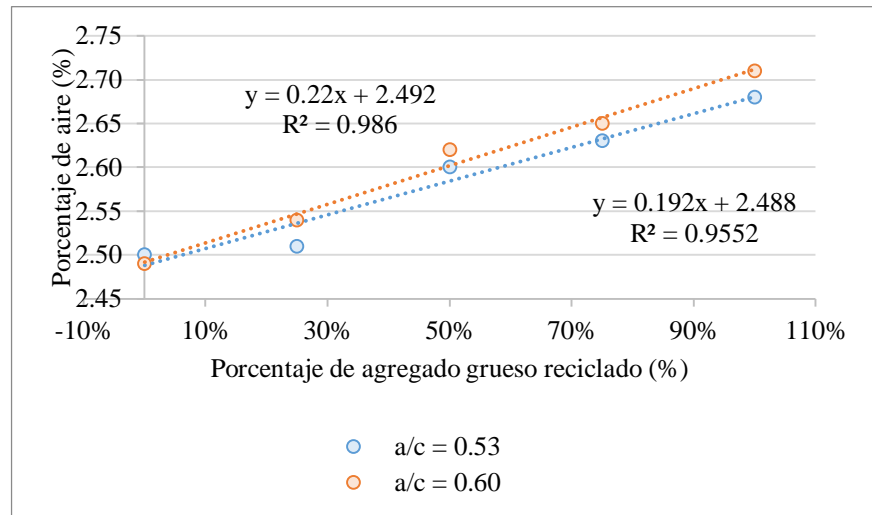


Figura 34
Contenido de aire vs Porcentaje de agregado grueso reciclado
Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos mediante el método de regresión lineal podemos observar que el porcentaje de aire del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros. (ver figura 34)

4.3.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

4.3.2.1. Resistencia a la compresión

Se realizaron ensayos de compresión a 4 edades (3, 7, 14 y 28 días) y se reemplazó el agregado grueso natural por agregado grueso reciclado a partir de un diseño patrón. El reemplazo del agregado grueso se hizo en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%. (Ver Tabla N°55 y 56).

Tabla 55
Resultados de ensayos a compresión (Primer diseño)

% de agregado grueso reciclado	Aditivo	a/c	Compresión			
			Resistencia f'c (kg/cm ²)			
			3 días	7 días	14 días	28 días
0%	no	0.53	241	300	325	355
0%	no	0.53	242	310	352	391
0%	no	0.53	247	316	357	402
25%	si	0.53	278	299	376	381
25%	si	0.53	269	322	397	434
25%	si	0.53	269	309	349	348
50%	si	0.53	232	288	329	339
50%	si	0.53	236	302	335	338
50%	si	0.53	215	330	385	412
75%	si	0.53	215	299	321	333
75%	si	0.53	210	286	321	339
75%	si	0.53	211	288	338	347
100%	si	0.57	197	288	314	327
100%	si	0.57	183	290	308	317
100%	si	0.57	207	290	308	317
Diseños						
Descripción	Edades				unidad	Diferencia con el diseño patrón
	3 días	7 días	14 días	28 días		
0% A.G.R.	243	309	345	383	kg/cm ²	
25% A.G.R.	272	310	374	388	kg/cm ²	+1%
50% A.G.R.	228	306	350	363	kg/cm ²	-5%
75% A.G.R.	212	291	327	340	kg/cm ²	-11%
100% A.G.R.	196	289	310	320	kg/cm ²	-16%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56
Resultados de ensayos a compresión (Segundo diseño)

% de agregado grueso reciclado	Aditivo	a/c	Compresión			
			Resistencia f _c (kg/cm ²)			
			3 días	7 días	14 días	28 días
0%	no	0.60	211	270	295	325
0%	no	0.60	212	280	322	361
0%	no	0.60	217	286	327	372
25%	si	0.60	248	269	346	351
25%	si	0.60	239	292	367	404
25%	si	0.60	239	279	319	318
50%	si	0.60	202	258	299	309
50%	si	0.60	206	272	305	308
50%	si	0.60	185	300	355	382
75%	si	0.60	185	269	291	303
75%	si	0.60	180	256	291	309
75%	si	0.60	181	258	308	317
100%	si	0.60	167	258	284	297
100%	si	0.60	153	260	278	287
100%	si	0.60	177	260	278	287
Diseños						
Descripción	Edades				unidad	Diferencia con el diseño patrón
	3 días	7 días	14 días	28 días		
0% A.G.R.	213	279	315	353	kg/cm ²	
25% A.G.R.	242	280	344	358	kg/cm ²	+1%
50% A.G.R.	198	276	320	333	kg/cm ²	-6%
75% A.G.R.	182	261	297	310	kg/cm ²	-12%
100% A.G.R.	166	259	280	290	kg/cm ²	-18%

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.1.1. Regresión Lineal (ensayos a compresión)

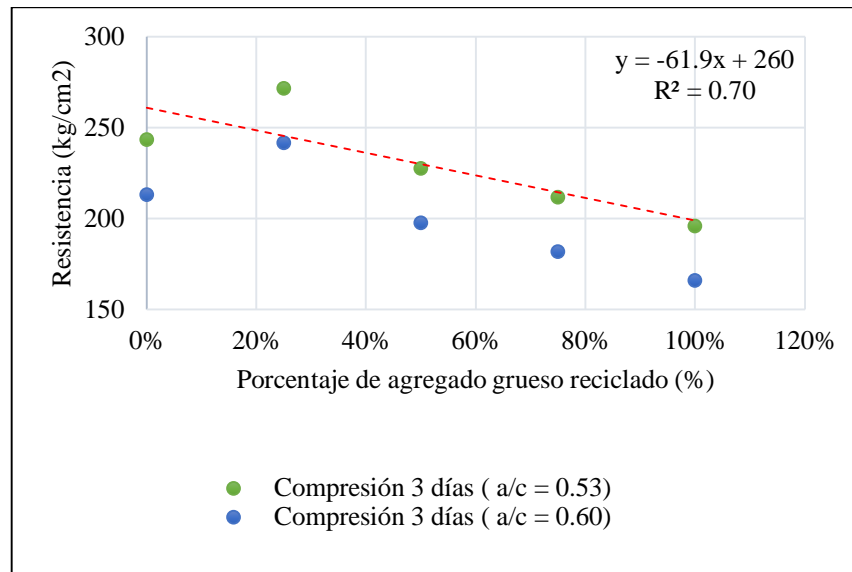


Figura 35
fc vs % Agregado grueso reciclado a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a la compresión a 3 días es menor al aumentar el porcentaje de agregado reciclado en el diseño patrón. (Ver Figura N°35)

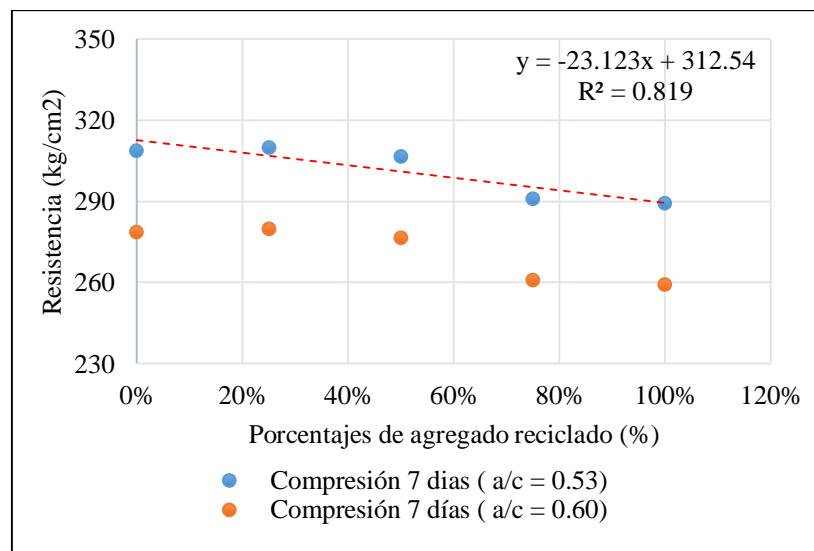


Figura 36
fc vs % Agregado grueso reciclado a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a la compresión a 7 días en la mezcla con 0% y 25% muestra una resistencia a la compresión semejante, a partir de la resistencia del 50%, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N° 36)

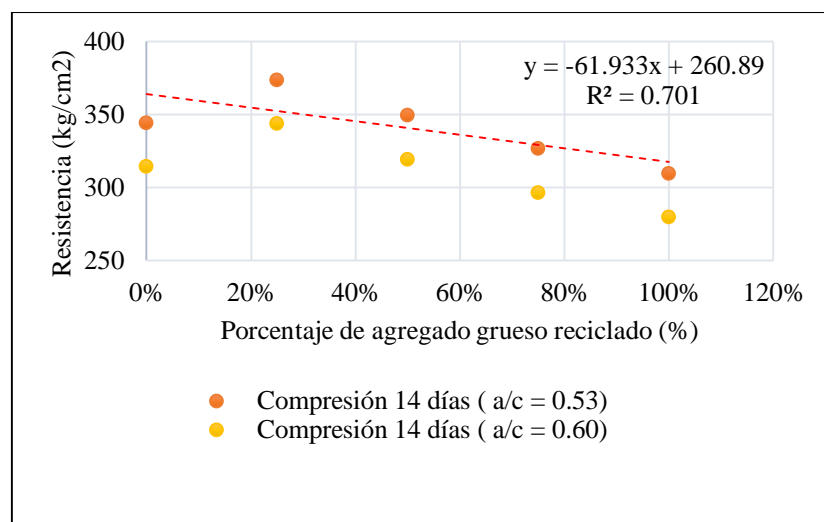


Figura 37
f'c vs % Agregado grueso reciclado a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a la compresión a 14 días en la mezcla con 0% y 50% muestra una resistencia a la compresión semejante, a partir de la resistencia del 50%, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N° 37)

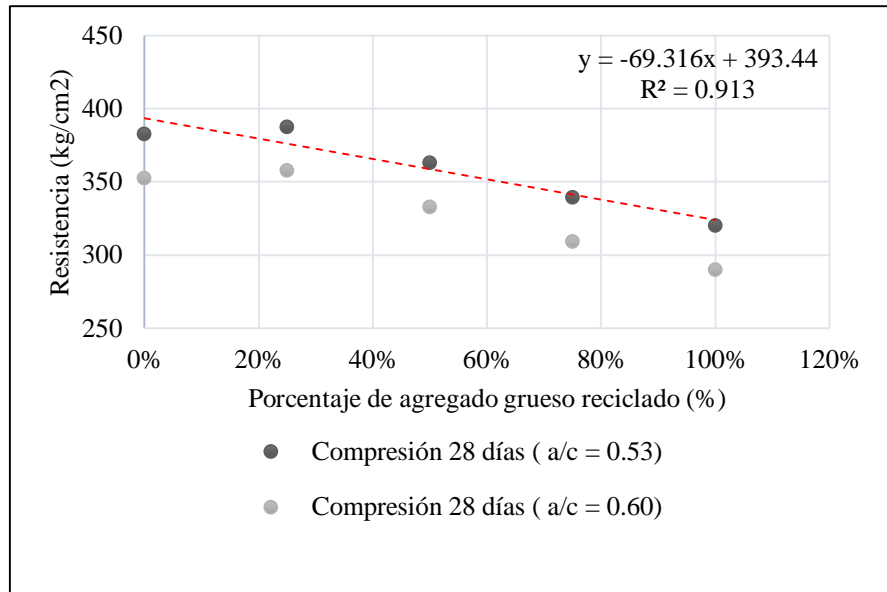


Figura 38
f_c vs % Agregado grueso reciclado a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a la compresión a 28 días en la mezcla con 0% y 25% muestra una resistencia a la compresión semejante, a partir de la resistencia del 50%, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N°38)

4.3.2.1.2. Campana de gauss (ensayos a tracción)

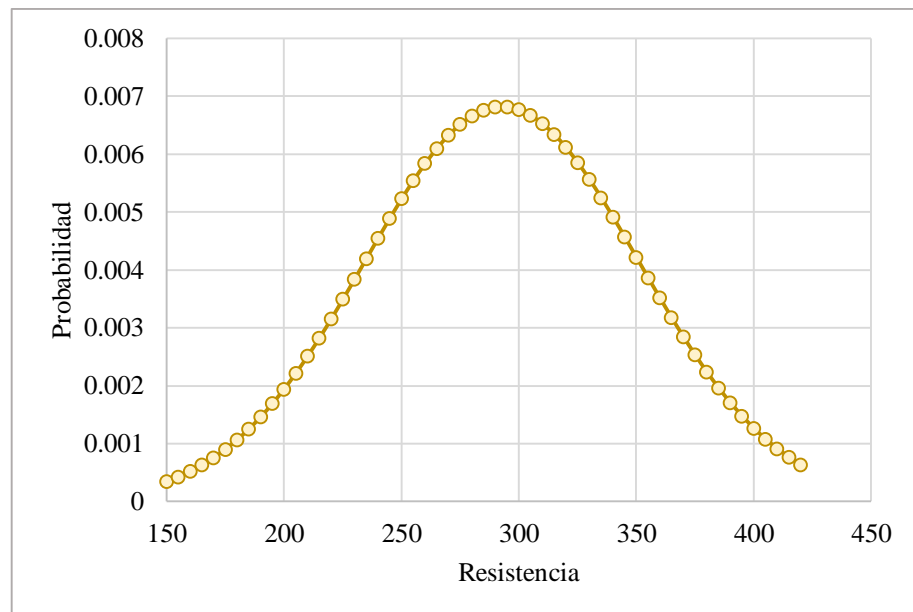


Figura 39
Campana de Gauss de la resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.1.3. Histograma (ensayos a compresión)

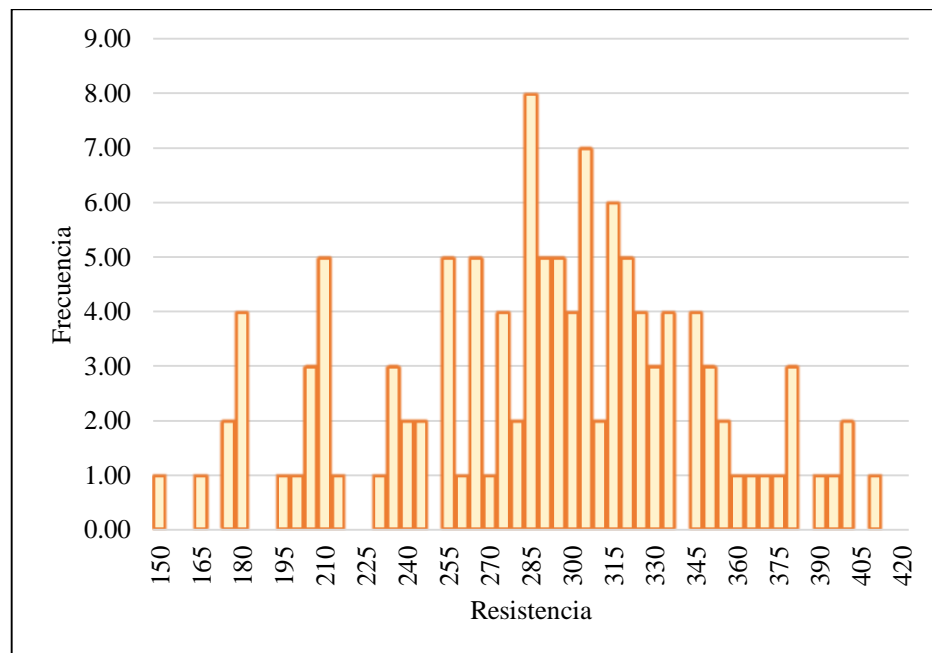


Figura 40
Histograma de la resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la distribución normal de los resultados, obteniendo el histograma y curva de distribución (ver Figura 39 y 40).

4.3.2.2. Resistencia a la tracción

Se realizaron ensayos de tracción a 4 edades (3, 7, 14 y 28 días), y se reemplazó el agregado grueso natural por agregado grueso reciclado a partir de un diseño patrón, y luego reemplazándolo el agregado grueso en 4 porcentajes que son de 25%, 50%, 75% y 100%. (Ver Tabla N° 57 y 58)

Tabla 57
Resultados de ensayos a tracción (Primer diseño)

% de agregado grueso reciclado	Aditivo	a/c	Tracción			
			Resistencia ft (kg/cm ²)			
			3 días	7 días	14 días	28 días
0%	no	0.53	21.2	28.2	31	33.5
0%	no	0.53	21.3	29.2	33.7	37.1
0%	no	0.53	21.8	29.8	34.2	36.2
25%	si	0.53	24.9	28.1	36.1	36.1
25%	si	0.53	24.0	30.4	38.2	38.5
25%	si	0.53	24.0	29.1	33.4	32.8
50%	si	0.53	20.3	27.0	31.4	31.9
50%	si	0.53	20.7	28.4	32.0	31.8
50%	si	0.53	18.6	31.2	37.0	32.2
75%	si	0.53	18.6	28.1	30.6	31.3
75%	si	0.53	18.1	26.8	30.6	31.9
75%	si	0.53	18.2	27.0	32.3	32.7
100%	si	0.57	16.8	27.0	29.9	30.7
100%	si	0.57	15.4	27.2	29.3	29.7
100%	si	0.57	17.8	27.2	29.3	29.7
Diseños						
Descripción	Edades				unidad	Diferencia con el diseño patrón
	3 días	7 días	14 días	28 días		
0% A.G.R.	21.4	29.1	33	35.6	kg/cm ²	
25% A.G.R.	24.3	29.2	35.9	35.8	kg/cm ²	+1%
50% A.G.R.	19.9	28.8	33.5	32	kg/cm ²	-10%
75% A.G.R.	18.3	27.3	31.2	32	kg/cm ²	-10%
100% A.G.R.	16.7	27.1	29.5	30	kg/cm ²	-16%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58
Resultados de ensayos a tracción (Segundo diseño)

% de agregado grueso reciclado	Aditivo	a/c	Tracción			
			Resistencia f'c (kg/cm2)			
			3 días	7 días	14 días	28 días
0%	no	0.60	16.2	23.2	26	28.5
0%	no	0.60	16.3	24.2	28.7	32.1
0%	no	0.60	16.8	24.8	29.2	31.2
25%	si	0.60	19.9	23.1	31.1	31.1
25%	si	0.60	19.0	25.4	33.2	33.5
25%	si	0.60	19.0	24.1	28.4	27.8
50%	si	0.60	15.3	22	26.4	26.9
50%	si	0.60	15.7	23.4	27	26.8
50%	si	0.60	13.6	26.2	32	27.2
75%	si	0.60	13.6	23.1	25.6	26.3
75%	si	0.60	13.1	21.8	25.6	26.9
75%	Si	0.60	13.2	22	27.3	27.7
100%	si	0.60	11.8	22	24.9	25.7
100%	si	0.60	10.4	22.2	24.3	24.7
100%	si	0.60	12.8	22.2	24.3	24.7
Diseños						
Descripción	Edades				unidad	Diferencia con el diseño patrón
	3 días	7 días	14 días	28 días		
0% A.G.R.	16.4	24.1	28	30.6	kg/cm2	
25% A.G.R.	19.3	24.2	30.9	30.8	kg/cm2	+1%
50% A.G.R.	14.9	23.8	28.5	27	kg/cm2	-12%
75% A.G.R.	13.3	22.3	26.2	27	kg/cm2	-12%
100% A.G.R.	11.7	22.1	24.5	25	kg/cm2	-18%

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2.1. Regresión Lineal (ensayos a tracción)

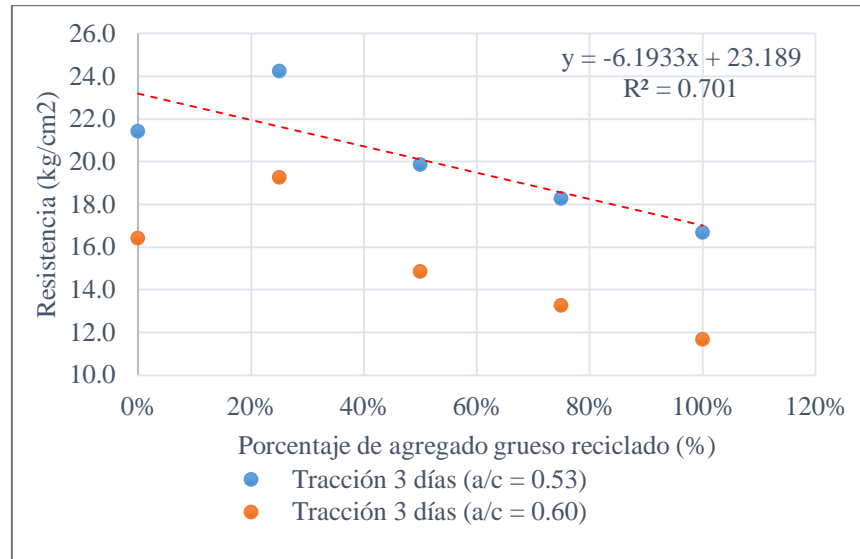


Figura 41
ft vs % Agregado grueso reciclado a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a tracción a 3 días es menor al aumentar el porcentaje de agregado reciclado en el diseño patrón. (Ver Figura N° 41)

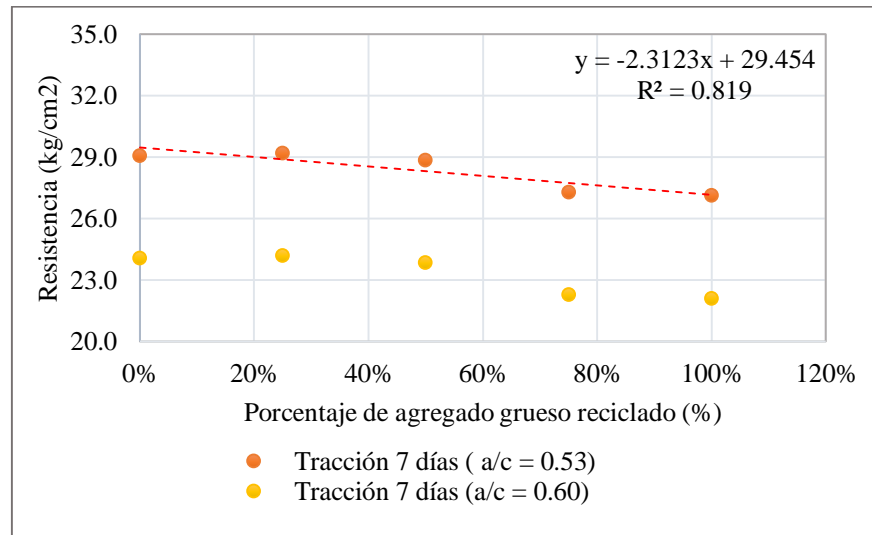


Figura 42
ft vs % Agregado grueso reciclado a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a tracción a 7 días en la mezcla con 0% y 25% muestra una resistencia a la tracción semejante, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N° 42)

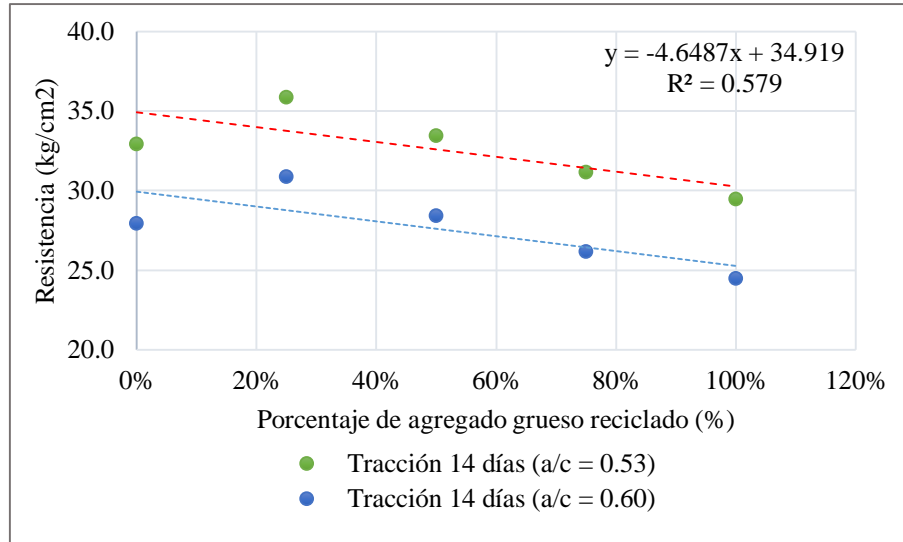


Figura 43
ft vs % Agregado grueso reciclado a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a tracción a 14 días en la mezcla con 0% y 50% muestra una resistencia a la tracción semejante, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N° 43)

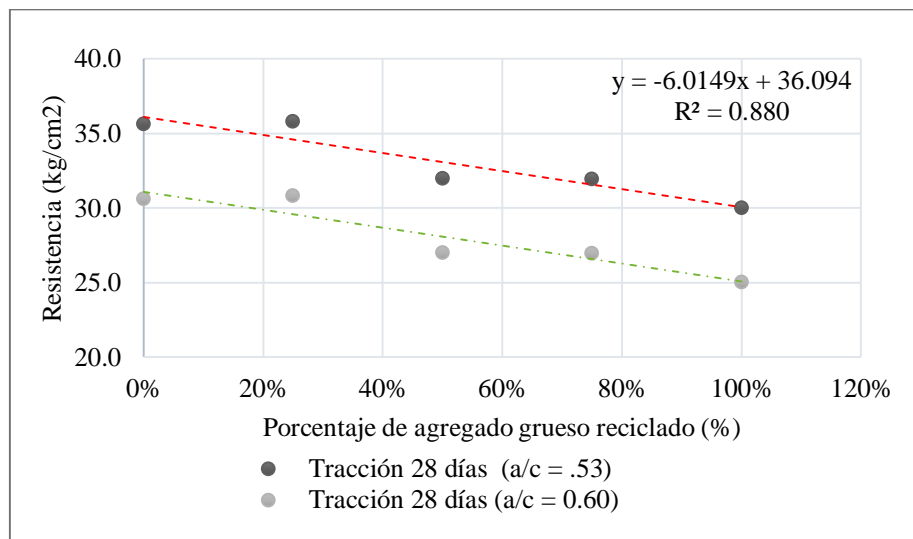


Figura 44
ft vs % Agregado grueso reciclado a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a tracción a 28 días en la mezcla con 0% y 25% muestra una resistencia a la tracción semejante como también el de 50% y 75%, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N° 44)

4.3.2.2.2. Campana de gauss (ensayos a tracción)

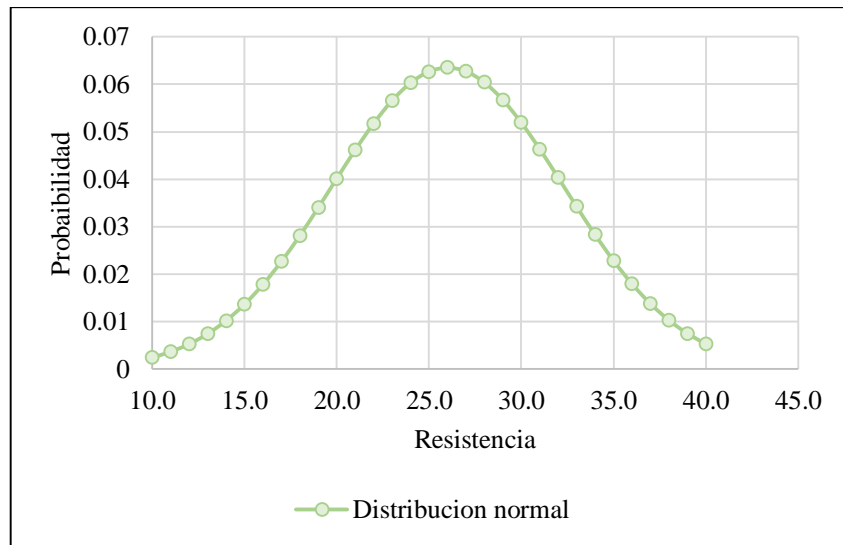


Figura 45
Campana de Gauss de la resistencia a la tracción

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2.3. Histograma (ensayos a tracción)

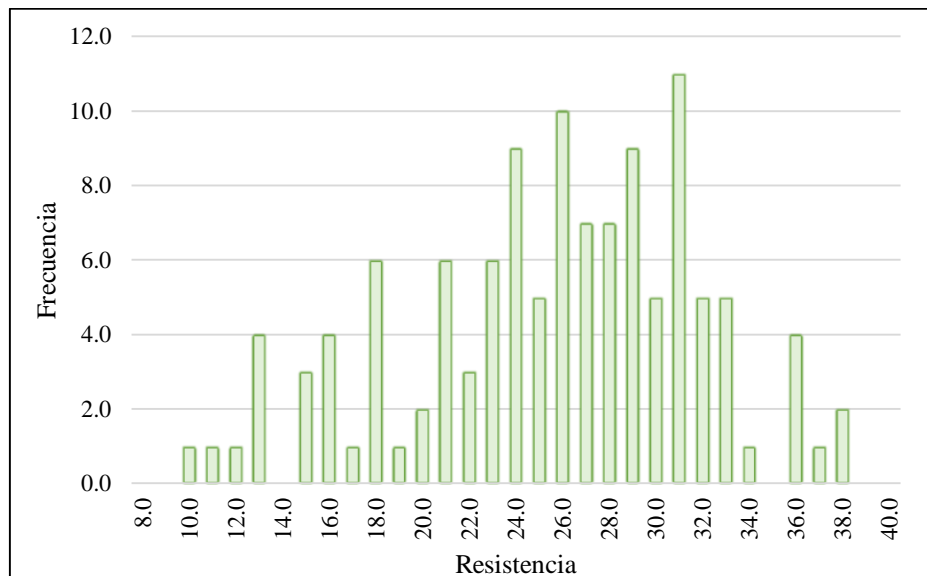


Figura 46
Histograma de la resistencia a la tracción

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la distribución normal de los resultados, obteniendo el histograma y curva de distribución (ver Figura 45 y 46).

4.3.2.3. Resistencia a la flexión

Se realizaron ensayos de flexión a 3 edades (7, 14 y 28 días), y se reemplazó el agregado grueso natural por agregado reciclado partiendo de un diseño patrón, y luego reemplazándolo el árido en 4 porcentajes que son de 25%, 50%, 75% y 100%. (Ver Tabla N° 59 y 60)

Tabla 59
Resultados de ensayo a flexión (Primer diseño)

% de agregado grueso reciclado	Aditivo	a/c	Flexión		
			Resistencia ff (KN)		
			7 días	14 días	28 días
0%	no	0.53	39.0	45.4	53.3
0%	no	0.53	40.4	49.3	58.6
25%	si	0.53	41.9	51.6	56.4
25%	si	0.53	40.1	45.4	45.3
50%	si	0.53	37.4	46.1	44.1
50%	si	0.53	39.2	46.9	50.8
75%	si	0.53	38.8	45.0	49.9
75%	si	0.53	37.1	45.0	50.9
100%	si	0.57	37.4	43.9	49.0
100%	si	0.57	37.7	43.1	47.6
Diseños					
Descripción	Edades			unidad	Diferencia con el diseño patrón
	7 días	14 días	28 días		
0% A.G.R.	40.1	48.2	57.4	KN	
25% A.G.R.	40.3	48.6	50.4	KN	-12%
50% A.G.R.	39.8	48.9	52.2	KN	-9%
75% A.G.R.	37.8	45.7	50.9	KN	-11%
100% A.G.R.	37.6	43.4	48.0	KN	-16%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60
Resultados de ensayo a flexión (Segundo diseño)

% de agregado grueso reciclado	Aditivo	a/c	Flexión		
			Resistencia ff (KN)		
			7 días	14 días	28 días
0%	no	0.60	35.8	42.3	50.3
0%	no	0.60	37.2	46.2	55.6
25%	si	0.60	38.7	48.5	53.4
25%	si	0.60	36.9	42.3	42.3
50%	si	0.60	34.2	43.0	41.1
50%	si	0.60	36.0	43.8	47.8
75%	si	0.60	35.6	41.9	46.9
75%	si	0.60	33.9	41.9	47.9
100%	si	0.60	34.2	40.8	46.0
100%	si	0.60	34.5	40.0	44.6

Diseños					
Descripción	Edades			unidad	Diferencia con el diseño patrón
	7 días	14 días	28 días		
0% A.G.R.	36.5	44.2	53.0	KN	
25% A.G.R.	37.8	45.4	47.8	KN	-10%
50% A.G.R.	35.1	43.4	44.4	KN	-16%
75% A.G.R.	34.8	41.9	47.4	KN	-11%
100% A.G.R.	34.3	40.4	45.3	KN	-15%

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3.1. Regresión Lineal (ensayos a flexión)

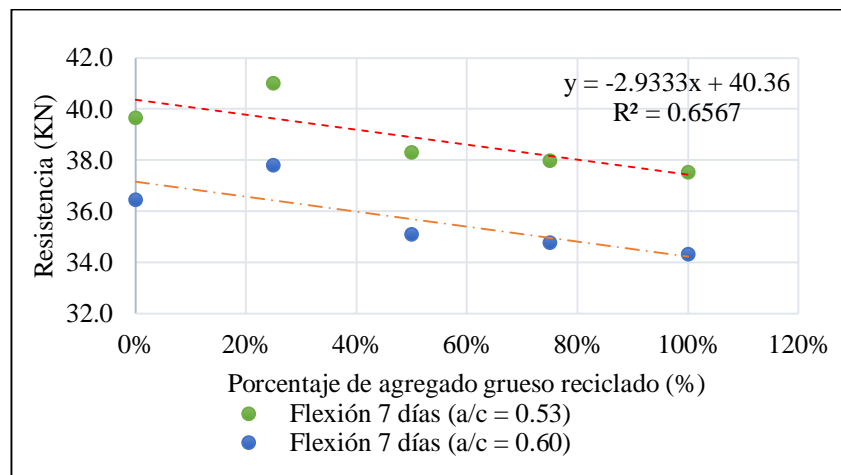


Figura 47
ff vs% Agregado grueso reciclado a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a la flexión a 7 días en la mezcla con 0% y 25% muestra una resistencia a la flexión semejante como también el de 75% y 100%, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N°47)

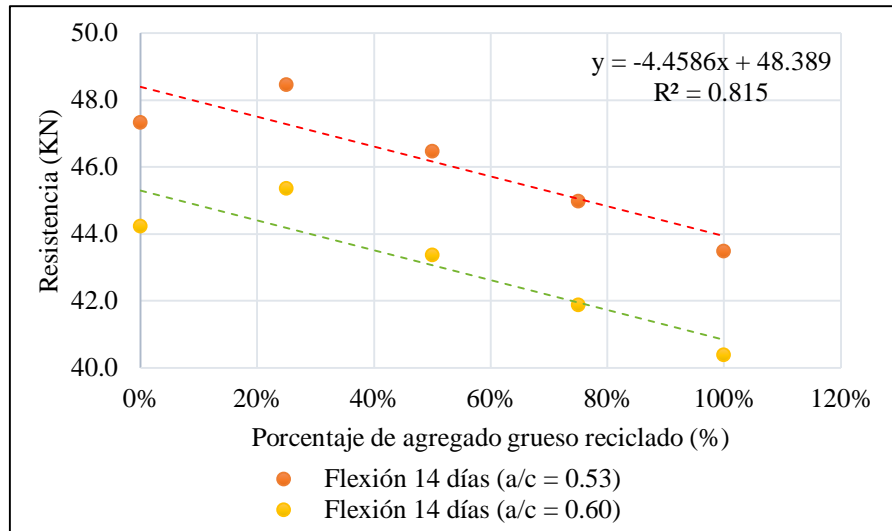


Figura 48
ff vs% Agregado grueso reciclado a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a flexión a 14 días en la mezcla con 0%, 25% y 50% muestra una resistencia a la flexión, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N°48)

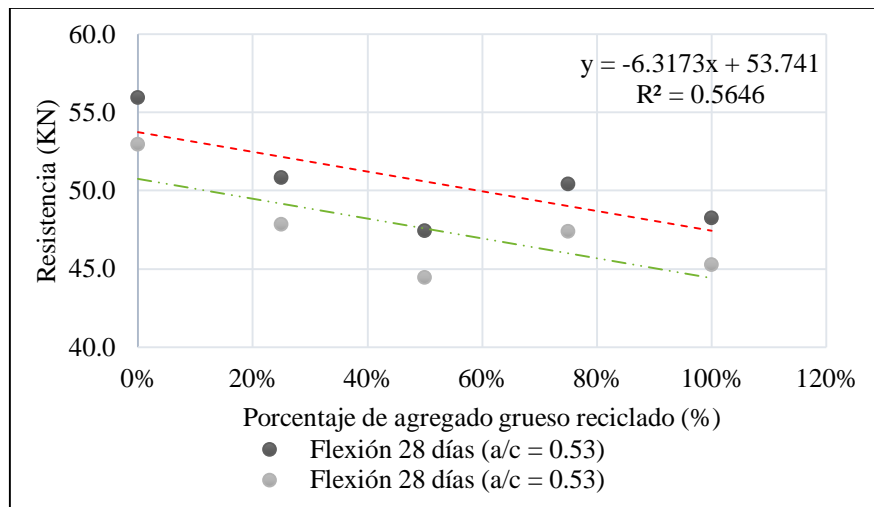


Figura 49
ff vs% Agregado grueso reciclado a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a la flexión a 28 días en la mezcla con 25% y 75% muestra una resistencia a la flexión semejante, la resistencia va disminuyendo. (Ver Figura N°49).

4.3.2.3.2. Campana de gauss (ensayos a flexión)

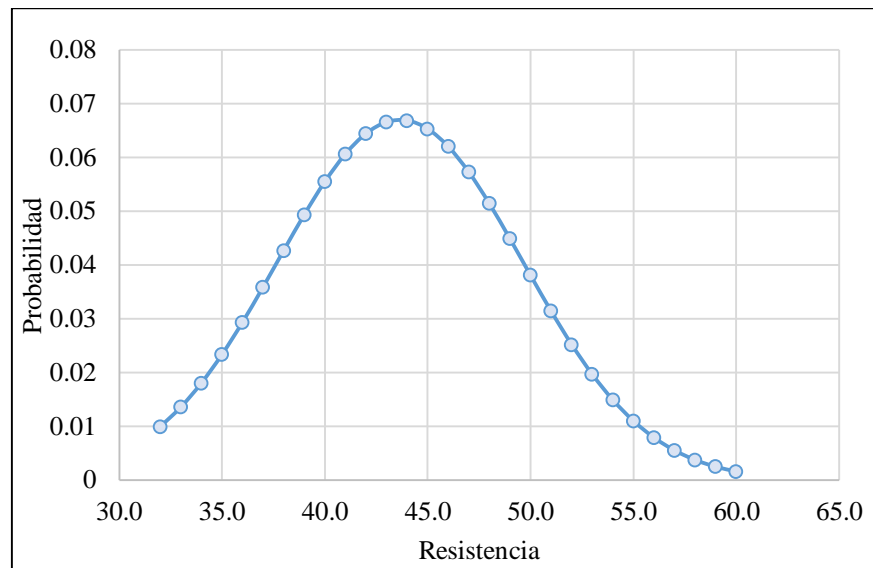


Figura 50
Campana de Gauss de la resistencia a la flexión

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3.3. Histograma (ensayos a flexión)

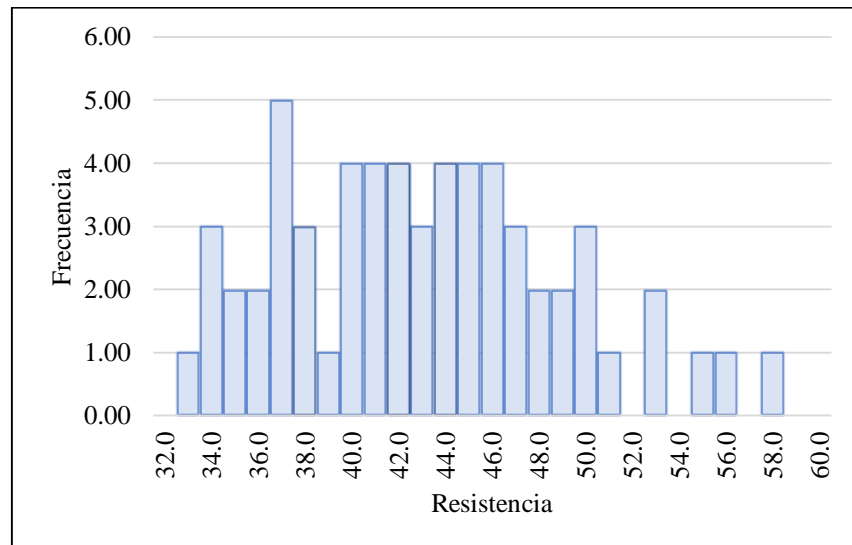


Figura 51
Histograma de la resistencia a la flexión

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la distribución normal de los resultados, obteniendo el histograma y curva de distribución (ver Figura 50 y 51).

4.3.3. Contrastación de hipótesis del concreto en estado fresco

4.3.3.1. Asentamiento

4.3.3.1.1. Prueba de normalidad

Resultado estadístico del asentamiento por cada relación a/c. (ver tabla 61)

Tabla 61
Resultados estadísticos de asentamiento

	0.53	0.60
Media	4.20	3.80
Error estándar	0.41	0.34
Mediana	4.50	4.00
Moda	5.00	4.50
Desviación estándar	0.91	0.76
Varianza de muestra	0.82	0.57
Curtosis	-2.23	-3.08
Oblicuidad	-0.57	-0.32
Rango	2.00	1.50
Máximo	5.00	4.50
Mínimo	3.00	3.00
Suma	21.0	19.0
Contar	5.00	5.00
Media geométrica	4.12	3.74
Media armónica	4.03	3.67
AAD	0.76	0.64
Desviación absoluta media	0.50	0.50
Rango intercuartílico	1.50	1.50

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su asentamiento:

H₀: Los datos del ensayo de asentamiento para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS tiene una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo de asentamiento para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS no tiene una distribución normal.

Tabla 62
Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk

	0.53	0.60
W-stat	0.87	0.80
p-value	0.25	0.09
alpha	0.05	0.05
normal	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

Del resultado obtenido según Shapiro-Wilk concluimos que se acepta la hipótesis nula. (Ver Tabla N° 62), H0: Los datos del ensayo de asentamiento para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS tiene una distribución normal.

4.3.3.1.2. Análisis de varianza ANOVA (asentamiento)

Por tanto, realizamos el análisis de la varianza (ANOVA).

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado el asentamiento del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la N.T.P. 339.046

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado el asentamiento del concreto reciclado fresco no se encuentra dentro de los parámetros de la N.T.P. 339.046

Tabla 63
Análisis de la varianza en ensayos de asentamiento

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
0.53	5.00	21.00	4.20	0.82	3.30	0.37	3.34	5.06	
0.60	5.00	19.00	3.80	0.57	2.30	0.37	2.94	4.66	
ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq	
Between Groups	0.40	1.00	0.40	0.57	0.47	5.32	0.34	-0.04	
Within Groups	5.60	8.00	0.70						
Total	6.00	9.00	0.67						

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el P value $0.47 > 0.05$, Se acepta la hipótesis nula H0. (Ver Tabla N° 63)

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado el asentamiento del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la N.T.P. 339.045.

4.3.3.2. Peso unitario y rendimiento

4.3.3.2.1. Prueba de normalidad

Resultado estadístico del peso unitario por cada relación a/c. (ver tabla 64)

Tabla 64
Resultados estadísticos de peso unitario

Descripción	Valor según relación agua/cemento	
	0.53	0.60
Media	2363	2312
Error estándar	19.0	26.3
Mediana	2375	2328
Desviación estándar	42.4	58.7
Varianza de muestra	1802	3450
Curtosis	-1.53	-2.53
Oblicuidad	-0.59	-0.22
Rango	102	134
Máximo	2406	2379
Mínimo	2305	2245
Suma	11816	11561
Contar	5.00	5.00
Media geométrica	2363	2312
Media armónica	2363	2311
AAD	34.6	48.8
Desviación absoluta media	31.6	50.8
Rango intercuartílico	59.8	93.7

Fuente: Elaboración propia

Hipotesis:

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su peso unitario:

H₀: Los datos del ensayo de peso unitario para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS tiene una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo de peso unitario para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS no tiene una distribución normal.

Tabla 65
Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk (Peso unitario)

Descripción	Valor según relación agua/cemento	
	0.53	0.6
W-stat	0.93	0.91
p-value	0.61	0.45
alpha	0.05	0.05
normal	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

Del resultado obtenido según Shapiro-Wilk concluimos que se acepta la hipótesis nula. (Ver Tabla N° 65), H0: Los datos del ensayo de peso unitario para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS tiene una distribución normal.

4.3.3.2.2. Análisis de varianza ANOVA (Peso unitario)

Por tanto, realizamos el análisis de la varianza (ANOVA).

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado, el peso unitario del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.046

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado el peso unitario del concreto reciclado fresco no se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.046.

Tabla 66
Análisis de la varianza en ensayos de peso unitario

DESCRIPTION					Alpha	0.05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
0.53	5.00	11816	2363	1802	7206	22.9	2310	2416
0.60	5.00	11561	2312	3450	13800	22.9	2259	2365

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	6507	1.00	6507	2.48	0.15	5.32	0.70	0.13
Within Groups	21006	8.00	2626					
Total	27513	9.00	3057					

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el P value $0.15 > 0.05$, Se acepta la hipótesis nula H_0 . (Ver Tabla N° 66)

H_0 : En los diseños de mezcla de concreto reciclado, el peso unitario del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.046

4.3.3.3. Temperatura

4.3.3.3.1. Prueba de normalidad (temperatura)

Resultado estadístico de la temperatura por cada relación a/c. (ver tabla 67)

Tabla 67

Resultados estadísticos de temperatura

Descripción	Valor según relación agua/cemento	
	0.53	0.6
Media	13.6	13.6
Error estándar	0.16	0.15
Mediana	13.5	13.5
Desviación estándar	0.36	0.34
Varianza de muestra	0.13	0.11
Curtosis	-3.14	-3.04
Oblicuidad	0.51	0.41
Rango	0.75	0.70
Máximo	14.1	14.0
Mínimo	13.3	13.3
Suma	68.2	68.2
Contar	5.00	5.00
Media geométrica	13.6	13.6
Media armónica	13.6	13.6
AAD	0.31	0.29
Desviación absoluta media	0.15	0.20
Rango intercuartílico	0.62	0.60

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su temperatura:

H_0 : Los datos del ensayo de temperatura para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS tiene una distribución normal.

H_1 : Los datos del ensayo de contenido de aire para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS no tiene una distribución normal.

Tabla 68
Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk

Descripción	Valor según relación agua/cemento	
	0.53	0.60
W-stat	0.81	0.82
p-value	0.09	0.12
alpha	0.05	0.05
normal	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

Del resultado obtenido según Shapiro-Wilk concluimos que se acepta la hipótesis nula. (Ver Tabla N° 68), H0: Los datos del ensayo de temperatura para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo HS tiene una distribución normal.

4.3.3.3.2. Análisis de varianza ANOVA (Temperatura)

Por tanto, realizamos el análisis de la varianza (ANOVA).

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado la temperatura del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.184

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado la temperatura del concreto reciclado fresco no se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.184

Tabla 69
Análisis de la varianza en ensayos de temperatura

DESCRIPTION	Alpha 0.05							
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
0.53	5.00	12.9	2.58	0.01	0.02	0.04	2.50	2.67
0.60	5.00	13.0	2.60	0.01	0.03	0.04	2.52	2.69
ANOVA								
Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	0.00	1.00	0.00	0.12	0.74	5.32	0.15	-0.10
Within Groups	0.05	8.00	0.01					
Total	0.06	9.00	0.01					

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el P value $0.74 > 0.05$, Se acepta la hipótesis nula H0. (Ver Tabla N° 69)

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado la temperatura del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.184.

4.3.3.4. Contenido de aire

4.3.3.4.1. Prueba de normalidad

Resultado estadístico del contenido de aire por cada relación a/c. (ver tabla 70)

Tabla 70
Resultados estadísticos del contenido de aire

	0.53	0.6
Media	2.58	2.60
Error estándar	0.03	0.04
Mediana	2.60	2.62
Desviación estándar	0.08	0.09
Varianza de muestra	0.01	0.01
Curtosis	-2.18	-1.34
Oblicuidad	-0.01	-0.17
Rango	0.18	0.22
Máximo	2.68	2.71
Mínimo	2.50	2.49
Suma	12.9	13.0
Contar	5.00	5.00
Media geométrica	2.58	2.60
Media armónica	2.58	2.60
AAD	0.06	0.07
Desviación absoluta media	0.08	0.08
Rango intercuartílico	0.12	0.11

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su porcentaje de aire:

H₀: Los datos del ensayo de contenido de aire para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo tienen una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo de contenido de aire para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo no tiene una distribución normal.

Tabla 71
Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk (contenido de aire)

Descripción	Valor según relación agua/cemento	
	0.53	0.6
W-stat	0.92	0.97
p-value	0.50	0.89
alpha	0.05	0.05
normal	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

Del resultado obtenido según Shapiro-Wilk concluimos que se acepta la hipótesis nula. (Ver Tabla N° 71), H0: Los datos del ensayo de contenido de aire para el concreto con agregado grueso reciclado en estado fresco usando el cemento Portland Tipo tiene una distribución normal.

4.3.3.4.2. Análisis de varianza ANOVA (contenido de aire)

Por tanto, realizamos el análisis de la varianza (ANOVA).

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado el contenido de aire del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.083

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado el contenido de aire del concreto reciclado fresco no se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.083

Tabla 72
Análisis de la varianza en ensayos de contenido de aire

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
0.53	5.00	68.22	13.64	0.13	0.52	0.16	13.28	14.00	
0.60	5.00	68.20	13.64	0.11	0.45	0.16	13.28	14.00	

ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq	
Between Groups	4E-05	1	4E-05	0.00	0.99	5.32	0.01	-0.11	
Within Groups	0.97	8.00	0.12						
Total	0.97	9.00	0.11						

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el P value $0.99 > 0.05$, Se acepta la hipótesis nula H0. (Ver Tabla N° 72)

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado la temperatura del concreto reciclado fresco se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 339.083.

4.3.4. Contratación de hipótesis del concreto en estado endurecido

4.3.4.1. Para ensayos a compresión

4.3.4.1.1. Pruebas de normalidad

Contratación de la Hipótesis: Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión usando agregado grueso reciclado, prueba de normalidad. (Ver Tabla N° 73)

Tabla 73
Resultados estadísticos de compresión

Descripción	3 días	7 días	14 días	28 días
Media	215	286	326	344
Error estándar	5.73	3.73	5.71	7.10
Mediana	212	288	322	339
Desviación estándar	31.4	20.4	31.3	38.9
Varianza de muestra	984	417	979	1510
Curtosis	-0.55	-0.64	-0.37	-0.42
Oblicuidad	0.14	0.22	0.47	0.60
Rango	125	74.4	119	147
Máximo	278	330	397	434
Mínimo	153	256	278	287
Suma	6448	8579	9778	10314
Contar	30.0	30.0	30.0	30.0
Media geométrica	213	285	325	342
Media armónica	210	285	323	340
AAD	25.0	16.4	25.0	31.5
Desviación absoluta media	27.0	15.0	23.4	25.8
Rango intercuartílico	50.8	30.6	42.7	52.7

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis:

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 3 días:

H₀: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 3 días tiene una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 3 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 7 días.

H₀: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el concreto reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 14 días.

H₀: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 14 días tiene una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 14 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el concreto reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 28 días.

H₀: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 28 días no tiene una distribución normal.

Tabla 74
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Compresión)

Descripción	3 días	7 días	14 días	28 días
W-stat	0.97	0.96	0.97	0.95
p-value	0.66	0.29	0.50	0.18
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75
Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (Compresión)

Descripción	3 días	7 días	14 días	28 días
KSc	0.1758	0.1804	0.1486	0.2134
p-value	0.1380	0.1460	0.1180	0.0660
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos según Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Simomov concluimos que se acepta la hipótesis nula para todos los casos de porcentaje de agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N° 74 y 75), H0: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a compresión usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 3, 7, 14 y 28 días tienen una distribución normal.

4.3.4.1.2. Análisis de varianza ANOVA

Por tanto, realizamos el análisis de la varianza.

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS aumenta la resistencia en los ensayos a compresión.

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS no aumenta la resistencia en los ensayos a compresión.

Tabla 76
Análisis de la varianza en ensayos de compresión

Descripción					Alpha	0.05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
3 días	30	6448	215	984	28539	5.69	204	226
7 días	30	8579	286	417	12087	5.69	275	297
14 días	30	9778	326	979	28384	5.69	315	337
28 días	30	10314	344	1510	43801	5.69	333	355

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omg Sq
Between Groups	294292	3.00	98097	101	3.48E-32	2.68	1.83	0.71
Within Groups	112810	116	973					
Total	407102	119	3421					

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el P value $3.48E-32 < 0.05$, Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (H1). (Ver Tabla N° 76)

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS no aumenta la resistencia en los ensayos a compresión

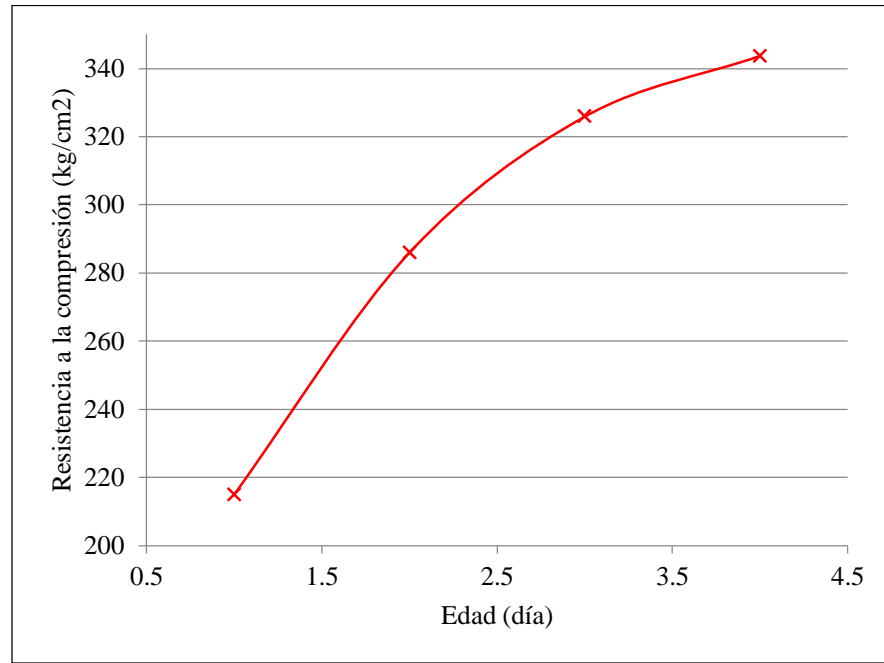


Figura 52
Medias aritméticas de la resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

Gráfico de Medias Aritméticas de los ensayos de la resistencia a la compresión del concreto con agregado grueso reciclado con cemento Portland Tipo HS, conforme avanza los días se obtiene mayor resistencia a la compresión (Ver Figura N° 52).

4.3.4.2. Para ensayos a tracción

4.3.4.2.1. Pruebas de normalidad

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a tracción usando agregado grueso reciclado, prueba de normalidad. (Ver Tabla N° 77)

Tabla 77
Resultados estadísticos de tracción

Descripción	3 días	7 días	14 días	28 días
Media	17.6	25.8	30.1	30.6
Error estándar	0.68	0.53	0.68	0.67
Mediana	17.9	26.5	30.3	31.2
Desviación estándar	3.74	2.88	3.73	3.67
Varianza de muestra	14.0	8.3	13.9	13.5
Curtosis	-0.60	-1.24	-0.51	-0.53
Oblicuidad	0.08	0.08	0.27	0.27
Rango	14.46	9.44	13.87	13.8
Máximo	24.9	31.2	38.2	38.5
Mínimo	10.4	21.8	24.3	24.7
Suma	527.8	773.9	902.8	917.6
Contar	30.0	30.0	30.0	30.0
Media geométrica	17.2	25.6	29.9	30.4
Media armónica	16.8	25.5	29.7	30.2
AAD	3.03	2.53	3.02	2.99
Desviación absoluta media	2.59	2.50	2.95	2.50
Rango intercuartílico	4.87	4.97	5.13	5.23

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la tracción a edad de 3 días

H₀: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 3 días tiene una distribución normal.

H₁: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 3 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la tracción a edad de 7 días.

H₀: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

H1: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el concreto reciclado con respecto a su resistencia a la tracción a edad de 14 días.

H0: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 14 días tiene una distribución normal.

H1: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 14 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el concreto reciclado con respecto a su resistencia a la tracción a edad de 28 días.

H0: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a c tracción usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

H1: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 28 días no tiene una distribución normal.

Tabla 78
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (tracción)

	3 días	7 días	14 días	28 días
W-stat	0.98	0.93	0.97	0.96
p-value	0.85	0.06	0.56	0.35
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79
Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (tracción)

	3 días	7 días	14 días	28 días
KSc	0.18	0.18	0.15	0.20
p-value	0.14	0.15	0.12	0.09
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes	Yes

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos según Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Simomov concluimos que se acepta la hipótesis nula para todos los casos de porcentaje de agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N° 78, 79)

H0: “Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a tracción usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 3, 7, 14 y 28 días tienen una distribución normal”.

4.3.4.2.2. Análisis de varianza ANOVA

Por tanto, realizamos el análisis de la varianza (ANOVA).

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS aumenta la resistencia en los ensayos a tracción.

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS no aumenta la resistencia en los ensayos a tracción.

Tabla 80
Análisis de la varianza en ensayos de tracción

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
<i>Group</i>	<i>Coun t</i>	<i>Sum</i>	<i>Mea n</i>	<i>Varianc e</i>	<i>SS</i>	<i>Std Err</i>	<i>Lower</i>	<i>Uppe r</i>	
3 días	30	528	17.6	14.0	405	0.64	16.3	18.9	
7 días	30	774	25.8	8.31	241	0.64	24.5	27.1	
14 días	30	903	30.1	13.9	404	0.64	28.8	31.4	
28 días	30	918	30.6	13.5	391	0.64	29.3	31.9	

ANOVA								
<i>Sources</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P value</i>	<i>F crit</i>	<i>RMSS E</i>	<i>Omg Sq</i>
Between Groups	3256	3	1085	87.4	1.25E-29	2.68	1.71	0.68
Within Groups	1441	116	12.4					
Total	4697	119	39.5					

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el P value $1.25E-29 < 0.05$, Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna H1. (Ver Tabla N° 80).

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS no aumenta la resistencia en los ensayos a tracción.

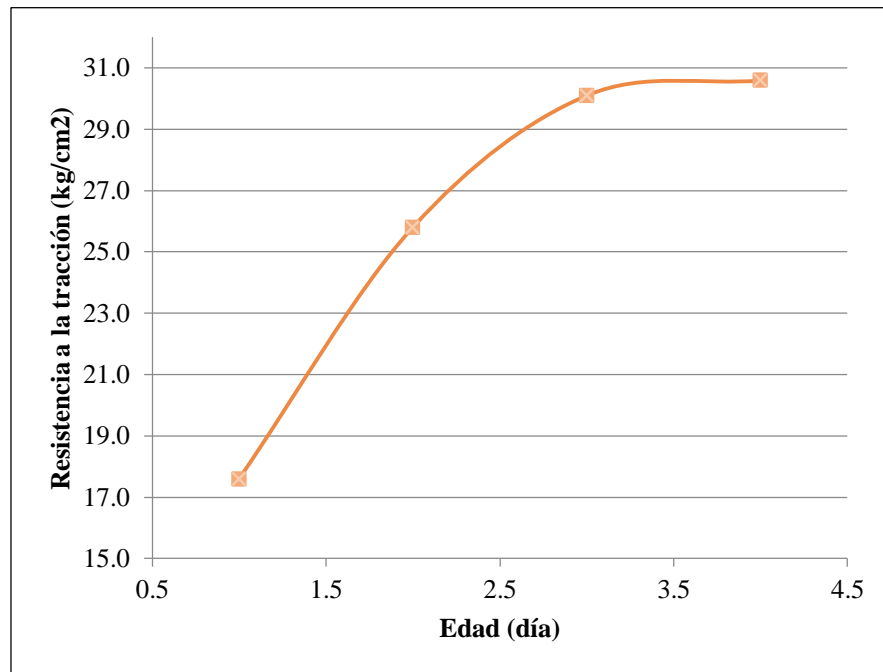


Figura 53
Gráfico de medias aritméticas de la resistencia a tracción

Fuente: Elaboración propia

Gráfico de Medias Aritméticas de los ensayos de la resistencia a tracción del concreto con agregado grueso reciclado con cemento Portland Tipo HS, conforme avanza los días se obtiene mayor resistencia a la tracción (Ver Figura N° 53).

4.3.4.3. Para ensayos a flexión

4.3.4.3.1. Pruebas de normalidad

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a flexión usando agregado grueso reciclado, prueba de normalidad. (Ver Tabla N° 81)

Tabla 81
Resultados estadísticos de flexión

Descripción	7 días	14 días	28 días
Media	37.3	44.6	49.1
Error estándar	0.50	0.66	1.05
Mediana	37.3	44.5	48.4
Desviación estándar	2.24	2.93	4.71
Varianza de muestra	5.01	8.58	22.14
Curtosis	-0.58	0.28	-0.42
Oblicuidad	0.19	0.67	0.32
Rango	7.96	11.6	17.5
Máximo	41.9	51.6	58.6
Mínimo	33.9	40.0	41.1
Suma	746	892	982
Contar	20.0	20.0	20.0
Media geométrica	37.2	44.5	48.9
Media armónica	37.2	44.4	48.7
AAD	1.76	2.31	3.74
Desviación absoluta media	1.60	1.91	2.80
Rango intercuartílico	3.12	3.79	5.67

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis:

Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a flexión a edad de 7 días.

H0: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a flexión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

H1: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a flexión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el concreto reciclado con respecto a su resistencia a flexión a edad de 14 días.

H0: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a flexión usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 14 días tiene una distribución normal.

H1: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a flexión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 14 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el concreto reciclado con respecto a su resistencia a flexión a edad de 28 días.

H0: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a flexión usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

H1: Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a flexión usando el cemento Portland Tipo HS a la edad de 28 días no tiene una distribución normal.

Tabla 82
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (flexión)

	7 días	14 días	28 días
W-stat	0.96	0.96	0.98
p-value	0.62	0.62	0.93
alpha	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83
Pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov (flexión)

	7 días	14 días	28 días
KSc	0.18	0.21	0.20
p-value	0.12	0.14	0.13
alpha	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos según Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Simomov concluimos que se acepta la hipótesis nula para todos los casos de porcentaje de agregado grueso reciclado. (Ver Tabla N° 82, 83)

H0: “Los datos del ensayo para el concreto con agregado grueso reciclado a flexión usando el Cemento Portland Tipo HS a la edad de 7, 14 y 28 días tienen una distribución normal”.

4.3.4.3.2. Análisis de varianza ANOVA

Por tanto, realizamos el análisis de la varianza (ANOVA).

H0: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS aumenta la resistencia en los ensayos a flexión.

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS no aumenta la resistencia en los ensayos a flexión.

Tabla 84

Análisis de la varianza en ensayos de flexión

DESCRIPTION					Alpha	0.05		
<i>Group</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>SS</i>	<i>Std Err</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
7 días	20	746	37.3	5.01	95.1	0.77	35.7	38.8
14 días	20	892	44.6	8.58	163	0.77	43.1	46.2
28 días	20	982	49.1	22.1	421	0.77	47.5	50.6

ANOVA

<i>Sources</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P value</i>	<i>F crit</i>	<i>RMSSE</i>	<i>Omega Sq</i>
Between Groups	1417	2.00	708	59.5	1.12E-14	3.16	1.72	0.66
Within Groups	679	57.0	11.9					
Total	2096	59.0	35.5					

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el P value $1.12E-14 < 0.05$, Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna H1. (Ver Tabla N° 84)

H1: En los diseños de mezcla de concreto reciclado con agregado grueso reciclado usando el cemento Portland Tipo HS no aumenta la resistencia en los ensayos a flexión.

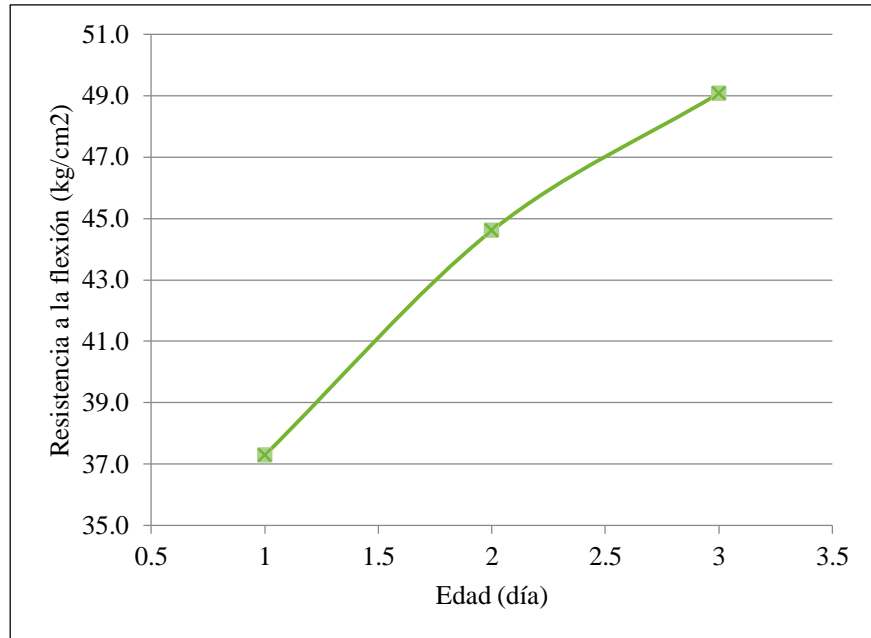


Figura 54
Gráfico de medias aritméticas de la resistencia a flexión

Fuente: Elaboración propia

Gráfico de Medias Aritméticas de los ensayos de la resistencia a flexión del concreto con agregado grueso reciclado con cemento Portland Tipo HS en donde si existen diferencias significativas, conforme avanza los días se obtiene mayor resistencia a la flexión. (Ver Figura N° 54).

4.4. Presentación de resultados

Luego de los análisis desarrollados durante la presente tesis con el diseño patrón y los diferentes porcentajes de agregado reciclado tanto de 25%, 50%, 75% y 100%, se adjunta la Tabla N° 85 en donde se observan los resultados finales de la investigación.

Tabla 85
Presentación de resultados

Objetivo	Indicadores	Relación A/C	Resultados Por Porcentaje De Agregado Reciclado					
			Patrón	25%	50%	75%	100%	
Diseñar la mezcla de concreto con agregado grueso reciclado utilizando cemento portland tipo HS para evaluar la influencia en las propiedades del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de la molina, año-2019	Análisis granulométrico del agregado grueso	-	Agregado grueso reciclado: mg = 6.38 Agregado grueso natural: mg = 6.67					
			0.53					
	Relación Agua/Cemento	0.60						
Determinar el porcentaje de agregado grueso reciclado para conservar las propiedades en estado fresco del concreto reciclado para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019	Asentamiento	0.53	5.00	5.00	4.50	3.50	3.00	
		0.60	4.50	4.50	4.00	3.00	3.00	
	Temperatura	0.53	13.4	13.5	13.3	14.0	14.1	
		0.60	13.3	13.5	13.4	14.0	14.0	
	Peso Unitario	0.53	2406	2395	2375	2335	2305	
		0.60	2379	2351	2328	2257	2245	
	Rendimiento	0.53	0.91	0.91	0.92	0.94	0.97	
		0.60	0.92	0.93	0.94	0.97	0.99	
	Contenido de aire	0.53	2.50	2.51	2.60	2.63	2.68	
		0.60	2.49	2.54	2.62	2.65	2.71	
	Determinar la relación agua/ cemento para aumentar la resistencia del concreto reciclado en estado endurecido para cimentaciones en el distrito de la molina, año-2019	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm ²)	0.53	383	388	363	340	320
			0.60	329	322	298	274	255
		Ensayo de resistencia a la flexión (kn)	0.53	57.4	50.4	52.2	50.9	48
			0.60	55.2	49.1	51.3	47.6	44.3
Ensayo de resistencia a la tracción (kg/cm ²)		0.53	35.6	35.8	32.0	32.0	30.0	
		0.60	34.5	33.4	29.1	29.8	27.3	

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Interpretación de resultados

4.5.1. Ensayos del concreto reciclado en estado fresco

Análisis granulométrico del agregado grueso: Luego del tamizado con las mallas $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " y N^a4 , se obtuvo un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " y siguiendo la tabla 4 de la NTP 400.037 se utilizó el huso 7 para definir los límites de la curva granulométrica, la cual se encontró dentro de dichos límites.

Relación agua/cemento: En el diseño de las mezclas de concreto se utilizaron dos relaciones agua/cemento de valores 0.53 y 0.60. Basándose en los resultados de todos los ensayos para ambas relaciones, se observó que la mezcla con una relación agua/cemento es 0.53 es más trabajable que el diseño con relación agua/cemento de 0.60 y se obtuvieron mayores resistencias.

Asentamiento: El slump en los ensayos de asentamiento para los diseños con porcentaje de agregado reciclado de 25%, 50% resultaron superior a valor considerado en el diseño, el cual fue de 4". En cambio, para los porcentajes de 75% y 100% los resultados del slump fueron menores al valor de diseño de la mezcla. Esto se puede deber que al aumentar la relación agua/cemento disminuye la trabajabilidad de la mezcla lo cual genera que la mezcla tenga un menor asentamiento; además al incrementar el porcentaje de agregado reciclado genera una mezcla menos trabajable, debido a que dicho a agregado tiene un alto porcentaje de absorción.

Temperatura: Los datos obtenidos en los ensayos de temperatura son similares tanto para la relación agua/cemento de 0.53 como para 0.60 con un valor promedio de 13.6 para ambos casos. La temperatura medida representa la temperatura del concreto en estado fresco en el momento de la prueba

Peso unitario: los resultados del ensayo de peso unitario cumplen con la norma NTP 339.046.

Se observa que a medida que se aumenta el porcentaje de agregado reciclado, la mezcla se vuelve más ligera tanto para la relación agua/cemento de 0.53 como para la de 0.60. Esta diferencia se puede deber a que el agregado grueso reciclado contiene agregado natural más mortero

adherido, el cual es más ligero que el agregado grueso generando un menor peso en la mezcla reciclada

Al realizar la comparación de resultados entre ambas relaciones agua /cemento, observamos que para la relación de 0.53 se obtuvo mayores valores de peso unitario que para la relación de 0.60. Lo cual estaría indicando que la mezcla diseñada con una relación agua/cemento de 0.60 es más ligera que la de 0.53.

Rendimiento: Los resultados obtenidos en los ensayos de rendimiento de la mezcla para ambas relaciones agua cemento tienen un valor promedio de 0.93. Un valor menor que uno indica que el volumen de la mezcla será corto en relación al volumen diseñado.

Contenido de aire: Los datos obtenidos en los ensayos de contenido de aire son similares tanto para la relación agua/cemento de 0.53 como para 0.60 con un valor promedio de 2.60 para ambos casos. Este ensayo cubre la determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado, a partir de la observación del cambio en el volumen del concreto con un cambio en la presión

4.5.2. Ensayos del concreto reciclado en estado endurecido

Compresión: se realizó el curado de las probetas para los ensayos a compresión se retiraron las tres probetas para cada relación a/c por cada porcentaje de agregado grueso reciclado y se procedió a colocar en un área ventilada para esperar que seque por la parte externa para proceder con la rotura y se observó que a los 28 días de edad de las probetas el diseño patrón con el diseño de 25% de agregado grueso reciclado se asemejan en resistencia.

Tracción: se realizó el curado de las probetas para los ensayos a tracción se retiraron las tres probetas para cada relación a/c y se procedió a colocar en un área ventilada para esperar que seque por la parte externa para proceder con la rotura, se pone en la máquina de rotura de forma horizontal y se

observó que a los 28 días de edad de las probetas el diseño patrón con el diseño de 25% de agregado grueso reciclado se asemejan en resistencia.

Flexión: se retiró las vigas del curado para cada relación a/c por cada porcentaje de agregado grueso reciclado y se dejan en un área ventilada se espera que seque superficialmente para proceder a marcar de 2.5 cm de ambos lados de la viga y la longitud que queda se divide en tres partes para se coloca en la máquina de flexión alineando las marcas con los apoyos para proceder a realizar el ensayo a flexión y se observó que a los 28 días de edad de las probetas el diseño patrón con el diseño de 25% de agregado grueso reciclado se asemejan en resistencia..

4.6. Discusiones

- 1) Según López, F. (2008), La resistencia a la compresión del hormigón reciclado se ve afectada únicamente por la calidad de los áridos reciclados empleados. La mayor calidad del árido reciclado está relacionada con menor cantidad de mortero adherido, menor absorción y ello conduce a una mayor resistencia final del hormigón.

En los hormigones reciclados fabricados en este estudio el porcentaje de sustitución de árido grueso no influye sobre la resistencia a compresión, ya que la pérdida de resistencia causada por la utilización de árido reciclado se ve compensada por el empleo del plastificante.

En la presente investigación, el aspecto de la sustitución del agregado grueso reciclado que se obtuvo de la trituración de las probetas desechadas del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Ricardo Palma, se diseñó con un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, se empleó el aditivo SikaCem plastificante considerando el mortero adherido en cada porcentaje, usando cuatro diferentes porcentajes (25%, 50%, 75%, 100%) de lo cual se obtuvieron una resistencia a la compresión de 25% = 388 kg/cm², 50%= 363 kg/cm², 75%= 340 kg/cm², 100%= 320 kg/cm² (ver tabla 50), resistencia a tracción de 25% = 35.8 kg/cm², 50%= 32.0 kg/cm², 75%= 32.0 kg/cm², 100%= 30.0 kg/cm² (ver tabla 51) y una resistencia a flexión 25% = 50.4 kg/cm², 50%= 52.2 kg/cm², 75%= 50.9 kg/cm², 100%= 48.0 kg/cm².(ver tabla 51). Por lo que se concluyó que a mayor porcentaje de agregado

grueso reciclado la resistencia va disminuyendo. A partir de los resultados de resistencia de cada ensayo del concreto endurecido es acorde con lo que en esta investigación se halla y la de López, F. (2008).

- 2) Según Gonzales, E. (2012), Los métodos de dosificación habituales para los hormigones convencionales son válidos para los hormigones reciclados con un porcentaje de sustitución en peso de árido reciclado por árido grueso natural no superior al 20%. Además, para conseguir la consistencia deseada, añadir más agua a la dosificación para compensar la mayor absorción del árido reciclado.

En la presente investigación, se empleó el método de combinación de agregados adicionando el aditivo SikaCem plastificante en todos los porcentajes del agregado grueso reciclado. Por lo que se obtuvo una reducción de agua efectiva (ver figura 25), la cantidad de agua ahorrada disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje de agregado grueso reciclado, pero no sobrepasó el agua efectiva de diseño patrón (ver figura 26). A partir de los resultados de la cantidad de agua en la mezcla para cada porcentaje de agregado grueso reciclado no es acorde con lo que en esta investigación se halla y la de Gonzales, E. (2012) donde adicionaron más agua por la absorción del agregado grueso reciclado.

CONCLUSIONES

- 1) El diseño de la mezcla de concreto reciclado mediante el método de Volumen de Mortero Equivalente nos permitió hacer dosificaciones con un menor contenido de cemento, agregado fino natural y agua.

En el cemento se obtuvo una reducción de 22 kg para el diseño con 25% A.G.R., 44 kg para el diseño con 50% A.G.R., 66 kg para el diseño con 75% A.G.R., todo ello con respecto al diseño patrón. (ver tabla 47)

En el agregado fino natural se obtuvo una reducción de 48 kg para el diseño con 25% A.G.R., 88 kg para el diseño con 50% A.G.R., 123 kg para el diseño con 75% A.G.R., todo ello con respecto al diseño patrón. (ver tabla 47)

En el agua se obtuvo una reducción de 11 lt para el diseño con 25% A.G.R., 23 lt para el diseño con 50% A.G.R., 35 lt para el diseño con 75% A.G.R., todo ello con respecto al diseño patrón. (ver tabla 47)

- 2) Con los datos obtenidos, se observó que las propiedades del concreto reciclado en estado fresco se encontraron dentro de los rangos permisibles por la Norma Técnica Peruana tanto para el asentamiento ($4'' \pm 1$ por diseño), peso unitario (1842kg/m^3 - 2483kg/m^3), contenido de aire (1% - 3%) y temperatura ($>13^\circ\text{C}$).

Se pudo obtener una mezcla trabajable empleando el método de mortero equivalente y la adición del aditivo SikaCem plastificante para los diseños de 25%, 50%, 75% de agregado reciclado. (ver tabla 85)

- 3) En el ensayo de resistencia a compresión, se obtuvo un aumento del 1% de resistencia para el diseño con 25% A.G.R. y reducción de 5% de la resistencia para el diseño con 50% A.G.R., 11% de la resistencia para el diseño con 75% A.G.R., 16% de la resistencia para el diseño con 100% A.G.R., todo ello con respecto al diseño patrón con una relación a/c de 0.53. (ver tabla 55)

En el ensayo resistencia a la tracción, se obtuvo un aumento del 1% de la resistencia para el diseño con 25% A.G.R. y reducción del 10% de la resistencia para el diseño con 50% A.G.R., 10% de la resistencia para el diseño con 75% A.G.R., 16% de la resistencia para el diseño con 100% A.G.R., todo ello con respecto al diseño patrón con una relación a/c de 0.53. (ver tabla 57)

En el ensayo de resistencia a la flexión, se obtuvo una reducción del 12% de la resistencia para el diseño con 25% A.G.R., 9% de la resistencia para el diseño con 50% A.G.R., 11% de la resistencia para el diseño con 75% A.G.R. y 16% de la resistencia para el diseño con 100% A.G.R., todo ello con respecto al diseño patrón con una relación a/c de 0.53. (ver tabla 59)

RECOMENDACIONES

- 1) Una apropiada selección del concreto a reciclar, que tengan mayor resistencia inicial ($f'c$) ya que estas aumentarían su resistencia al diseño de concreto reciclado. En la presente tesis se usaron mayores e iguales a $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, también la adecuada trituración del concreto reciclado libre de material orgánico porque puede afectar a las propiedades del concreto reciclado en estado fresco y endurecido.
- 2) La consistencia de la mezcla del concreto reciclado es recomendable para cimentaciones con un asentamiento de $4'' \pm 1$ para todos los porcentajes de agregado grueso reciclado, hacer el uso incorrecto del aditivo SikaCem plastificante puede llevar a resultados no deseados como un asentamiento mayor a lo diseñado o segregación en las mezclas lo cual nos generaría desperdicios.
- 3) Con los resultados mostrados en los ensayos del concreto reciclado endurecido, se puede recomendar el uso del diseño con 25% de agregado grueso reciclado en la mezcla de concreto debido a que se obtiene una resistencia similar al diseño patrón de la presente tesis. Sin embargo, no se recomienda el uso del diseño con 100% de agregado grueso reciclado presente en la mezcla debido a que la resistencia disminuye en mayor porcentaje y la mezcla se vuelve menos trabajable.
- 4) Uno de los factores que influyeron en la obtención de resultados fue la procedencia y calidad de los materiales para la elaboración de concreto. Para futuras investigaciones o para continuar el trabajo realizado en esta investigación se recomienda el uso de este material (arena, piedra chancada y cemento portland tipo HS) que resulta óptimo para alcanzar las propiedades del concreto que se diseñó.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Arroyave, G., Restrepo, S., y Vásquez, D. (2017), *Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura*, Ciencia e ingeniería Neogranadina, vol. 27, n° 2, Colombia
- Castañeda, A., Sigüenza, R., Montañez, J. & Minaya, L. (2017) *Obtención del concreto de alta resistencia a la compresión, por el método ACI, usando las canteras de la ciudad de Chimbote*. (Tesis de pregrado) Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Cruz, J., Velázquez, R. (2004). *Concreto reciclado*. (Tesis de pregrado) Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- Erazo, N. (2018). *Evaluación del diseño de concreto $f'c$ 175 kg/cm² utilizando agregado naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Federico Villa Real, Lima, Perú.
- Giraldo, O. (1987). *Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón* (Trabajo para promoción). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- González Arias, Eduardo. (2012) *Nueva técnica de dosificación de hormigones reciclado: Método del volumen de mortero equivalente*. (Tesis de maestría) Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*, quinta edición, Editorial: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., México D.F.
- Jiménez, C., Aponte, D., Vásquez, Barra, M., Valls, S. (2013). *Diseño de mezclas de hormigón reciclado mediante el método de Volumen de Mortero Equivalente (EMV): validación bajo el contexto español y su adaptación el método de diseño de Bolomey*. *Materiales de Construcción* (Tesis pregrado), 63(311), 341-360. doi: 10.3989/mc.2012.01112

- Jordan, J. y Viera, N. (2014). *Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra* (tesis de pregrado), Universidad Nacional de Santa, Chimbote, Perú.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois, Estados Unidos: Portland Cement Association.
- Laserna, S. (2015). *Avances en el comportamiento del hormigón reciclado: fabricación, propiedades mecánicas y simulación numérica* (tesis doctoral). Universidad de Castilla – La Mancha, España.
- León, A. (2013). *Agregados reciclados: ¿Qué y para qué?* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que>.
- Lopez Gayerre, Fernando (2008). *Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas* (tesis doctoral). Universidad de Oviedo, España.
- Mattey, P., Robayo, R., Silva, Y., Álvarez, N., Delvasto, S. (2014). *Caracterización física y mecánica de agregados reciclados obtenidos a partir de escombros de la construcción*. Informador Técnico, 78(2), 121-125.
- Moro, J., Meneses, R., Ortega, N., Aveldaño, R. (2010). *Generación de desechos y su utilización como agregado grueso en nuevos hormigones* (tesis pregrado). Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- Pérez, Á. (2012). *Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto*. INGENIUM-Revista de la facultad de Ingeniería Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 26(13), 116-122.
- Ramírez, A. (2010), *la construcción sostenible*, monográfico, energía física y sociedad, España.
- Robayo, R., Mattey, P., Silva, Y., Delvasto, S. (2014). *Comportamiento en estados fresco y endurecido de un concreto autocompactante, adicionado con escoria de carbón, y elaborados con agregado grueso de concreto reciclado*. Informador Técnico, 78(2), 128-136.

- Romero, R. y Hernández J. (2014). *Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I. y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión*. (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.
- Salinas, P. (2012), *Metodología de la investigación científica*, Textos de la universidad de los andes, colección: ciencias básicas, serie: ciencia y tecnología, Venezuela
- Tamayo, M. (2004), *Proceso de la investigación científica, 4ta edición*. Editorial: LIMUSA S.A. de C.V., GRUPO NORIEGA EDITORES Balderas 95, México D.F.
- Torre, A. (2004), *curso básico de tecnología del concreto*, guía para ingenieros civiles, Universidad nacional de ingeniería, Lima, Perú
- Ulloa-Mayorga, V., Uribe-Garcés, M. A., Diego Paúl Paz-Gómez, Alvarado, Y. A., Torres, B., & Gasch, I. (2018). *Performance of pervious concrete containing combined recycled aggregates*. *Ingeniería e Investigación*, 38(2), 34-41. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v38n2.67491>
- Vanegas, J., Robles, J., (2008). *Estudio experimental de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia y Operacionalización de variables

Título de la tesis: MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO HS PARA CIMENTACIONES EN EL DISTRITO DE LA MOLINA, AÑO-2019						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
			VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICE	INSTRUMENTOS
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			
¿Cómo la MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO utilizando cemento portland Tipo HS optimiza las PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019?	Determinar una MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO utilizando cemento portland Tipo HS para optimizar las PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.	Al definir una MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO utilizando cemento portland Tipo HS se optimiza las PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.	Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado	Porcentaje de agregado grueso reciclado	Análisis granulométrico del agregado grueso	ASTM 16, NTP 400.012
				Relación agua/cemento	Lts / bolsas	NTP 339.034, ASTM C39 y NTP 339.078
Problema Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	INDICADORES	ÍNDICE	INSTRUMENTOS
¿En qué medida el PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO RECICLADO optimiza las PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO RECICLADO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019?	Determinar el PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO RECICLADO para optimizar las PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO RECICLADO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019	Al determinar el PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO RECICLADO se optimiza las PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO RECICLADO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019..	Propiedades del concreto reciclado	Propiedades en estado fresco del concreto reciclado	Muestreo de concreto fresco, Asentamiento, Temperatura, Peso unitario y rendimiento, Contenido de aire	NTP 400.012, NTP 9.035, ASTM C143, ASTM C1064, NTP 339.046, ASTM C138
				Resistencia del concreto reciclado en estado endurecido	Ensayo de resistencia a la compresión y flexión	NTP 339.034, ASTM C39/NTP 339.078 Fuente: Elaboración propio
¿Cómo una RELACIÓN AGUA / CEMENTO optimiza la RESISTENCIA DEL CONCRETO RECICLADO EN ESTADO ENDURECIDO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019?	Determinar una RELACIÓN AGUA/CEMENTO para optimizar la resistencia del CONCRETO RECICLADO EN ESTADO ENDURECIDO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.	Al determinar una RELACIÓN AGUA / CEMENTO se optimiza la RESISTENCIA DEL CONCRETO RECICLADO EN ESTADO ENDURECIDO para cimentaciones en el distrito de La Molina, año-2019.				

Anexo 2: Certificado de calibración de máquina de compresión axial



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-086-2019**

Peticionario : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 Atención : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayos de Materiales: Facultad (Escuela de Ingeniería Civil) Surco- Lima
 Tipo de equipo : Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica digital
 Capacidad del equipo : 2,227 kN (500,000 lbf ó 227 TN)
 División de escala : 0,1 kN
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 N° de serie del equipo : 040400000001
 Panel digital : DIGITAL TOUCH ELE-INTERNATIONAL
 Número serie panel digital : 1887-1-00081
 Procedencia : USA
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 18,6°C / 78%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 18,6°C / 76%
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2019-08-09

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2019-08-12	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CMC-086-2019

Página 1 de 2

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1º ascenso (kN)	2º ascenso (kN)	3º ascenso (kN)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
4	100,0	100,44	100,37	100,57	100,46	-0,5	0,2
9	200,0	200,13	200,17	200,69	200,33	-0,2	0,2
13	300,0	300,31	300,84	300,64	300,60	-0,2	0,1
18	400,0	400,49	400,62	400,61	400,57	-0,1	0,1
27	600,0	600,20	600,53	600,83	600,52	-0,1	0,1
36	800,0	800,22	800,57	800,41	800,40	0,0	0,1
45	1000,0	1000,02	1000,53	1000,71	1000,42	0,0	0,1
54	1200,0	1200,68	1201,01	1201,04	1200,91	-0,1	0,1
72	1600,0	1600,43	1601,01	1601,43	1600,96	-0,1	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.





HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante

ADITIVO PLASTIFICANTE Y REDUCTOR DE AGUA PARA MORTEROS Y HORMIGONES

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce la cantidad de agua en aproximadamente un 10 % incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

USOS

SikaCem® Plastificante es recomendable para:

- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
- Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.
- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado de un 10 % aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden del 10 al 15%, contra testigo.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
Empaques	▪ Envase PET x 4 L ▪ Balde x 20 L
Apariencia / Color	Líquido marrón oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa.
Densidad	1.20 +/- 0.01

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto

Mezclar los materiales componentes del hormigón o mortero con parte del agua de mezclado, incorpore el contenido del DoyPack de SikaCem® Plastificante al pastón y complete con la menor cantidad de agua hasta lograr la fluidez requerida.

Para asegurar la homogeneidad del hormigón o mortero, se recomienda mezclar durante 3 minutos adicionales luego de incorporar todos los materiales componentes a la mezcladora.

Para mejorar el desempeño de morteros y hormigones se recomienda mantener la dosificación y proporción de los materiales componentes, Utilizar la menor cantidad de agua de mezclado hasta alcanzar la fluidez necesaria para la obra.

Cuidar que se cumplan las correctas condiciones de elaboración, colocación, compactación y curado.

La sobre-dosificación de SikaCem® Plastificante puede causar retardo de fragüe.

El desempeño de los aditivos pueden variar si se modifican los materiales componentes o sus cantidades.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada

- Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
 - Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
-

LIMITACIONES

Temperatura Sustrato +5°C mín. / +30°C máx.
Temperatura Ambiente +5°C mín. / +30°C máx.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Hoja De Datos Del Producto
SikaCem® Plastificante
Junio 2019, Versión 01.01
02130201100000829

SikaCemPlastificante-es-PE-(06-2019)-1-1.pdf

