



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Utilización de concreto reciclado, como agregado fino, a fin de mantener la resistencia a la compresión del diseño convencional

### **TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

### **AUTORES**

Llaque Avalos, Ichiro Miguel Andres  
ORCID: 0009-0008-9368-8073

Meza Sanguinetti, Joel Jesús  
ORCID: 0009-0008-3070-4419

### **ASESOR**

Sueldo Mesones, Jaime Pio  
ORCID: 0000-0003-3760-8370

**Lima, Perú**

**2023**

## **METADATOS COMPLEMENTARIOS**

### **Datos de los autores**

Llaque Avalos, Ichiro Miguel Andres

DNI: 72972656

Meza Sanguinetti, Joel Jesús

DNI: 76187670

### **Datos del asesor**

Sueldo Mesones, Jaime Pio

DNI: 43703437

### **Datos de los jurados**

#### **JURADO 1**

Donayre Cordova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

#### **JURADO 2**

Estrada Mendoza, Miguel Luis

DNI: 10493289

ORCID: 0000-0002-8646-3852

#### **JURADO 3**

Valencia Gutierrez, Andres Avelino

DNI: 07065758

ORCID: 0000-0002-8873-189X

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 02.01.01

Código del Programa: 732016

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Ichiro Miguel Andres Llaque Avalos, con código de estudiante N° 201711096, con DNI N° 72972656, con domicilio en José Gálvez Barrenechea Mz. H Lt. 12-B, distrito Surquillo, provincia y departamento de Lima, y Joel Jesús Meza Sanguinetti, con código de estudiante N° 201620565, con DNI N° 76187670, con domicilio en Calle Ketin Vidal Urb. Honor y Lealtad Mz. N Lt. 15, distrito Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Utilización de concreto reciclado, como agregado fino, a fin de mantener la resistencia a la compresión del diseño convencional” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Dr. Jaime Pio Sueldo Mesones, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 23% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 01 de noviembre de 2023



Ichiro Miguel Andres Llaque Avalos

DNI N° 72972656



Joel Jesús Meza Sanguinetti

DNI N° 76187670

## INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN

Utilización de concreto reciclado, como agregado fino, a fin de mantener la resistencia a la compresión del diseño convencional

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>23%</b>	<b>23%</b>	<b>5%</b>	<b>8%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>10%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>



Dra. Vargas Chang Esther Joni

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación va dedicado a mi familia, principalmente a mis padres, Miguel y Patricia, por el apoyo constante que tuvieron hacia mi persona todo este tiempo.

Llaque Avalos Ichiro Miguel Andres

Este trabajo va dedicado a mi pareja, Gianella Gómez, gracias a su apoyo incondicional y a mi hijo Nicolás, que está por nacer, por ser el mejor impulso a ser mejor día a día.

Joel Jesús Meza Sanguinetti

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por parte de mi padre que estuvieron presentes en todo momento de mi etapa universitaria. A mi familia por parte de mi madre, que siempre se preocuparon por mi bienestar. Sobre todo, a mis padres y a mi hermano porque son los que me impulsaron a seguir adelante con mis estudios y la tesis.

Llaque Avalos Ichiro Miguel Andres

A mis padres, Jesús, Miluska y mi hermano, Joan, por el gran esfuerzo que realizaron durante mi etapa universitaria, a Dios por rodearme de las personas correctas para seguir creciendo.

Joel Jesús Meza Sanguinetti

## ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción del problema .....	3
1.2 Formulación operacional del problema.....	9
1.2.1 Problema general.....	9
1.2.2 Problemas específicos .....	10
1.3 Importancia y justificación del estudio .....	10
1.3.1 Importancia .....	10
1.3.2 Justificación del estudio .....	10
1.4 Delimitación del estudio .....	11
1.4.1 Espacial .....	11
1.4.2 Temporal .....	11
1.4.3 Social.....	11
1.4.4 Conceptual .....	11
1.5 Objetivo de la investigación.....	11
1.5.1 Objetivo general .....	11
1.5.2 Objetivos específicos .....	11
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	13
2.1 Marco histórico .....	13
2.2 Investigaciones relacionadas con el Tema .....	15
2.2.1 Investigaciones nacionales .....	15
2.2.2 Investigaciones internacionales.....	17

2.3	Estructura Teórica y Científica que sustenta el Estudio .....	19
2.3.1	La variable independiente: Concreto reciclado como agregado fino.....	19
2.3.2	La variable dependiente: Resistencia a la compresión.....	21
2.3.3	Herramienta, herramientas informáticas .....	24
2.4	Definición de términos básicos .....	29
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>		<b>31</b>
3.1	Hipótesis general.....	31
3.2	Hipótesis específica.....	31
3.3	Variables .....	31
3.3.1	V1: Variable independiente: Sustitución de agregado fino .....	31
3.3.2	V2: Variable dependiente: Resistencia a la compresión.....	31
<b>CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO .....</b>		<b>33</b>
4.1	Tipo, método y Diseño de la Investigación.....	33
4.1.1	Tipo de estudio.....	33
4.1.2	Método de investigación .....	33
4.1.3	Diseño de la investigación .....	33
4.2	Población y muestra .....	34
4.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
4.4	Descripción de procedimientos de análisis de datos.....	34
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>		<b>36</b>
5.1	Diagnóstico y ubicación del proyecto .....	36
5.2	Características físicas del agregado según NTP .....	41
5.2.1	Análisis granulométrico de los agregados .....	41
5.2.2	Contenido de humedad de los agregados .....	55
5.2.3	Peso específico y absorción de los agregados.....	60
5.3	Diseño de mezclas de concreto por el método de combinación de agregados ...	71
5.3.1	Procedimiento .....	71
5.3.2	Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	75
5.3.3	Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .....	76
5.3.4	Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	77
5.3.5	Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado .....	78
5.3.6	Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado .....	79
5.3.7	Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado .....	80
5.3.8	Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +30\%$ agregado fino reciclado .....	81



5.3.9	Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	82
5.3.10	Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	83
5.3.11	Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	84
5.3.12	Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	85
5.3.13	Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	86
5.4	Ensayos de concreto fresco .....	87
5.4.1	Asentamiento .....	87
5.4.2	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	87
5.4.3	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .....	88
5.4.4	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	88
5.4.5	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado .....	89
5.4.6	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado .....	89
5.4.7	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado.....	90
5.4.8	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	90
5.4.9	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	91
5.4.10	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	91
5.4.11	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	92
5.4.12	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	92
5.4.13	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	93
5.4.14	Cuadro resumen de asentamiento .....	94
5.5	Contenido de aire .....	94
5.5.1	Procedimiento .....	94
5.5.2	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	95
5.5.3	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .....	96
5.5.4	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	96
5.5.5	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado .....	97
5.5.6	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado .....	97
5.5.7	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado .....	98
5.5.8	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	98
5.5.9	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	99
5.5.10	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado .....	99
5.5.11	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	100
5.5.12	Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	100
5.5.13	Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado .....	101

5.5.14 Cuadro resumen de contenido de aire .....	102
5.6 Ensayo de concreto endurecido.....	102
5.6.1 Resistencia a la compresión .....	102
CONCLUSIONES .....	115
RECOMENDACIONES.....	117
REFERENCIAS.....	118
ANEXOS .....	124
Anexo A: Matriz de consistencia.....	124
Anexo B: Autorización para uso de muestras.....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Definición de rellenos sanitarios .....	4
Tabla 2	Residuos sólidos peligrosos de la construcción y demolición.....	15
Tabla 3	Límite de gradación .....	20
Tabla 4	Parámetros máximos para la relación de agua/cementos .....	23
Tabla 5	Granulometría del agregado fino .....	25
Tabla 6	Operacionalización de las variables.....	31
Tabla 7	Diseño de mezcla - 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% agregado fino reciclado .....	75
Tabla 8	Diseño de mezcla - 245 kg/cm <sup>2</sup> + 0% agregado fino reciclado.....	76
Tabla 9	Diseño de mezcla - 280 kg/cm <sup>2</sup> + 0% agregado fino reciclado .....	77
Tabla 10	Diseño de mezcla - 210 kg/cm <sup>2</sup> + 15% agregado fino reciclado .....	78
Tabla 11	Diseño de mezcla - 245 kg/cm <sup>2</sup> + 15% agregado fino reciclado .....	79
Tabla 12	Diseño de mezcla - 280 kg/cm <sup>2</sup> + 15% agregado fino reciclado .....	80
Tabla 13	Diseño de mezcla - 210 kg/cm <sup>2</sup> + 30% agregado fino reciclado .....	81
Tabla 14	Diseño de mezcla - 245 kg/cm <sup>2</sup> + 30% agregado fino reciclado .....	82
Tabla 15	Diseño de mezcla - 280 kg/cm <sup>2</sup> + 30% agregado fino reciclado .....	83
Tabla 16	Diseño de mezcla - 210 kg/cm <sup>2</sup> + 45% agregado fino reciclado .....	84
Tabla 17	Diseño de mezcla - 245 kg/cm <sup>2</sup> + 45% agregado fino reciclado .....	85
Tabla 18	Diseño de mezcla - 280 kg/cm <sup>2</sup> + 45% agregado fino reciclado .....	86
Tabla 19	Cuadro resumen de asentamiento de concreto fresco.....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Listado de rellenos sanitarios mixtos .....	5
Figura 2 Listado de celdas transitorias para disposición final de residuos municipales..	.6
Figura 3 Listado de rellenos de seguridad .....	6
Figura 4 Composición de RCD.....	7
Figura 5 Composición del escombro .....	8
Figura 6 Composición de RCD en Costa Rica .....	9
Figura 7 Agregado fino.....	21
Figura 8 Ubicación de la empresa MP RECICLA S.A.C.....	36
Figura 9 Ubicación más detallada de la empresa MP RECICLA S.A.C.....	37
Figura 10 Recojo del agregado fino reciclado .....	38
Figura 11 Recojo del agregado fino reciclado .....	38
Figura 12 Recojo del agregado fino reciclado .....	39
Figura 13 Recojo de material fino reciclado.....	39
Figura 14 Ubicación del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Ricardo Palma .....	40
Figura 15 Agregado puesto en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la URP.....	41
Figura 16 Cuarteo del agregado fino de cantera .....	41
Figura 17 Cuarteo del agregado fino reciclado.....	42
Figura 18 Cuarteo del agregado grueso .....	42
Figura 19 Agregados llevados al horno .....	43
Figura 20 Cuarteo del agregado fino + 15% agregado fino reciclado .....	44
Figura 21 Cuarteo del agregado fino + 30% agregado fino reciclado .....	44
Figura 22 Cuarteo del agregado fino + 45% agregado fino reciclado .....	45
Figura 23 Instalación del tamizador eléctrico.....	45
Figura 24 Tamices para el estudio granulométrico del agregado grueso .....	46
Figura 25 Tabla del análisis granulométrico del agregado fino.....	47
Figura 26 Cálculo del módulo de fineza.....	47
Figura 27 Curva granulométrica del agregado fino .....	48
Figura 28 Tabla del análisis granulométrico del agregado fino +15% agregado reciclado .....	49
Figura 29 Cálculo del módulo de fineza.....	49
Figura 30 Curva granulométrica del agregado fino +15% agregado reciclado .....	50

Figura 31 Tabla del análisis granulométrico del agregado fino +30% agregado reciclado .....	51
Figura 32 Cálculo del módulo de fineza .....	51
Figura 33 Curva granulométrica del agregado fino +30% agregado reciclado .....	52
Figura 34 Tabla del análisis granulométrico del agregado fino +45% agregado reciclado .....	53
Figura 35 Cálculo del módulo de fineza .....	53
Figura 36 Curva granulométrica del agregado fino + 45% agregado reciclado .....	54
Figura 37 Tabla del análisis granulométrico del agregado grueso .....	54
Figura 38 Cálculo del módulo de fineza .....	55
Figura 39 Curva granulométrica del agregado grueso .....	55
Figura 40 Agregado fino pesado para ser puesto al horno .....	56
Figura 41 Agregado fino reciclado pesado para ser puesto al horno .....	56
Figura 42 Primera muestra de 2000 gr. de agregado grueso .....	57
Figura 43 Segunda muestra de 2000 gr. de agregado grueso .....	57
Figura 44 Tercera muestra de 2000 gr. de agregado grueso .....	58
Figura 45 Muestras llevadas al horno por 24 horas .....	58
Figura 46 Contenido de humedad del agregado fino de cantera .....	59
Figura 47 Contenido de humedad del agregado fino reciclado .....	59
Figura 48 Contenido de humedad del agregado grueso .....	59
Figura 49 Agregados saturados .....	60
Figura 50 Agregado grueso secado superficialmente. ....	61
Figura 51 Uso del molde cónico y la barra compactadora en el agregado fino de cantera .....	61
Figura 52 Agregado fino saturado superficialmente seco .....	62
Figura 53 Agregado fino reciclado saturado superficialmente seco .....	62
Figura 54 Pesaje del agregado fino saturado superficialmente seco .....	63
Figura 55 Pesaje del agregado reciclado saturado superficialmente seco .....	64
Figura 56 Pesaje de la fiola vacía y con agregado fino sss .....	64
Figura 57 Llenado de agua de la fiola y pesaje de la fiola con el agregado fino reciclado sss con agua .....	65
Figura 58 Pesaje de la fiola con agregado fino reciclado con agua .....	65
Figura 59 Agregado fino de cantera saturado llevado al horno y pesado después de 24 horas .....	66

Figura 60 Agregado fino reciclado saturado llevado al horno y pesado después de 24 horas .....	66
Figura 61 Pesaje del agregado grueso sss.....	67
Figura 62 Pesaje de la canastilla afuera del agua y dentro del agua.....	68
Figura 63 Agregado grueso saturado llevado al horno y pesado después de 24 horas...	68
Figura 64 Resultados del ensayo de peso específico y absorción.....	69
Figura 65 Resultados del ensayo de peso específico y absorción.....	70
Figura 66 Resultados del ensayo de peso específico y absorción.....	71
Figura 67 Resistencia a la compresión promedio .....	72
Figura 68 Relación agua – cemento por resistencia .....	72
Figura 69 Requisitos aproximados de agua de mezclas y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso .....	73
Figura 70 Factor cemento .....	73
Figura 71 Fórmula del volumen absoluto de agregados .....	73
Figura 72 Asentamiento de concreto de 8cm.....	87
Figura 73 Asentamiento de concreto de 8cm.....	88
Figura 74 Asentamiento de concreto de 9.5cm.....	88
Figura 75 Asentamiento de concreto de 10cm.....	89
Figura 76 Asentamiento de concreto de 9.5cm.....	89
Figura 77 Asentamiento de concreto de 9.5cm.....	90
Figura 78 Asentamiento de concreto de 11cm.....	90
Figura 79 Asentamiento de concreto de 10cm.....	91
Figura 80 Asentamiento de concreto de 9cm.....	91
Figura 81 Asentamiento de concreto de 9cm.....	92
Figura 82 Asentamiento de concreto de 10cm.....	92
Figura 83 Asentamiento de concreto de 10cm.....	93
Figura 84 Contenido de aire del concreto fresco al 1.2% .....	95
Figura 85 Contenido de aire del concreto fresco al 1.1% .....	96
Figura 86 Contenido de aire del concreto fresco al 1.8% .....	96
Figura 87 Contenido de aire del concreto fresco al 1.7% .....	97
Figura 88 Contenido de aire del concreto fresco al 2.1% .....	97
Figura 89 Contenido de aire del concreto fresco al 1.7% .....	98
Figura 90 Contenido de aire del concreto fresco al 2% .....	98

Figura 91 Contenido de aire del concreto fresco al 2.1% .....	99
Figura 92 Contenido de aire del concreto fresco al 2% .....	99
Figura 93 Contenido de aire del concreto fresco al 2% .....	100
Figura 94 Contenido de aire del concreto fresco al 1.8% .....	100
Figura 95 Contenido de aire del concreto fresco al 2% .....	101
Figura 96 Cuadro resumen de contenido de aire de concreto fresco .....	102
Figura 97 Control de roturas de probetas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	103
Figura 98 Curva de resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	103
Figura 99 Control de roturas de probetas $f'c=210\text{kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado .....	104
Figura 100 Curva de resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	104
Figura 101 Control de roturas de probetas $f'c=210\text{kg/cm}^2 +30\%$ agregado fino reciclado .....	105
Figura 102 Curva de resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	105
Figura 103 Control de roturas de probetas $f'c=210\text{kg/cm}^2 +45\%$ agregado fino reciclado .....	106
Figura 104 Curva de resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	106
Figura 105 Control de roturas de probetas $f'c=245\text{kg/cm}^2$ .....	107
Figura 106 Curva de resistencia $f'c=245\text{kg/cm}^2$ .....	107
Figura 107 Control de roturas de probetas $f'c=245\text{kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado .....	108
Figura 108 Curva de resistencia $f'c=245\text{kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado.....	108
Figura 109 Control de roturas de probetas $f'c=245\text{kg/cm}^2 +30\%$ agregado fino reciclado .....	109
Figura 110 Curva de resistencia $f'c=245\text{kg/cm}^2 +30\%$ agregado fino reciclado.....	109
Figura 111 Control de roturas de probetas $f'c=210\text{kg/cm}^2 +45\%$ agregado fino reciclado .....	110
Figura 112 Curva de resistencia $f'c=245\text{kg/cm}^2 +45\%$ agregado fino reciclado.....	110
Figura 113 Control de roturas de probetas $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .....	111
Figura 114 Curva de resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .....	111
Figura 115 Control de roturas de probetas $f'c=280\text{kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado .....	112
Figura 116 Curva de resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2 +15\%$ agregado fino reciclado.....	112

Figura 117 Control de roturas de probetas $f'c= 280\text{kg/cm}^2 +30\%$ agregado fino reciclado .....	113
Figura 118 Curva de resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2 +30\%$ agregado fino reciclado.....	113
Figura 119 Control de roturas de probetas $f'c= 280\text{kg/cm}^2 +45\%$ agregado fino reciclado .....	114
Figura 120 Curva de resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2 + 45\%$ agregado fino reciclado.....	114



## RESUMEN

En esta tesis se usó la metodología experimental de carácter analítico y de nivel correlacional, puesto que se determinó el comportamiento de las variables que están relacionadas entre sí. Actualmente, a nivel nacional y global, se presentan problemas por los residuos generados provenientes de la demolición y construcción, pues durante el pasar de los años estos residuos han ido aumentando, pero lamentablemente el manejo final de estos residuos no ha sido la adecuada. Por ello, para el desarrollo de esta tesis se reutilizó el agregado fino reciclado para elaborar tres tipos de concreto que cuentan con distintos  $f'c$  (210 kg/cm<sup>2</sup>, 245 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>), los cuales fueron utilizados en tres porcentajes de sustitución de agregado fino de cantera por agregado fino reciclado, para cada uno de los casos (15%, 30% y 45%) buscando así que se tome en cuenta para futuros proyectos de construcción el uso de agregados reciclados a fin de aumentar la sostenibilidad. Analizando los datos finales, se concluyó que el uso de agregado fino reciclado en concretos que cuentan con distintas resistencias, no es perjudicial para la resistencia final; incluso en el caso del concreto de 245 kg/cm<sup>2</sup> y de 280 kg/cm<sup>2</sup> las resistencias aumentaron de acuerdo al aumento porcentual de agregado reciclado.

*Palabras claves:* absorción y peso específico, agregado fino reciclado, asentamiento, diseños de concreto, granulometría de agregados, residuos de construcción y demolición, resistencia a la compresión.

## ABSTRACT

The following thesis used an analytical and correlational experimental methodology, since the behavior of the variables that are related to each other was determined. At present, nationally and internationally, there are problems due to construction and demolition waste, because over the years it has been increasing, but unfortunately the final management of the wastes generated by construction industry have not been adequate. Therefore, for the development of this thesis, recycled fine aggregate was reused to make concrete with three compressive strengths (210 kg/cm<sup>2</sup>, 245 kg/cm<sup>2</sup> and 280 kg/cm<sup>2</sup>), and three replacement percentages of quarry fine aggregate by recycled fine aggregate were analyzed for each of the cases (15%, 30% and 45%), thus seeking to take into account for future construction projects the use of recycled aggregates in order to increase sustainability. Analyzing the final results, it was determined that using recycled fine aggregate in concrete of different strengths is not detrimental to the final strength; even in the case of 245 kg/cm<sup>2</sup> and 280 kg/cm<sup>2</sup> concrete, the strengths increased as the percentage of recycled aggregate increased.

*Keywords:* construction and demolition waste, recycled fine aggregate, concrete designs, compressive strength, slump, aggregate particle size, absorption and specific gravity.

## INTRODUCCIÓN

En estos tiempos, a nivel global, la industria perteneciente al sector de la construcción es uno de los que ha crecido notablemente, desarrollándose mejoras en los procesos constructivos tanto en la eficiencia como en la calidad. Sin embargo, estas mejoras, en gran parte, no se han visto reflejadas en la administración final de los remanentes de construcción y demolición (RCD). (Vega, N., 2019, p. 1). Solamente en Lima, se genera aproximadamente un total de 30000 m<sup>3</sup> diarios de RCD, de los cuales el 70% termina en el mar o en los ríos. (El Comercio, León, J., 2017, 26 de agosto).

Esta investigación tiene una importancia práctica, porque plantea la utilización del agregado fino reciclado (proveniente de los RCD) en sustitución al agregado natural, teniendo en consideración la posibilidad de que con el uso del agregado reciclado mejore o iguale la resistencia de los concretos diseñados con agregado natural, sumado a esto, los datos finales recolectados gracias a esta investigación permitirán a las personas dedicadas al sector construcción, tomar decisiones con precedentes y diseñar mezclas reemplazando el uso de agregado natural por agregado de concreto reciclado, fomentando así prácticas más sostenibles y eficientes en el rubro de la construcción.

Se logra llegar al objetivo mediante el análisis de las características físicas de los agregados, donde se detallan las pruebas de granulometría, contenido de humedad, peso específico y absorción. Posteriormente, usando el método de combinación de los agregados, se efectúa el diseño de mezcla. Luego, se lleva a cabo el estudio de concreto fresco, donde está reflejado las pruebas de contenido de aire y asentamiento. Finalmente, son ejecutadas las pruebas de resistencia a la compresión del concreto endurecido.

Este estudio está dividido en cinco capítulos, el primero de los cuales expone el planteamiento del problema, la cuestión actual, el objetivo general y el objetivo específico. Al llegar al segundo capítulo, titulado marco teórico, se encuentra explicado el contexto histórico, los estudios previos sobre el tema, tanto a nivel nacional como mundial, y el significado de los términos básicos. Continuando, el tercer capítulo aborda la hipótesis general y específica, así como las definiciones conceptuales, las definiciones operacionales y las dimensiones variables.

El marco metodológico viene a ser desarrollado en el cuarto capítulo, en el cual es detallado el tipo, método y diseño de la investigación, adicional a ello, se describen el

sistema e instrumentos a usar para lograr la obtención de datos. Por último, finalizando con el quinto capítulo, se detallan la presentación de los estudios en el laboratorio con sus respectivos resultados de los ensayos realizados. Finalmente, se menciona las recomendaciones y las conclusiones de los resultados, dando respuesta a las hipótesis propuestas.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

Vega, N., (2019) afirma que, el sector construcción es uno de los que, en los últimos tiempos ha ido en crecimiento a gran escala a nivel mundial, desarrollando así procesos y tecnología para ser más eficiente y construir en menores plazos; no obstante, este incremento no se ha visto evidenciado en el manejo de la merma y/o desperdicios que esta actividad produce. Las grandes ciudades están teniendo un crecimiento vertical, lo cual conlleva a la demolición de pequeñas construcciones para luego volver a construir en la misma área, produciendo así grandes cantidades de desmonte, de los cuales un gran porcentaje no tiene un correcto manejo. (p. 1)

Jiménez y López (2017) afirma que “La producción mundial de basura procedente de la construcción y la demolición es de mil millones de toneladas al año. Solo una octava parte de esta basura suele reciclarse.” (p. 19).

En Perú se genera diariamente 22 mil toneladas de desperdicios, es decir un aproximado de 7.7 millones de toneladas por año, solo el 1% de estos se llega a reciclar. (Diario El Peruano, 2021, 16 de mayo).

León, J. (2017, 26 de agosto), indicó en el diario El Comercio que, al ser Lima la ciudad con más habitantes del territorio peruano, cuenta con una gran cantidad de construcciones; esto debido a que, en gran parte, se encuentra construida por viviendas unifamiliares y por el alto crecimiento demográfico. Estas viviendas se están demoliendo y creando edificaciones multifamiliares, produciendo así un volumen superior de remanentes de construcción y demolición.

“En Lima se producen 19.000 toneladas o 30.000 m<sup>3</sup> de basura de construcción y demolición al día. Solo el 30% de este material se envía a lugares permitidos, mientras que el 70% se vierte al mar y a los ríos.” (El Comercio, León, J., 2017, 26 de agosto).

El Ministerio del Ambiente (2021) señala que los residuos son arrojados en lugares inseguros, comúnmente denominados rellenos sanitarios (ver Tabla 1), como secuela directamente proporcional a la ausencia de rellenos sanitarios y seguros. Actualmente, Perú cuenta con 57 rellenos sanitarios, 8 rellenos sanitarios mixtos (ver Figura 1), 5 celdas

transitorias (ver Figura 2) y 6 celdas de seguridad (ver Figura 3), pero estos números son insuficientes dada la producción total de residuos del país.

**Tabla 1**

*Definición de rellenos sanitarios*

TIPOS	DEFINICIÓN
Relleno Sanitario	Lugar para el vertido sobre o bajo tierra de residuos municipales de manera higiénica y amigable para el medio ambiente
Relleno de Seguridad	Lugar donde los residuos peligrosos puedan eliminarse de forma segura y sin dañar el medio ambiente.
Relleno Sanitario Mixto	La infraestructura para la administración de remanentes peligrosos municipales y no municipales, incluidas las celdas de seguridad, forma parte del esquema para la disposición final de la basura municipal.
Celdas Transitorias	Se refiera a las instalaciones que cuentan con una vida útil de 36 (treinta y seis) meses hasta que se construya un vertedero sanitario para la eliminación segura de los remanentes sólidos urbanos.

*Nota:* Elaboración propia. Adoptada de "Preguntas frecuentes de residuos sólidos generados en los establecimientos de salud, servicios médicos de apoyo y centros de investigación", por DIGESA, 2010

**Figura 1***Listado de rellenos sanitarios mixtos*

N°	Denominación de la infraestructura de disposición final	Ente administrador	UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA			Distritos beneficiarios
			Departamento	Provincia	Distrito	
1	Relleno Sanitario El Zapallal	Innova Ambiental S.A. Carabayllo, Lima	Lima	Lima	Carabayllo	Provincia de Lima: Barranco, Breña, Carabayllo, Magdalena del Mar, Puente Piedra, Rimac, San Juan de Miraflores; Provincia de Canta: Santa Rosa de
2	Relleno Sanitario Portillo Grande	Innova Ambiental S.A. Lurín, Lima	Lima	Lima	Lurín	Provincia de Lima: Lima Cercado, Chorrillos, Pucusana, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, San Borja, Santa María del Mar, Villa El Salvador, Villa María del Triunfo; Provincia de Huarochirí: Santo Domingo de Olleros
3	Relleno Sanitario Huaycoloro	Petramas S.A.C. Huarochirí, Lima	Lima	Huarochirí	San Antonio	Provincia de Lima: Ate, Chaclacayo, Cieneguilla, El Agustino, La Molina, La Victoria, Lurigancho, Pueblo Libre, Miraflores, Pachacamac, San Isidro, San Juan de Lurigancho, San Luis, Santiago de Surco, Surquillo, Villa El Salvador; Provincia de Huarochirí: Matucana, Ricardo Palma, San Mateo de Otao, Santa Cruz de Cocachaca, Santa Eulalia, Surco.
4	Relleno sanitario Cumbre	Innova Ambiental S.A. Trujillo, La Libertad	La Libertad	Ascope	Chicama	-
5	Relleno Sanitario "El Treinta"	Brunner S.A.C.	Loreto	Maynas	San Juan Bautista	Iquitos, San Juan Bautista, Punchana, Belén
6	Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales Yacucatina, San Martín	Servicios Ambientales H y F S.A.C.	San Martín	San Martín	Juan Guerra	-
7	Infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos "Campo Verde"	Brunner Bienestar Ecológico S.A.C.	Ucayali	Coronel Portillo	Campo Verde	-
8	Infraestructura de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos	Empresa Ambientalista del Norte S.A.C.	Áncash	Huarmey	Huarmey	-

Nota: Ministerio del Ambiente (2021) *Listado de relleno sanitarios. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional>.*

**Figura 2***Listado de celdas transitorias para disposición final de residuos municipales*

N°	Denominación de la infraestructura de disposición final	Ente administrador	UBICACIÓN DE CELDA TRANSITORIA			Distritos beneficiarios	N° de distritos atendidos
			Departamento	Provincia	Distrito		
1	Celda transitoria de Huanuyo	Municipalidad Provincial de San Román	Puno	Juliaca	Cabanillas	Juliaca, San Miguel	2
2	Celda transitoria de Pampa Carbonera	Municipalidad Provincial del Santa	Ancash	Santa	Chimbote	Chimbote	1
3	Celda transitoria de Chiclayo	Municipalidad Provincial de Chiclayo	Lambayeque	Chiclayo	Reque	Chiclayo, José Leonardo Ortiz, La Victoria, Reque y Saña	5
4	Celda transitoria de Lambayeque	Municipalidad Provincial de Lambayeque	Lambayeque	Lambayeque	Lambayeque	Lambayeque	1
5	Celda transitoria de Rupa Rupa	Municipalidad Provincial de Leoncio Prado	Huánuco	Leoncio Prado	Luyando	Castillo Grande, Daniel Alomía Robles, Luyando, Mariano Dámaso Beraun y Rupa Rupa	5

Nota: Ministerio del Ambiente (2021) *Listado de relleno sanitarios. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional>*

**Figura 3***Listado de rellenos de seguridad*

N°	Denominación de la infraestructura de disposición final	Operador	UBICACIÓN		
			Departamento	Provincia	Distrito
1	Planta de tratamiento de residuos sólidos y relleno de seguridad en Lomas de Huatiana	Tower and Tower S.A., Chinchá, Ica	Ica	Chinchá	Chinchá Alta
2	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos del ámbito de la gestión no municipal (residuos peligrosos)	ARPE E.I.R.L., La Brea, Talara, Piura	Piura	Talara	La Brea
3	Relleno de Seguridad de Servicios y Relleno Sanitario Beraca E.I.R.L.	Servicios y Relleno sanitario Beraca E.I.R.L., Pariñas, Talara, Piura	Piura	Talara	Pariñas
4	Relleno de Seguridad de BA Servicios Ambientales SAC	BA Servicios ambientales SAC, Pariñas, Piura	Piura	Talara	Pariñas
5	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos no municipales de Are Yaku Pacha SAC	Are Yaku Pacha S.A.C.	Piura	Piura	Catacaos
6	Planta de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Industriales Peligrosos	TARIS S.A. (antes Befesa Perú S.A.), Chilca, Cañete, Lima	Lima	Cañete	Chilca

Nota: Ministerio del Ambiente (2021) *Listado de relleno sanitarios. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional>*



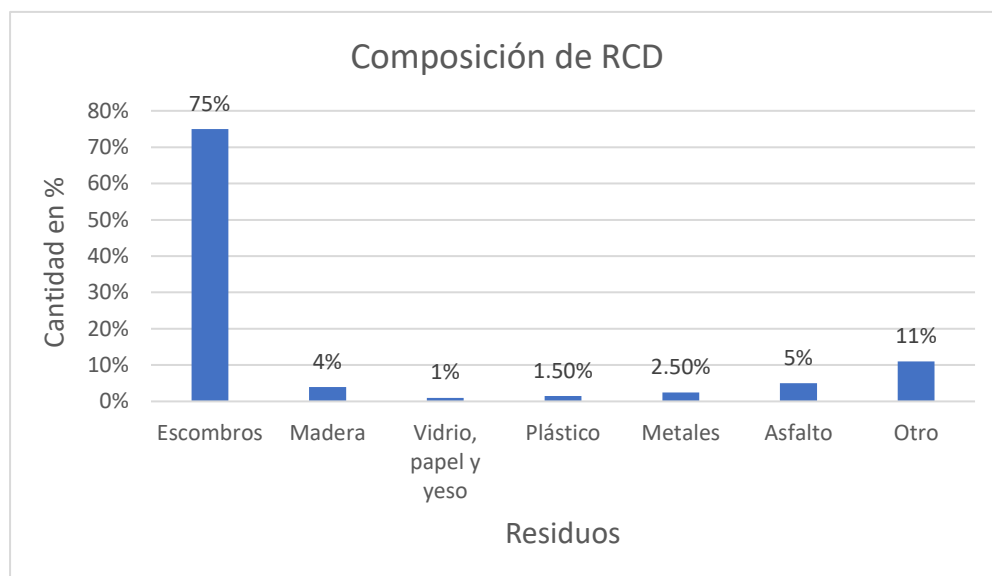
Según Medina, A. (2022) se menciona que, debido a la amplia informalidad en la administración de los RCD, incumpliendo los reglamentos de gestión y manipulación de los RCD, se viene generando gran contaminación no solo a las afueras de la ciudad; sino también en zonas urbanas, donde en algunos puntos se puede ver acopios de desmonte informales, afectando así el bienestar de los habitantes aledaños. (p. 2)

a) Colombia

Según un estudio realizado por Guarín, N., Montenegro, L., Walteros, G. & Reyes, S. (2015), se reunió datos sobre los componentes de los RCD en Colombia. En la Figura 4, se puede visualizar los componentes de los RCD, en la cual se observa que la cantidad de escombros es de un 75%, En la Figura 5, se ve reflejado la cantidad de concreto, conocido también como hormigón, ladrillos, azulejos, entre otros; dentro del universo de escombros. (p. 5)

**Figura 4**

*Composición de RCD*



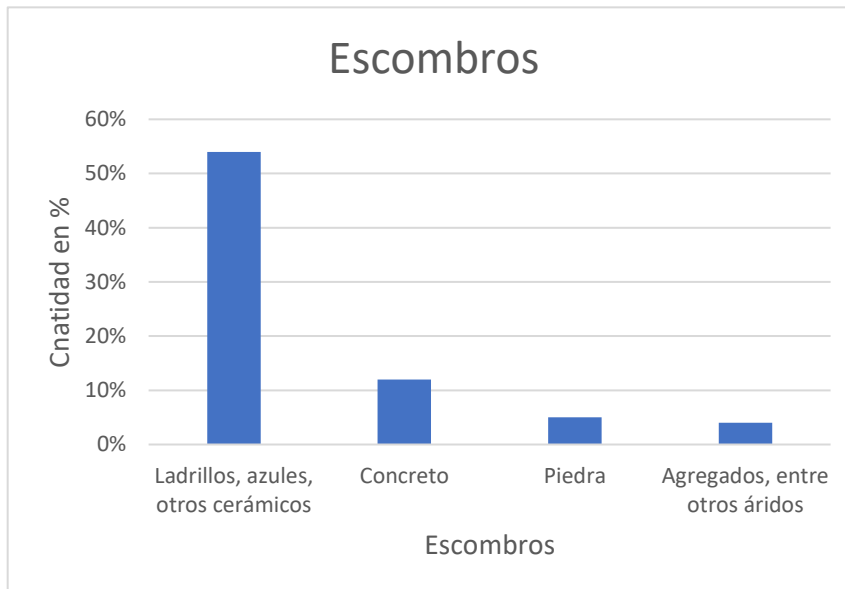
*Nota: Guarín, N., Montenegro, L., Walteros, G. & Reyes, S. (2015) Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia Recuperado de:*

*[https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Construccion\\_Civil/29.pdf](https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Construccion_Civil/29.pdf)*

En la siguiente Figura 5, se verá reflejada la composición de los escombros dando la conclusión que el concreto segundo mayor aportante a los RCD en el país vecino de Colombia.

**Figura 5**

*Composición del escombros*



*Nota: Guarín, N., Montenegro, L., Walteros, G. & Reyes, S. (2015) Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia. Recuperado de:*

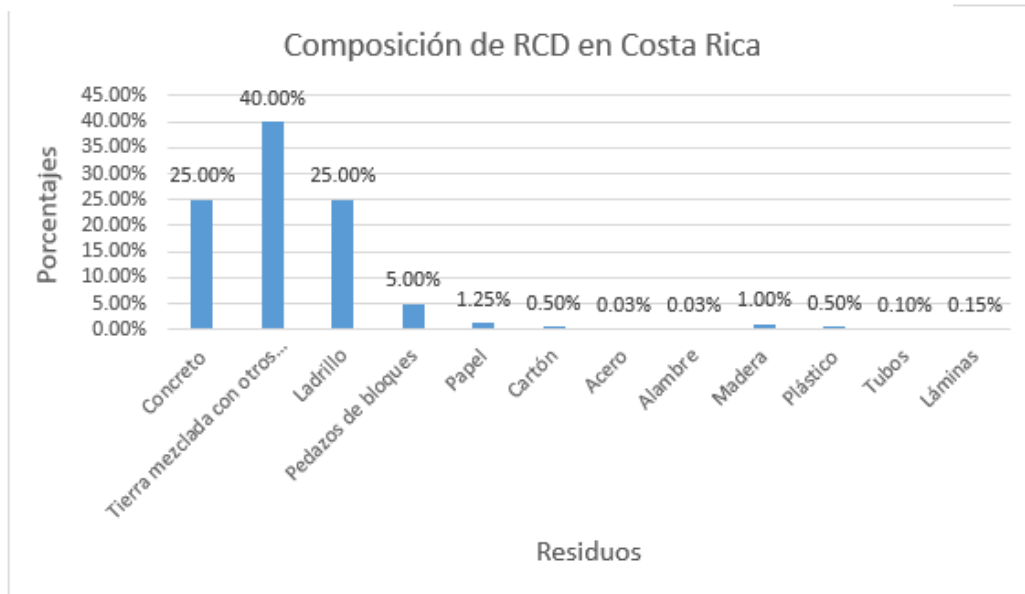
*[https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Construccion\\_Civil/29.pdf](https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Construccion_Civil/29.pdf)*

b) Costa Rica

Según Bazán, I. (2018), menciona que en el país de Costa Rica uno de los RCD que más prevalece en cantidad es el concreto, con un 25% del total de estos residuos (ver Figura 6).

**Figura 6.**

*Composición de RCD en Costa Rica*



*Nota:* Elaboración propia. Adoptada de: *Plan de residuos sólidos*. Por el Programa CYMA, 2007. Recuperado de:

<https://inec.cr/wwwisis/documentos/INEC/Medio%20Ambiente/Gesti%F3n%20Integral%20de%20los%20Residuos%20S%F3lidos/Diagnostico%20residuos%20s%F3lidos%202007.pdf>

Revisando los datos de la Figura 5 y la Figura 6, uno de RCD que tiene una cantidad considerable hacia los vertederos es el concreto.

Debido a ello, es esencial presentar soluciones para el correcto manejo de los residuos C&D, siendo una de ellas el reciclaje de estos residuos para su reutilización en nuevos concretos, para lo cual se necesitan diseños de concreto y estudios que permitan definir el porcentaje máximo de elemento reciclado usado en un diseño de concreto sin repercutir en su resistencia a la compresión.

## **1.2 Formulación operacional del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto, influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?

### ***1.2.2 Problemas específicos***

- a) ¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?
- b) ¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 245 kg/cm<sup>2</sup> influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?
- c) ¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 280 kg/cm<sup>2</sup> influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?

## **1.3 Importancia y justificación del estudio**

### ***1.3.1 Importancia***

La importancia práctica que tiene esta tesis, radica en brindar información útil para los ingenieros civiles y profesionales en la industria de la construcción; debido a que, al obtener una aplicación exitosa en el suplido del uso de agregado fino por agregado de concreto reciclado, esta podrá ser usada en proyectos de construcción, pero para esto se requieren resultados claros de cómo se ve afectada la resistencia a la compresión.

Los datos finales alcanzados como resultado de esta tesis, permitirán a los profesionales ingenieros tomar decisiones con precedentes y diseñar mezclas reemplazando el agregado fino a cambio del agregado de concreto reciclado, fomentando así prácticas más sostenibles y eficientes dentro del sector de la construcción.

### ***1.3.2 Justificación del estudio***

De acuerdo a Tam, V.W.Y., Gao, X., y Tam, C.M. (2019), La sostenibilidad del sector construcción es de las mayores preocupaciones, por lo que pasar del agregado fino al agregado de concreto reciclado puede ayudar a disminuir la cantidad de los remanentes que se generan durante la C&D, además de preservar los recursos naturales.

En otro punto, el cambio del agregado fino con agregado de concreto reciclado tiene implicancias relacionadas al rendimiento estructural del diseño de concreto realizado; por ello, se debe tener en consideración que, para poder evaluar si esta sustitución es viable a largo plazo, se debe estudiar principalmente su resistencia a la compresión, debido a que la misma es una de las características fundamentales para garantizar la durabilidad y la capacidad de carga del concreto.

## **1.4 Delimitación del estudio**

La limitación de este proyecto tiene las siguientes dimensiones:

### ***1.4.1 Espacial***

La investigación y los ensayos de laboratorio son desarrollados en el departamento y provincia de Lima; pero las conclusiones obtenidas son para nivel nacional.

### ***1.4.2 Temporal***

La fase de esta tesis está comprendida dentro del año 2023.

### ***1.4.3 Social***

La delimitación social de esta tesis se encuentra básicamente en la mayor accesibilidad a la construcción de viviendas de material noble; ya que, al utilizar material reciclado en la realización de concreto, este reduciría su precio dando así la posibilidad de que personas con bajos recursos puedan realizar construcciones resistentes y de calidad a precios que se adecúen a su capacidad económica.

La investigación también promueve la sostenibilidad y la disminución de los RCD fomentando la concientización sobre la importancia en el uso y manejo de los materiales reciclados, además de la reducción en la extracción de nuevos recursos naturales

### ***1.4.4 Conceptual***

En esta investigación, se detalla el estudio realizado de la añadidura de agregados de concreto reciclado en nuevos concretos para hallar su resistencia a la compresión; de tal como que, se logre determinar un índice porcentual de reemplazo de sus agregados por material reciclado sin dañar su resistencia a la compresión de diseño.

## **1.5 Objetivo de la investigación**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto, a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.

### ***1.5.2 Objetivos específicos***

a) Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.

- b) Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 245 kg/cm<sup>2</sup> a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.
- c) Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 280 kg/cm<sup>2</sup> a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico

Uno de los tantos hitos históricos del concreto, se dio a cabo en Roma que datan del 75 A.C. Este se mezclaba con agregados áridos y un cemento llamado Puzolana, que estaba hecha a base de cenizas volcánicas y cal viva. Lamentablemente, tras la caída del imperio romano se perdió la costumbre de realizar construcciones con concreto y desde entonces, hasta el siglo XVIII, el uso de los conglomerados para la construcción, en su gran mayoría, fueron los yesos y las cales hidráulicas. En el año 1824, Josep Aspdin, patenta un material pulverulento llamado Cemento Portland, que al ser mezclado con agua y arena se endurecía. Este cemento estaba constituido por una caliza hidráulica empleando cocción a bajas temperaturas. Actualmente este producto es usado para la elaboración de concreto para pequeñas y grandes obras. (Del Cueto, B., 2016, p.1).

Después de la creación del cemento Portland, han transcurrido alrededor de 200 años, donde se elaboraron millones de construcciones en edificaciones e infraestructura diseñadas con concreto donde está incluido este cemento, y que, al transcurrir los años y el progreso de la tecnología, fueron demolidas para una renovación, reconstrucción o construcción de nuevas obras, trayendo consigo millones de toneladas en residuos y desperdicios.

Según la definición del ámbito de construcción, "residuos de construcción y demolición" (RCD) incluye a todo lo que tiene relación con las actividades de modificación, restauración, renovación, destrucción y cuales quieran ser los tipos de cambio o mejora que sufra cualquier construcción. (Díaz, L. 2018, p.18)

Las obras de edificaciones y de infraestructura han ido en aumento por la demanda que se exige en nuestros tiempos, esto conlleva a que los RCD aumenten naturalmente y que a raíz de esto no se tenga una buena gestión ni planificación, sufriendo así un depósito incontrolado en los vertederos y que muchas veces al alcanzar su máxima capacidad se llegan a crear vertederos ilegales, y la consecuencias de estos es que el entorno sea afectado de manera negativa y que además se desaprovechen materiales que son potencialmente reutilizables teniendo así un gran valor. (Muñoz, S., Díaz, D., Gamarra, E. & Chaname, J., 2021, p.111).

Según Bojacá, N. (2013, p. 38) se menciona que, el autor Koji Sakai, un investigador de la Universidad de Kagawa de Japón, comentó a la revista Obras que, el concreto se encuentra en el segundo lugar de los productos que son más requeridos y utilizados a nivel global, seguido por el agua. Entonces, dentro del alto volumen de los RCD que son desechados, el concreto es el que tiene el mayor valor entre todos en el reciclaje. Es por ello que se debe seguir incentivando el reciclaje del concreto teniendo como fin preservar el medio ambiente, reducir la cantidad de vertederos, preservar o disminuir la explotación de las canteras

En nuestro país, existen reglamentos o normas que incentivan el reciclaje de concreto, como el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA, menciona dentro de sus objetivos: Reducir el número de remanentes de construcción y demolición que se debe al final; fomentar, promover y regular la inversión privada en RCD en cada fase; ofrecer directrices para el tratamiento de los residuos producidos en el supuesto de catástrofe natural u otra emergencia; salvaguardar la salud pública y progresar en el crecimiento sostenible de la nación. En el artículo 28 llamado “Reciclaje de concreto de demolición”, del capítulo V titulado “Reaprovechamiento y comercialización de residuos sólidos de la construcción y demolición”, del decreto supremo mencionado anteriormente, describe que el concreto de demolición para el reúso tiene la capacidad de ser extraído mediante bloques de concreto y/o mediante el fresado, reduciéndose en partículas pequeñas que no contengan residuos peligrosos (ver Tabla 2) como se indica en el reglamento. Estos materiales reciclados se pueden utilizar como agregados para su utilización en nuevas mezclas de concretos, como relleno en elementos no portantes, incluyendo a todos los que cumplan las normas nacionales.



**Tabla 2***Residuos sólidos peligrosos de la construcción y demolición*

Residuos	Elementos peligrosos posiblemente presentes	Peligrosidad
Restos de madera tratada	Arsénicos, plomo, formaldehído, pentaclorofenol	Tóxicos, inflamables
Envase removedora de pintura	Cloruro de metileno Tricloroetileno	Inflamables, irritantes
Envase de removedores de grasas, adhesivos, líquidos para remover pintura	Tricloroetileno	Inflamables y tóxico
Envases de pinturas, pesticidas, contrachapados de madera, colas, lacas	Formaldehído	Tóxico, corrosivo
Restos de tubos florescentes, transformadores, condensadores, etc.	Mercurio, bifelines policlorados (BPC's)	Tóxicos
Restos de PVC(Solo luego de ser sometidas a temperaturas mayores a 40°C)	Aditivos: Estabilizantes, colorantes, plastificantes	Inflamable, tóxico
Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisiones de abesto.	Asbesto o amianto	Tóxico (Cancerígeno)
Envase de pintura y solventes	Beceno	Inflamable
Envases de preservantes de madera	Formaldehído, pentaclorofenol	Tóxicos, inflamables
Envases de pinturas	Pigmentos: Cadmio, plomo	Tóxicos
Restos de cerámicos, baterías	Níquel	Tóxicos
Filtros de aceite, envases de lubricantes	Hidrocarburos	Inflamable, tóxico

*Nota: Elaboración propia. Adoptada de: Diario Oficial El Peruano. Recuperado de: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-para-la-gestion-y-manejo-de-los-residuos-decreto-supremo-n-003-2013-vivienda-899557-2/>*

## 2.2 Investigaciones relacionadas con el Tema

### 2.2.1 Investigaciones nacionales

**Bazalar, L., Cadenillas, M.** (2019), con el fin de crear un diseño de concreto que tenga como objetivo utilizar menos agregado natural y evitar la destrucción excesiva de las canteras para obtenerlo, se llevó a cabo una comparativa y evaluación del desarrollo del concreto en función a las proporciones del agregado grueso natural (AN) reemplazado por agregado de concreto reciclado (ACR).

El análisis del desarrollo del concreto, se realizó evaluando la durabilidad y las propiedades mecánicas de las variedades de mezclas ejecutadas, realizando una sustitución en cuatro valores porcentuales; 25%, 30%, 40%, y 50%, con la finalidad de hallar el porcentaje óptimo del agregado de concreto reciclado, procurando, además, establecerlo dentro de los parámetros de las normas.

La mezcla en la que el agregado de cantera fue reemplazado en un 40% por el ACR, superaba el 2,91% del concreto estándar. Esta mostró las mejores resistencias a la compresión de los cuatro valores porcentuales.

**Marín, J.** (2019), comparó la compresión del concreto con agregados gruesos del concreto reciclado en suplido del agregado grueso de cantera en tres porcentajes de sustitución diferentes: Se crearon 72 probetas y todas ellas se sometieron, en los días 7, 14 y 28, a un ensayo de compresión axial, después de haber sido diseñadas utilizando la técnica ACI 211 y los requisitos NTP 400.037/ASTM C33 para áridos y mezclas, respectivamente. Debido a que, en los ensayos de compresión, que fueron trabajados a través de probetas de 28 días de existencia, se recolectaron datos finales de resistencia promedio igual a 266,74 kg/cm<sup>2</sup>. Gracias a ello, se concluye que la resistencia a la compresión tiende a sufrir disminución al realizar uso de agregados reciclados en las mezclas. Al realizar una sustitución del 5%, su resistencia luego de 28 días de realizado el vaciado, brindó un resultado de 244,82 kg/cm<sup>2</sup>, siendo esta la máxima resistencia obtenida en los diseños con sustitución.

**Vega, N.** (2019), realizó una investigación sobre la influencia del agregado grueso de concreto reciclado a una nueva mezcla de concreto y realizar una comparativa con un concreto estándar en tres diferentes  $f'c$ , las cuales son: 210 kg/cm<sup>2</sup>, 280 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup>.

Para los tres casos tomados en cuenta en su investigación, se llevó a la práctica, el cambio de agregado grueso natural, usando dos probetas para cada resistencia, por el agregado grueso de concreto reciclado.

Realizada la prueba de compresión para cada una, se obtuvo el siguiente resultado: Para el concreto con resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, usando el agregado grueso de concreto reciclado, logró llegar a la resistencia a la compresión de 257 kg/cm<sup>2</sup>; para la resistencia de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, lográndose un resultado de 299 kg/cm<sup>2</sup>; y para la resistencia de  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>, se logró un resultado de 368 kg/cm<sup>2</sup>.

Después de alcanzar estos resultados, se logró concluir que la resistencia a la compresión, se observa influida de manera positiva al realizar el reemplazo de agregados.

**Sánchez, W. (2019)**, llevó a cabo un análisis relacionado al impacto del agregado grueso de concreto reciclado, como sustituto a la reintroducción de materiales de desecho en el ciclo de fabricación.

Se trabajó un diseño de concreto que contiene agregados gruesos naturales, así como agregados gruesos de concreto reciclado, en los siguientes porcentajes: 5%, 15% y 25%, estos fueron comparados con el diseño de mezcla únicamente realizado con agregados naturales. Para realizar estos ensayos, se tomó en cuenta un diseño con resistencia a la compresión de 175 kg/cm<sup>2</sup>.

Habiendo alcanzado los datos finales, se llegó a la resolución de que, el concreto que cuenta con un 5% de agregado grueso reciclado, es el que superó al diseño patrón, pues se obtuvo un resultado de 178.78kg/cm<sup>2</sup>. Por lo contrario, el diseño patrón alcanzó un f'c de 175.5 kg/cm<sup>2</sup>. Referente al resto de los porcentajes, los de 15% y 25% llegaron a obtener un f'c de 163.76 kg/cm<sup>2</sup> y 145.78 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, entendiéndose así que no llegaron a superar al concreto con agregados naturales.

**Urbina, E. (2019)**, realizó una investigación sobre la influencia, solamente, del agregado fino reciclados procedentes de la empresa Ciclos Productos Áridos Reciclados. Efectuó primero, un concreto patrón con un f'c de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo gracias a una prueba de laboratorio, una resistencia a la compresión de 300.23 kg/cm<sup>2</sup>. Posteriormente se realizó un diseño con los siguientes porcentajes de sustitución: 15%, 25%, 35% y 50%, consiguiendo así el resultado de las resistencias de 370.30 kg/cm<sup>2</sup>, 328.50 kg/cm<sup>2</sup>, 332.50 kg/cm<sup>2</sup> y 341.77 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientemente.

Finalizando dichos ensayos, se llegó a la resolución que, utilizando agregados finos reciclados de dicha empresa mejora la resistencia en cada uno de los porcentajes sustituidos.

### **2.2.2 Investigaciones internacionales**

**Galarza, G. (2022)**, realizó un estudio para comparar los efectos del agregado grueso reciclado con un índice porcentual de agregado grueso procedente de canteras en un diseño de concreto. Creó un diseño basado en las normas seguidas en su Ecuador natal. Para realizar la prueba, primero creó un concreto estándar que cuenta con una resistencia a la compresión de 268 kg/cm<sup>2</sup>. Partiendo de este diseño, se sustituyó el 30% y el 40% del agregado grueso natural a cambio del agregado grueso reciclado, para alcanzar unos valores f'c de 234 kg/cm<sup>2</sup> y 218 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Finalmente, concluyó que, al reemplazar estos agregados reciclados, la resistencia es menor que el diseño de concreto patrón.

**Remolina, J.** (2018), investigó sobre la contribución del agregado grueso reciclado en un concreto tradicional, siguiendo las normas requeridas en su país, Colombia. Para esta investigación se llevó a cabo dos porcentajes para sustituir el agregado grueso natural, las cuales son del 50% y 100%. Para el concreto tradicional se alcanzó un  $f'c$  de 31.465 Mpa ( $320.85 \text{ kg/cm}^2$ ), para el 50% de sustitución se alcanzó un  $f'c$  de 28.23 Mpa ( $287.86 \text{ kg/cm}^2$ ) y para 100% de sustitución se obtuvo un  $f'c$  de 22.53 Mpa ( $229.74 \text{ kg/cm}^2$ ).

Posterior a este proceso, se alcanzó definir que la resistencia a la compresión del diseño convencional no aumentaba en proporción al uso de agregado grueso reciclado en una sustitución entre el 50% y el 100% del agregado grueso natural.

**Bermúdez, R.** (2021), realizó una investigación comparando los agregados gruesos reciclados con los agregados gruesos de canto rodado. Elaboró los diseños del RCD al 100%, 75%, 50% y 25%; % RCD y 75% (RCD=Residuo de Construcción y Demolición,). En primer lugar, realizó un patrón de diseño obteniendo un  $f'c$  de 5416 psi ( $380.78 \text{ kg/cm}^2$ ).

Se concluyó que todos los diseños, con una sustitución del 25, 50, 75 y 100%, no llegaron a superar la resistencia del concreto tradicional, pues se tuvo como resultado 4604psi ( $323.69 \text{ kg/cm}^2$ ), 4601.6psi ( $323.52 \text{ kg/cm}^2$ ), 4588psi ( $322.56 \text{ kg/cm}^2$ ) y 4596 psi ( $323.13 \text{ kg/cm}^2$ ) respectivamente.

**Moreno, L., Ospina, M. & Rodríguez, K.** (2018), comparó el 0% y el 100% de sustitución mientras realizaba un experimento sobre la resistencia del concreto, en el que hizo uso de reciclado de bloques de arcilla triturada como agregado.

Finalmente, al conocer los datos, la verificación fue que, la resistencia a la compresión disminuyó en 8,3 Mpa ( $84,65 \text{ kg/cm}^2$ ) cuando se utilizaron reciclado de bloques de arcilla como intercambio del agregado grueso; dado que, teniendo a consideración la normatividad colombiana, esta resistencia no puede ser inferior a 17 Mpa ( $173,35 \text{ kg/cm}^2$ ).

**Fonseca, E.** (2018), realizó una investigación preparando un concreto patrón con una resistencia a la compresión de  $280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando piezas prefabricadas de concreto provenientes de la ciudad de Bogotá, D.C., como cambio del agregado grueso de cantera

por agregado grueso reciclado. El agregado grueso reciclado fue utilizado en cuatro índices porcentuales diferentes; 25%, 50%, 75% y 100%, como suplido del agregado grueso de cantera para las pruebas de laboratorio

Los resultados finales llegaron a demostrar que los índices porcentuales de concreto, que superaban la resistencia a la compresión del concreto normal, era del 100%, con un valor  $f_c$  de 331,37 kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.3 Estructura Teórica y Científica que sustenta el Estudio**

### **2.3.1 *La variable independiente: Concreto reciclado como agregado fino***

El concreto reciclado que se usa como agregado fino, se refiere al reemplazo del agregado fino de cantera en lugar del agregado fino reciclado.

Según Neville, A. & Brooks, J. (2010), el agregado de cantera es un material granular que se extrae de zonas naturales como ríos, cauces o canteras, se utiliza ampliamente en la construcción; uno de sus principales usos en la industria es para la creación de concreto. Se distingue de los agregados sintéticos o manufacturados; ya que estos se crean mediante la trituración y el cribado de materias primas como rocas, piedras o escombros.

El peso de agregado de cantera hace mención a la masa del agregado de cantera que es utilizada para la mezcla de concreto; este es incorporado a la mezcla con medidas de volumen, pero en el caso de ser reemplazado en función a su peso, por motivos didácticos, se realizan los cálculos con su peso específico para que el volumen a adicionar en el diseño sea convertido a peso con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{W}{\gamma}$$

Donde:

V = Volumen del agregado (m<sup>3</sup>)

W= Peso del agregado (kg)

$\gamma$ = Peso específico (kg/m<sup>3</sup>)

Según Okafor, F. (2010). en el artículo titulado Residuo de concreto como fuente de agregado para concreto nuevo, el concreto procedente de edificios demolidos o residuos de la construcción es triturado y clasificado granulométricamente para producir agregado

de concreto reciclado, siendo un producto trabajado en el sector construcción. Mediante este procedimiento se pueden recuperar materiales pétreos del hormigón, que luego pueden utilizarse como agregado para crear nuevos componentes de hormigón.

Según Muñoz, S., Díaz, D., Gamarra, E. & Chaname, J. (2021). La sustitución de agregado fino es el reemplazo parcial o total del agregado fino convencional de concreto, por otro material alternativo como el RCD. (p.109).

La norma ASTM C33, la cual indica las especificaciones estándar para los agregados de concreto, especifica que el análisis de tamizado del agregado fino realizado en concordancia a la NTP 400.012, debe estar dentro de los parámetros en porcentaje de masa que pasa en cada tamiz, que es señalado en la Tabla 3.

**Tabla 3. Límite de gradación**

Tamiz (Especificación E 11)	Porcentaje Pasando (%)
9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ in)	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 $\mu$ m (No. 30)	25 a 60
300 $\mu$ m (No. 50)	5 a 30
150 $\mu$ m (No. 100)	0 a 10

*Nota: ASTM C 33 – 03 Especificación estándar para agregados finos para concreto. (p. 8)*

Se toma en consideración al agregado fino convencional aquel agregado extraído de una cantera artificial o natural (ver Figura 7). Este agregado, de acuerdo a la norma E.060 (2019), es extraída de la desintegración natural o artificial que pasa el tamiz 3/8” y debe tener sus partículas libres de escombros, con preferencia de perfil angular, duras, compactas y resistente. Requiere encontrarse desprovista de cualquier material peligroso, incluidos restos orgánicos y partículas escamosas y/o tóxicas

## Figura 7

*Agregado fino*



*Nota:* FS Group Investment & Consorcios. Recuperado de: <https://fsconsorcios.com/index.php/construccion/>

### ***2.3.2 La variable dependiente: Resistencia a la compresión***

Según Bolívar, G. (2018) es la capacidad del concreto para soportar una carga axial en un área correspondiente. Esta resistencia es denominada con un  $F'c$  (p.7). La unidad comúnmente usada es el  $kg/cm^2$ , quiere decir la cantidad soportada en kilogramos en un área de 1 centímetro cuadrado.

#### **2.3.2.1 Concreto $f'c = 210 kg/cm^2$**

El concreto  $210 kg/cm^2$  hace referencia a una especificación de resistencia particular del concreto, utilizada en el sector construcción. Dentro de este contexto, el número '210' representa la resistencia a la compresión en unidades de presión, generalmente en MPa (Megapascal). Por lo tanto, el concreto 210 tiene una resistencia característica a la compresión de 210 MPa (Neville, A. & Brooks, J. Properties of Concrete. Pearson Education Limited).

##### a) Fuerza axial

Según McCormac, J.C., & Brown, R.H. (2014), es carga que actúa en línea recta a lo largo del eje central de un elemento estructural se denomina fuerza axial, a menudo conocida como carga axial o carga concentrada. Esta fuerza puede ser de compresión o de tracción, tendiendo la compresión a acortar el elemento y la tracción a prolongarlo.

Dado que tiene un impacto considerable en la capacidad de carga, la estabilidad y la integridad estructural de una estructura, la fuerza axial es una de las fuerzas esenciales que deben tenerse en cuenta durante el diseño y el análisis de una estructura.

b) Relación agua/cemento

Naville, A. & Brooks, J. (2010), en su libro *Tecnología de Concreto*, señala que la relación agua/cemento, es la proporción que relaciona en peso la porción utilizada de agua y cemento que conlleva una mezcla de concreto. Esta da un relevante cambio a las cualidades del concreto, incluyendo su resistencia, durabilidad y trabajabilidad.

Es crucial que esta relación elegida para un diseño de mezcla, con una resistencia determinada, satisfaga las necesidades de durabilidad. Antes de comenzar el diseño estructural, también debe determinarse esta relación agua/cemento para la durabilidad, ya que, si es inferior a la necesaria por consideraciones estructurales, puede utilizarse una mayor resistencia de concreto en los cálculos de diseño.

**2.3.2.2 Concreto  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$**

El concreto de  $245 \text{ kg/cm}^2$  se refiere a la especificación de resistencia característica del concreto. En este ámbito sobre la industria de la construcción, el número 245 indica la resistencia a la compresión de diseño, cuyo número es expresado en unidades de presión, generalmente en mega pascales o en  $\text{kg/cm}^2$ .

a) Fuerza axial

Según Salmon, C.G., Johnson, J.E., & Malhas, F.A. (2008), es la carga que actúa a lo largo del eje longitudinal de un elemento estructural, como una columna o una viga, se denomina fuerza axial. Dependiendo de si tiende a alargar o acortar el elemento, esta fuerza puede ser de compresión. Dado que puede afectar considerablemente a la estabilidad, capacidad de carga e integridad estructural del elemento, la consideración adecuada de la fuerza axial es crucial en el diseño y estudio de estructuras.

b) Relación agua/cemento

Según Neuwald D. (2010), en su artículo “Water-Cement Ratio and Aggregate Moisture Corrections” publicado en la revista “Concrete International”, la proporción utilizada de agua/cemento es un parámetro clave en el diseño de mezclas de concreto. Controlar cuidadosamente esta relación es esencial, ya que permite lograr la resistencia deseada y su durabilidad. Una proporción agua/cemento con resultados bajos puede reducir la



porosidad y aumentar la resistencia, mientras que una relación alta, puede aumentar la permeabilidad y disminuir la resistencia.

Para el diseño de concreto según la clase de exposición, la norma E.060 brinda parámetros máximos para la relación de agua/cementos indicados en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Parámetros máximos para la relación de agua/cementos*

CATEGORÍAS	CLASE DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN a/c MÁXIMA
Congelamiento y deshielo	F0	N/A
	F1	0.50
	F2	0.45
	F3	0.40
Sulfatos	S0	N/A
	S1	0.50
	S2	0.45
	S3	0.40 ó 0.45 (Si lleva o no minerales adicionados)
En contacto con agua	W0	N/A
	W1	N/A
	W2	0.50
Protección del refuerzo contra la corrosión	C0	N/A
	C1	N/A
	C2	0.40

*Nota:* Elaboración Propia.

### 2.3.2.3 Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

El concreto  $280 \text{ kg/cm}^2$  expresa una especificación de resistencia que caracteriza al concreto. En la construcción, el número '280' representa la resistencia a la compresión en unidades de presión; esto quiere decir, que indica la fuerza resistida en un área determinada, generalmente en MPa (Megapascal) o  $\text{kg/cm}^2$ . Por lo tanto, el concreto  $280$  tiene una resistencia a la compresión de  $280 \text{ MPa}$  o  $\text{kg/cm}^2$ .

a) Fuerza axial

Según Chen, W.F., & Lui, E.M. (1987), la fuerza axial es la carga que actúa contra el eje longitudinal de un elemento estructural, provocando la compresión o el estiramiento del material. La fuerza de compresión se produce cuando la fuerza axial actúa dentro del elemento; la fuerza de tracción se produce cuando la fuerza actúa fuera del elemento. Debido a su potencial para afectar a la estabilidad y resistencia de un elemento, la fuerza axial es una consideración crucial en el diseño y estudio de estructuras.

b) Relación agua/cemento

Esta relación, se define como la proporción que enlaza el pesaje del agua y del cemento de manera correspondiente, que son sumados a la mezcla de concreto.

Según el American Concrete Institute (2002), el peso del agua se refiere a la masa de la misma, que es utilizada en proporción a la masa del cemento en una mezcla de concreto. La proporción agua/cemento es un indicador sustancial en el diseño de mezcla; la cual generalmente relaciona ambos elementos en función a su peso.

Este indicador es crucial en el diseño; ya que, al tener mayor peso de agua en función al peso del cemento, esta relación aumenta pudiendo causar así afectaciones negativas al concreto, dañando así su resistencia de diseño, disminuyendo su durabilidad y creando una mezcla con mayor porosidad y menor cohesión.

Según el American Concrete Institute (2002), el peso del cemento se refiere a su masa utilizada en relación con la medida de agua que es usada en la mezcla de concreto.

Este indicador se considera crucial en el diseño de concreto; ya que, al tener mayor peso de cemento en función al peso de agua, la proporción agua/cemento disminuye obteniendo así un concreto más denso y resistente, disminuyendo su porosidad y aumentando su tiempo de vida útil.

### **2.3.3 Herramienta, herramientas informáticas**

#### **2.3.3.1 Norma Técnica Peruana (NTP)**

a) NTP 400.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

La gradación de los materiales que son trabajados como agregados, o de los que se propone utilizar como tales, se determina utilizando esta norma técnica. Los resultados se utilizarán para evaluar si la distribución granulométrica cumple los criterios técnicos o la especificación técnica de la tarea, y para brindar la información que se usará con la

finalidad de controlar la producción de agregados. Adicional a ello, estas cifras se pueden utilizar para la correlación del esponjamiento y embalaje. (NTP 400.012, 2001, p.2)

Con la ayuda de esta norma se reportarán los siguientes ítems:

- % total que pasa cada tamiz
- % total que retiene cada tamiz.
- % que es retenido entre tamices consecutivos.
- Módulo de fineza.

b) NTP 400.017: Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Este método de ensayo se utiliza con frecuencia para determinar los valores de densidad de masa necesarios para su uso en numerosos métodos de selección de proporciones para mezclas de hormigón. (NTP 400.017, 2011, p.3)

Con la ayuda de esta norma se reportarán los siguientes ítems:

- Resultado de densidad de masa
- Densidad de masa compactada
- Densidad de masa suelta

c) NTP 400.018 Agregados. Métodos de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{g}$  (N° 200) por lavado en agregados.

En cuanto al material que pasa por el tamiz estándar N°200, esta Norma Técnica Peruana se utiliza para evaluar la idoneidad de los agregados finos en respuesta a las exigencias de la NTP 400.037, detalladas en la Tabla 5. (NTP 400.018, 2002, p.2)

**Tabla 5**

*Granulometría del agregado fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 $\mu\text{m}$ (No. 30)	25 a 60
300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	05 a 30
150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	0 a 10

*Nota: NTP 400.037. Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. (p.8).*

Con la ayuda de la norma, permite reportar el índice porcentual de material más fino que pasa el tamiz normalizado 75  $\mu$ g.

d) NTP 400.021 Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica típicamente utilizada para calcular el volumen ocupado por el agregado en diversas mezclas que contienen agregados. Estas mezclas pueden incluir concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que se dosifican o analizan sobre la base de un volumen absoluto. (NTP 400.021, 2013, p.4).

Cuando el agregado está húmedo, o cuando se ha alcanzado su capacidad de absorción, se utiliza la densidad de gravedad específica (SSD). Por el contrario, cuando el agregado está seco o se cree que lo está, se utiliza la densidad o gravedad específica (OD) para los cálculos. (NTP 400.021, 2013, p.4).

Se calcula la absorción para el cambio en la masa de un agregado causado por el agua absorbida en los espacios porosos dentro de las partículas constituidas. (NTP 400.021, 2013, p.4).

Con la ayuda de esta norma se reportarán los siguientes ítems:

- Peso específico de la masa
- Peso específico de la masa saturada superficialmente seca
- Peso específico aparente
- % de absorción

e) NTP 339.185. Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Esta técnica de ensayo es lo suficientemente precisa para las aplicaciones típicas. Se utiliza cuando es necesario corregir las proporciones de las tandas de los ingredientes para la producción de concreto. El contenido de humedad de la muestra de ensayo es típicamente medido con mayor precisión por el método que la representación de la muestra de toda la fuente de agregado. El ensayo debe realizarse en un horno ventilado con temperatura controlada en situaciones en que el agregado se modifica térmicamente o cuando se necesitan mediciones más precisas. (NTP 339.158, 2013, p.3).

Se necesitará más tiempo de secado para que la humedad fluya desde el interior hacia la superficie de las partículas de agregado grueso de mayor tamaño, especialmente las mayores de 50 mm (2 pulgadas). Al secar partículas de mayor tamaño, el usuario de este

enfoque deberá evaluar empíricamente si las tecnologías de secado rápido ofrecen suficiente precisión para el fin deseado. (NTP 339.158, 2013, p.3).

Con la ayuda de esta norma se reportarán los siguientes ítems:

- Peso de la muestra húmeda
- Peso de la muestra seca
- Contenido de agua

### **2.3.3.2 Equipos de laboratorio**

a) NTP 400.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

- Balanza: En relación al tipo del agregado a ensayar, se debe considerar dos precisiones y dos aproximaciones en la balanza. Si la masa usada en la muestra es agregado grueso o agregado global, su precisión y su aproximación deben ser de 0,5 g o 0,1% de la masa de la misma; lo que sea mayor dentro del intervalo de la muestra. Si se trata de agregados finos, la precisión y aproximación debe ser de 0,1 g o 0,1% de la masa de la muestra, lo que sea mayor, dentro del intervalo de la muestra. (NTP 400.012, 2001, p.3).

- Tamices: Los tamices deben instalarse en marcos diseñados para minimizar la disminución de la cantidad de material utilizado durante el tamizado. Los tamices deben cumplir la norma NTP 350.001.

- Agitador mecánico de tamices: Este proporciona al tamiz un movimiento lateral o vertical, que hará que las partículas salten y giren y proporcionará a la superficie del tamiz orientaciones variadas. El procedimiento de tamizado debe llevarse a cabo de forma que cumpla los requisitos para un tamizado adecuado, en un tiempo razonable. (NTP 400.012, 2001, p.3).

- Horno: Uno de proporción adecuada que pueda mantener una temperatura firme de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . (NTP 400.012, 2001, p.4).

b) NTP 400.017: Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

- Balanza: En cualquier punto del intervalo de utilización de la balanza, esta requerirá que tenga una graduación de al menos 0,05 kg y una precisión del 0,1% de la carga de ensayo. Desde la masa del medidor vacío hasta la masa del medidor más su contenido, hasta  $1\ 920\text{ kg/m}^3$ , el rango de uso debe considerarse abarcable.

- Varilla de apisonado: Una varilla de acero lisa, circular, de 16 mm de diámetro, de unos 600 mm de largo y con uno o ambos extremos en forma de semiesferas redondeadas.

- Recipiente: Un recipiente metálico con forma cilíndrica, preferiblemente con asas. Debe ser completamente cerrado, para que no consienta la entrada de aire ni fluidos (hermético), tener bordes superior e inferior firmes y uniformes, medidas interiores exactas y ser lo suficientemente robusto para impedir su deformación incluso en condiciones de uso exigentes. Su altura debe coincidir aproximadamente con el diámetro, pero nunca debe ser inferior al 80% del diámetro ni superior al 150%. Asimismo, la capacidad del recipiente debe coincidir con las restricciones señaladas en la Tabla 7, para la medida del agregado que se someterá a la prueba. El metal utilizado en el recipiente debe tener el grosor especificado en la Tabla 2. El borde superior tiene que ser paralelo a la base y liso, nivelado y con una tolerancia de 0,25 mm (Nota 2). La parte interior del recipiente debe tener una superficie continua y lisa.

c) NTP 400.018 Agregados. Métodos de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{g}$  (N° 200) por lavado en agregados.

- Tamices: Es usado el tamiz normalizado de 1,18 mm (N°16) y el de 75  $\mu\text{g}$  (N° 200). (NTP 400.018, 2002, p.3).

- Recipientes: Un recipiente lo suficientemente grande que tenga la capacidad de tener a la muestra sumergida en agua y permitir una agitación enérgica sin perder la muestra ni el agua. (NTP 400.018, 2002, p.3).

- Balanza: Sensible a 0,1% del peso medido. (NTP 400.018, 2002, p.3).

- Estufa: una estufa suficientemente grande que pueda preservar una temperatura constante de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (NTP 400.018, 2002, p.3).

- Agente humectante: agentes humectantes como los detergentes líquidos para lavavajillas, que son un tipo de agente de dispersión que ayuda a separar los componentes más finos. (NTP 400.018, 2002, p.3).

d) NTP 400.021 Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

- Balanza: Se utiliza para la medición de masa que tenga una precisión de 0,5 g o 0,05% de la carga de la muestra, la que sea mayor, y sea sensible a cualquier punto dentro del intervalo de aplicación del método de ensayo. La balanza debe tener un dispositivo

que permita colgar un recipiente de muestra en agua desde el medio de la plataforma o desde el centro del platillo, según el tipo de balanza. (NTP 400.021, 2013, p.7).

- Recipiente para muestra: Una canasta de alambre de 3,35 mm (n.º 6) o de malla fina con capacidad de 4 a 7 litros, para agregados con un tamaño máximo nominal o inferior a 37,5 mm (1 ½ pulg.) El recipiente tiene que estar elaborado de tal forma que evite la acumulación de aire mientras esté dentro del agua. (NTP 400.021, 2013, p.7).
- Tanque de agua: El recipiente de la muestra se coloca en un recipiente hermético y se suspende debajo de la balanza. (NTP 400.021, 2013, p.7).
- Tamices: Un tamiz de 4.75 mm (Nº 4) u otras medidas según sea necesario, conforme la NTP 350.001. (NTP 400.021, 2013, p.7).
- Estufa: una estufa suficientemente grande que pueda preservar una temperatura permanente de 105 °C ± 5 °C. (NTP 400.021, 2013, p.7).

e) NTP 339.158. Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Para ejecutar el estudio que se requiere de acuerdo a la norma se necesitará los siguientes instrumentos o equipos:

- Balanza: Tener cualquier punto dentro del rango de uso que tenga una sensibilidad del 0,1% del peso de prueba. El indicador de peso debe tener una precisión del 0,1% del intervalo indicado para cualquier rango igual al 10% de la capacidad de la báscula. (NTP 339.158, 2013, p.3).
- Puente de calor: Se puede utilizar distintas fuentes de calor, entre ellas, la más precisa, un horno ventilado que pueda conservar la zona de la muestra a 110°C más o menos 5°C. Si la situación no requiere un seguimiento extremadamente preciso de la temperatura, se podrá utilizar una plancha, cocina eléctrica, entre otros. (NTP 339.158, 2013, p.3).
- Recipiente para la muestra: Un envase resistente al calor que tenga la capacidad suficiente para conservar la muestra sin riesgo de derrame. Debe tener una forma cómoda, de modo que el grosor de la muestra no supere la quinta parte de la medida lateral más pequeña. (NTP 339.158, 2013, p.3).

#### **2.4 Definición de términos básicos**

a) Agregado fino: Según NTP 400.011, es el agregado que se ha desintegrado de manera natural o artificial y ha pasado por un tamiz de 9,5 mm (3/8"). (P.8)

- b) Agregado grueso: Según NTP 400.011, es el agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (n.º 4) y procedente de la descomposición mecánica o natural de las rocas. (P. 8)
- c) Cantera: Según la Real Academia Española, es el espacio del cual se extrae arcilla, piedra u otros materiales similares para utilizarlos en diversos proyectos.
- d) Concreto reciclado: Concreto compuesto de grava, arena reciclada y gránulos de concreto en cierta medida o en su totalidad. (Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA, 2013).
- e) Concreto: Según NTP 339.047, es una mezcla de agua, agregado fino, agregado grueso, cemento, con o sin aditivos. (P. 7)
- f) Diseño de concreto: Según Grupo Argos (2022), es el proporcionamiento de los materiales que tiene el concreto para lograr una característica mecánica.
- g) Granulometría: Según NTP 339.047, es la distribución de los agregados pasando a través de los tamices, reteniendo ciertas fracciones en cada tamiz y calculando la masa retenida y/o pasa. (P. 12)
- h) Residuos de construcción y demolición (RCD): El Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA (p. 487724) indica que, son los remanentes inertes generados por una construcción o demolición de obras. Como, por ejemplo: Puentes, edificaciones, presas, etc.



## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis general

Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto, se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño de concreto convencional.

### 3.2 Hipótesis específica

- Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>, se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.
- Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 245 kg/cm<sup>2</sup>, se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.
- Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>, se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.

### 3.3 Variables

**3.3.1 V1: Variable independiente: Sustitución de agregado fino**

**3.3.2 V2: Variable dependiente: Resistencia a la compresión**

Teniendo en cuenta las variables indicadas, en la Tabla 6 se observa la operacionalización de estas.

**Tabla 6**

## Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
VI: Concreto reciclado, como agregado fino.	Según Muñoz, S., Díaz, D., Gamarra, E. & Chaname, J. (2021). Menciona que es el reemplazo parcial o total del agregado fino convencional de concreto, por otro material alternativo como el RCD. (p.109)	Es la porción del peso que se retira de agregado fino y se sustituye por el mismo peso de agregado fino de concreto reciclado, el porcentaje se medirá en función a la porción en gramos a sustitución y el total de agregado fino	- Relación agua/cemento - Cantidad de agregado de cantera - Cantidad de agregado de concreto reciclado
VD: Resistencia a la compresión	Según Bolívar, G. (2018) es la facultad del concreto para tolerar una carga axial en un área determinada. (p.7)	Se medirá con ensayos de laboratorio, específicamente la prueba de compresión uniaxial la cual nos brindará la máxima fuerza que el concreto puede resistir antes de que ocurra una falla. Obteniendo como resultado la cantidad de kilogramos máxima por centímetro cuadrado.	-Capacidad de concreto a resistir una fuerza axial

*Nota:* Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

### **4.1 Tipo, método y Diseño de la Investigación**

#### ***4.1.1 Tipo de estudio***

El presente trabajo es de un tipo de estudio aplicada, debido a que esta tesis tiene finalidad de disminuir los RCD por medio de la reutilización del concreto, y que, a su vez busca una mejoría en la resistencia a la compresión mediante estos agregados finos reciclados.

Según Borja, M. (2016, p10), una investigación aplicada a la resolución de problemas también pretende comprender, actuar, crear y alterar una realidad problemática.

#### ***4.1.2 Método de investigación***

Este estudio se basa en un método cuyo carácter es analítico, a razón que se realizó un análisis comparativo entre un concreto convencional y un concreto elaborado con agregados reciclados, llevándose a cabo en un laboratorio donde se estudió el comportamiento axial de cada una de éstas.

El método analítico es una investigación que descompone un todo para examinar la causalidad, la naturaleza y el impacto de estos elementos. Los ejemplos incluyen un organismo específico con sus partes constituyentes individuales, como el sistema nervioso y los órganos, o la sociedad con sus partes constituyentes, como la economía, la religión y la política. (Ramón, R. 2006, p.62)

#### ***4.1.3 Diseño de la investigación***

Esta investigación tiene un diseño, por su propósito, es experimental; debido a que se tiene una perspectiva cuantitativa, debido a que se registraron los datos y se analizó la información controlada en un laboratorio, así se pudo visualizar la conducta del concreto mezclado con agregados reciclados y del concreto mezclado con agregados naturales; de tal manera se determinó los efectos que causados en las características mecánicas por dicha sustitución.

Según Borja, M. (2016, p14), un diseño de tipo experimental es aquel que se verifica las hipótesis mediante la manipulación "deliberada" de las variables. Además, se verifican los efectos provocados en la variable dependiente utilizando distintos niveles de aplicación de la variable independiente.

Según Borja, M. (2016, p11), plantea que el recojo y análisis de datos es una manera confiable de conocer la realidad, lo que permitiría responder las interrogantes del estudio y corroborar las hipótesis. Este tipo de investigación utiliza la medición numérica, el conteo y, a menudo, la estadística para encontrar patrones de comportamiento precisos en una muestra de habitantes.

#### **4.1.3.1 Nivel de la investigación**

El nivel de esta investigación es correlacional. Borja, M. (2016, p13), menciona que una investigación es correlacional cuando se puede determinar el comportamiento de un concepto o variable teniendo en cuenta cómo se comporta una u otras variables relacionadas.

#### **4.2 Población y muestra**

Esta investigación tuvo una población de tipo finita, debido a que se consideró todos los testigos de concreto o también llamados probetas realizadas para la comprobación de la resistencia del concreto diseñado.

En esta tesis se realizaron 180 probetas o testigos, las cuales se dividieron en grupos de 15 dependiendo, de su diseño y el porcentaje de material reciclado. Estas se fueron rompiendo a los 3, 7, 14, 21 y 28 días de curado; respetando la norma E.060 (2019), la cual indica en el inciso 5.1.6 que se toma en deferencia como ensayo de resistencia la media de las resistencias de dos testigos cilíndricos con 15 cm de diámetro por 30 cm de altura o de tres testigos cilíndricos con 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, todas ellas construidas a partir de la misma muestra de concreto y evaluadas a los 28 días o al tiempo especificada.

#### **4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Con el propósito de llevar a cabo la toma de datos, se realizaron ensayos de laboratorio. Usando los datos que se alcanzaron, se realizó un análisis y cuadros comparativos con ayuda de una hoja electrónica de Microsoft Excel.

#### **4.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos**

Teniendo en cuenta dichos datos recolectados de las probetas ensayadas en el laboratorio, se procedió a examinar los resultados, pasando por ensayos previos de los agregados de cantera y el agregado fino mezclado en las medidas requeridas con el agregado de concreto reciclado. El paso posterior a seguir fue trabajar diseños de concreto, para así, finalmente efectuar los estudios de la resistencia a la compresión por cada probeta.

A continuación, se analizó de manera exhaustiva cada diseño de concreto, concluyendo con los diseños que mejoren la calidad del concreto en sus cualidades mecánicas.

Para ello se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los reglamentos o normas nacionales e internacionales.
- Con el apoyo del software Microsoft Excel donde se procesarán los datos concluyentes mediante gráficos y tablas.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Diagnóstico y ubicación del proyecto

La presente investigación estuvo situada en dos ubicaciones distintas.

La primera ubicación fue en la Av. Santa Rosa Parcela P-48, Santa Rosa de Collanac, Cieneguilla, Lima, (Ver Figura 8 y Figura 9) donde se realizó el respectivo recojo de los agregados finos reciclados (ver Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13), elaborados por la compañía con nombre MP RECICLA S.A.C. con N° de RUC 20600289544, Dicha organización ha logrado el desarrollo de un modelo que influye en la posibilidad de que otros usuarios puedan aplicar factores de sostenibilidad y economía circular para proyectos de construcción. Esto, a su vez, permite una mejor administración de remanentes para que puedan abastecer materiales amigables con el medio ambiente que sean de alta calidad y que hayan sido fabricados con agregados reciclados.

#### Figura 8

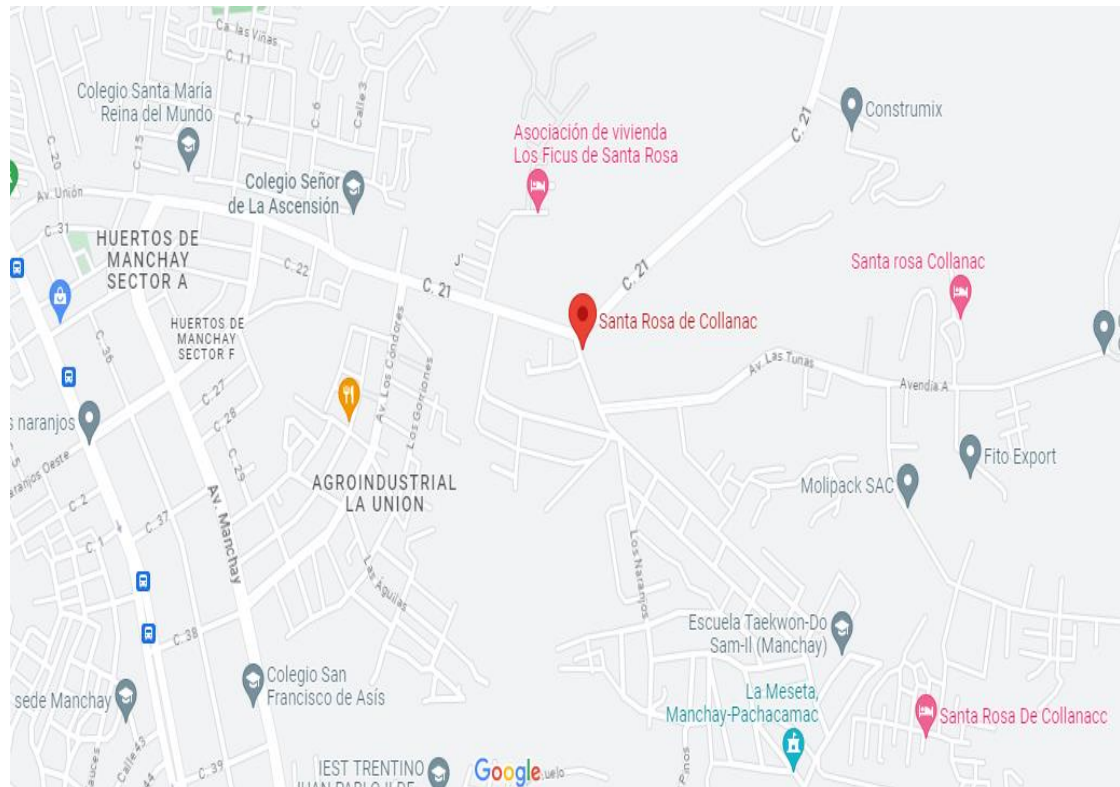
*Ubicación de la empresa MP RECICLA S.A.C.*



*Nota:* Imagen recuperada de Google Maps.

## Figura 9

*Ubicación más detallada de la empresa MP RECICLA S.A.C.*



*Nota:* Imagen recuperada de Google Maps.

### Figura 10

*Recojo de agregado fino reciclado*



*Nota:* Elaboración propia

### Figura 11

*Recojo del agregado fino reciclado*



*Nota:* Elaboración propia.



**Figura 13**

Recojo de agregado fino reciclado



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 12**

Recojo de material fino reciclado



*Nota:* Elaboración propia

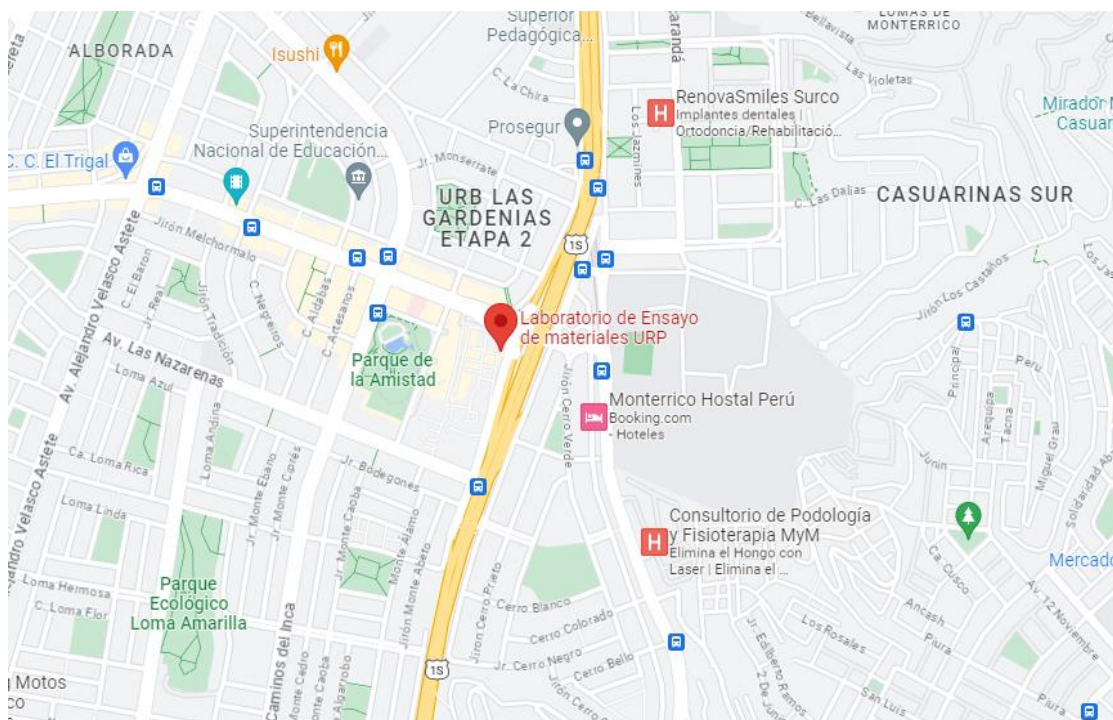
Posterior al recojo, se llevó el material seleccionado al laboratorio perteneciente a la Universidad Ricardo Palma; la cual, fue la segunda ubicación de investigación (ver Figura 14 y Figura 15). Aquí se realizaron los estudios respectivos de:

- Características físicas de los agregados según NTP
- Diseño de mezclas de por método de volúmenes.
- Ensayo de concreto fresco según NTP
- Ensayo de concreto endurecido según NTP

Cada uno de los ensayos mencionados fueron registrado mediante fotografías e informes de los resultados.

### **Figura 14**

*Ubicación del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Ricardo Palma*



*Nota:* Imagen recuperada de Google Maps.

## Figura 15

*Agregado puesto en Laboratorio de Ensayo de Materiales de la URP*



*Nota: Elaboración propia.*

## 5.2 Características físicas del agregado según NTP

### 5.2.1 Análisis granulométrico de los agregados

#### 5.2.1.1 Procedimiento

En una superficie limpia se colocaron los agregados y se mezclaron para homogenizar el material, para realizar el cuarteo y selección del material a estudiar (ver Figura 16, Figura 17 y Figura 18).

## Figura 16

*Cuarteo del agregado fino de cantera*



*Nota: Elaboración propia.*

**Figura 18**

*Cuarteo del agregado fino reciclado*



*Nota:* Elaboración propia

**Figura 17**

*Cuarteo del agregado grueso*



*Nota:* Elaboración propia

Realizado el cuarteo, se mezcló de nuevo cada agregado y se colocó en las taras, para los agregados finos; y en una bandeja, para el agregado grueso, para ingresarlo al horno durante 1 día (24 horas) con una temperatura permanente de  $110 \pm 5$  C. (ver Figura 19).

### Figura 19

#### *Agregados llevados al horno*



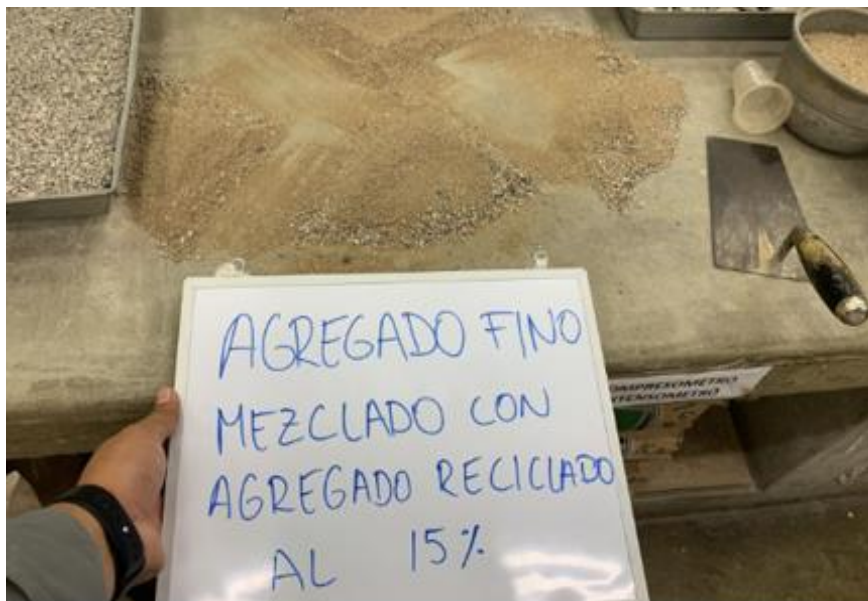
*Nota:* Elaboración propia.

Después del secado al horno, se pesó 500 g. para los agregados finos y 5000 g. para el agregado grueso.

Con la finalidad de estudiar la granulometría del agregado fino de cantera se sustituyó un porcentaje variado con agregado fino reciclado, los cuales fueron 15%, 30% y 45% (ver Figura 20, Figura 21 y Figura 22), se procedió a homogenizar y hacer el cuarteo según el porcentaje correspondiente. Finalmente, se pesó 500 g. en cada uno de los casos, para ser tamizado.

**Figura 20**

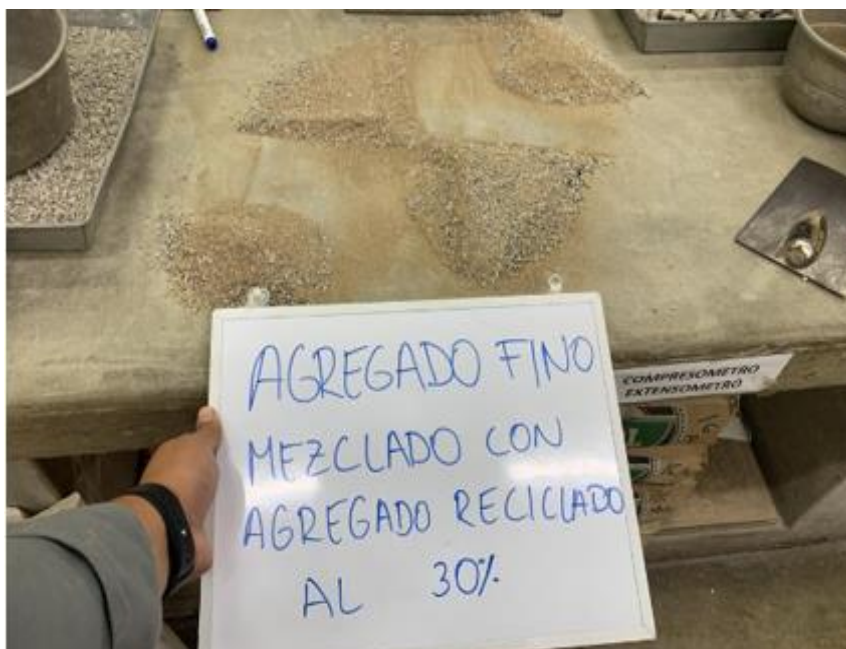
*Cuarteo del agregado fino + 15% agregado fino reciclado*



*Nota: Elaboración propia.*

**Figura 21**

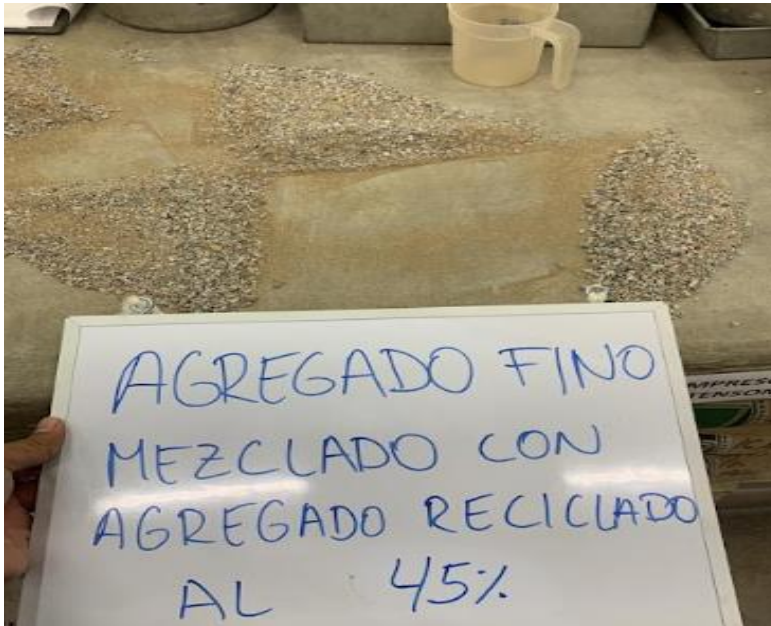
*Cuarteo del agregado fino + 30% agregado fino reciclado*



*Nota: Elaboración propia.*

## Figura 22

*Cuarteo del agregado fino + 45% agregado fino reciclado*



*Nota:* Elaboración propia.

Para los agregados finos, se utilizaron 7 mallas distintas (3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100) más el fondo (ver Figura 23).

## Figura 23

*Instalación del tamizador eléctrico*



*Nota:* Elaboración propia.

Respecto al agregado grueso, se hizo uso de 7 mallas distintas (1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8 y N°4) más el fondo (ver Figura 24).

#### **Figura 24**

*Tamices para el estudio granulométrico del agregado grueso*



*Nota:* Elaboración propia.

El agregado se dejó 2 minutos en el tamizador eléctrico. Posterior a ello, se recolectó la información del pesaje de los agregados retenidos en cada malla; asimismo, se llenaron una serie de datos en la tabla correspondiente a cada agregado, para así, finalmente realizar el cálculo de la curva granulométrica de los agregados individualmente.



### 5.2.1.2 Agregado fino

Los resultados del estudio granulométrico del agregado fino se encuentran mostrados en la Figura 25, Figura 26 y Figura 27

**Figura 25**

*Tabla del análisis granulométrico del agregado fino*

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		FACULTAD DE INGENIERÍA		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO						
TIPO DE AGREGADO	:	ARENA GRUESA		NORMA	:	NTP 400.012
PROCEDENCIA	:	CANTERA TINAJA		FECHA	:	17/08/2023
PESO MUESTRA 1	:	500.00 g				

Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0.00	0	0	100	100	100
N° 4	7.60	2	2	98	95	100
N° 8	31.98	6	8	92	80	100
N° 16	63.80	13	21	79	50	85
N° 30	97.20	19	40	60	25	60
N° 50	157.20	31	72	28	10	30
N° 100	105.24	21	93	7	2	10
Fondo	36.98	7	100	0		
Total	500.00					

*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 26**

*Cálculo del módulo de fineza*

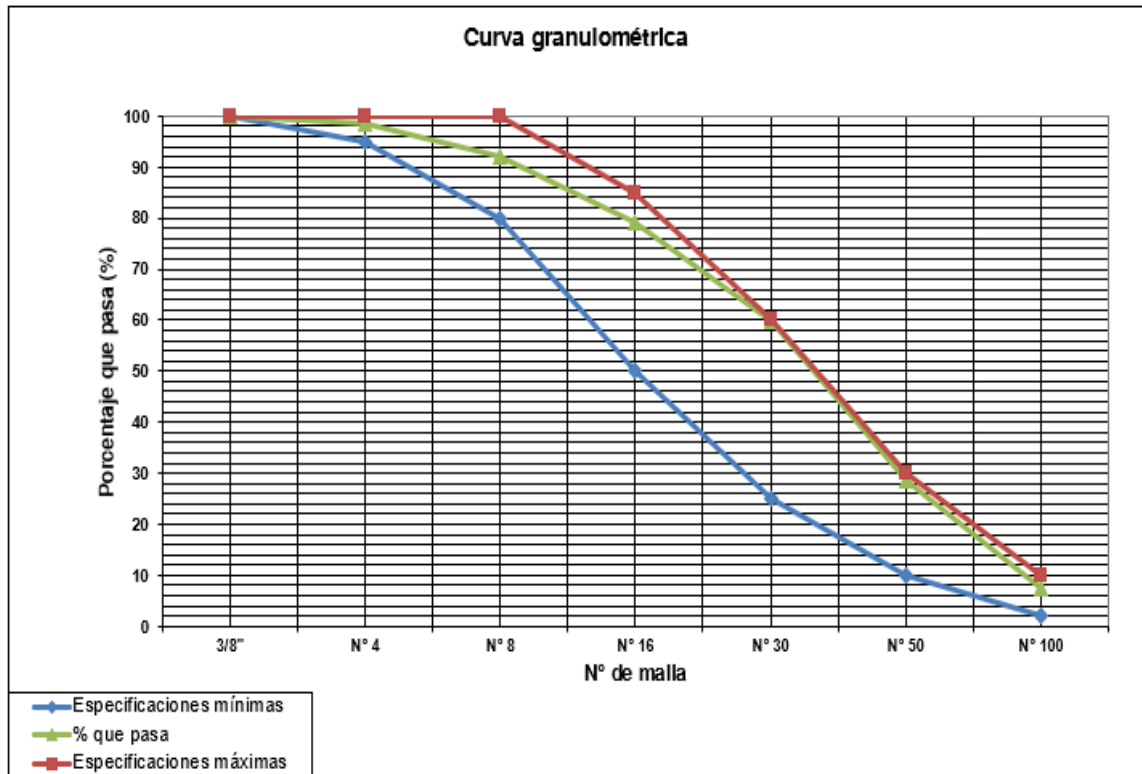
$$mf = \sum \%RET.ACUM \left( \frac{3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100}{100} \right) =$$

**mf= 2.34**

*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 27**

*Curva granulométrica del agregado fino*



*Nota:* Elaboración propia.


Según los datos conseguidos que se muestran de la granulometría del agregado, este encontrándose en las especificaciones definidas por la NTP.

### 5.2.1.3 Agregado fino + 15% agregado reciclado

Los resultados del estudio granulométrico del agregado fino + 15% de agregado reciclado se encuentran mostrados en la Figura 28, Figura 29 y Figura 30.

**Figura 28**

*Tabla del análisis granulométrico del agregado fino +15% agregado reciclado*

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO</b>		
				TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA + 15% AGREGADO RECICLADO	NORMA :
PROCEDENCIA :		CANTERA TINAJA Y MP RECICLA SAC		FECHA :		17/08/2023
PESO MUESTRA 1 :		500.00				
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0.00	0	0	100	100	100
N° 4	11.20	2	2	98	95	100
N° 8	59.60	12	14	86	80	100
N° 16	81.80	16	31	69	50	85
N° 30	72.80	15	45	55	25	60
N° 50	127.30	25	71	29	10	30
N° 100	99.20	20	90	10	2	10
Fondo	48.10	10	100	0		
Total	500.00					

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 29**

*Cálculo del módulo de fineza*

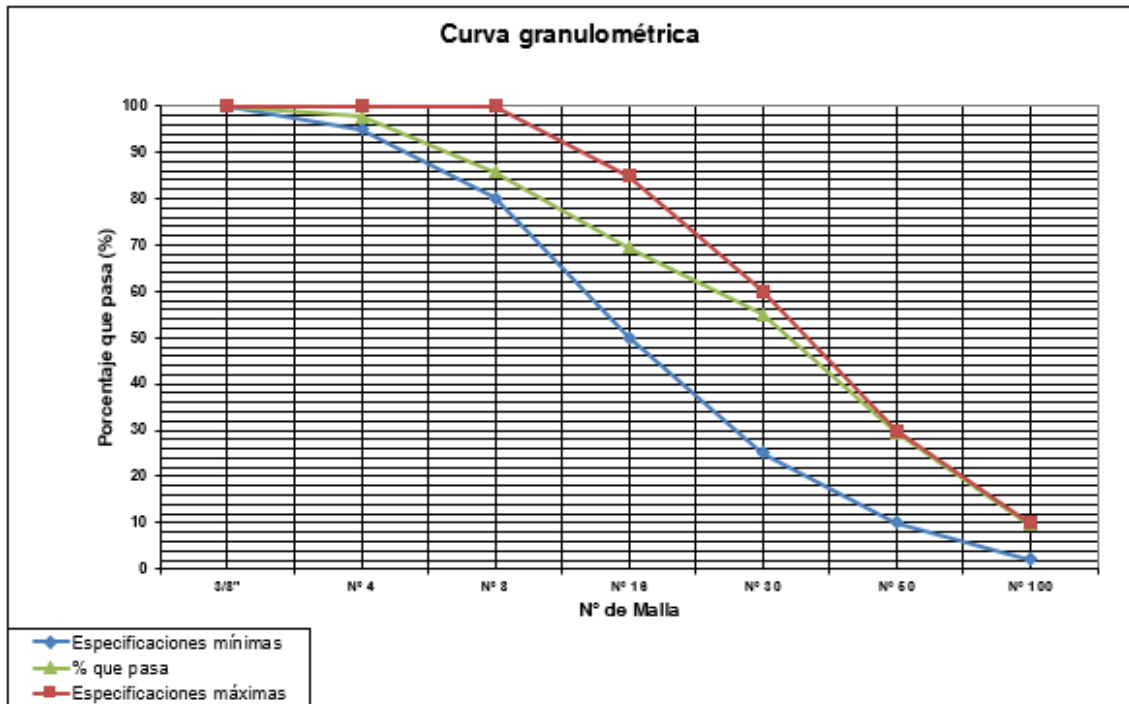
$$mf = \sum \%RET.ACUM \left( \frac{3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100}{100} \right) =$$

**mf= 2.53**

*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 30**

*Curva granulométrica del agregado fino +15% agregado reciclado*



*Nota:* Elaboración propia.

Según los resultados y la curva granulométrica, el agregado fino de cantera + 15% agregado reciclado se encontró en cumplimiento de las especificaciones dadas por la NTP.

### 5.2.1.4 Agregado fino + 30% agregado reciclado

Los resultados del estudio granulométrico del agregado fino + 30% de agregado reciclado se encuentran mostrados en la Figura 31, Figura 32 y Figura 33.

**Figura 31**

*Tabla del análisis granulométrico del agregado fino +30% agregado reciclado*

Malla		Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido o Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
						100	100
3/8"	0.00	0	0	100	100	100	
N° 4	8.30	2	2	98	95	100	
N° 8	83.30	17	18	82	80	100	
N° 16	103.60	21	39	61	50	85	
N° 30	71.30	14	53	47	25	60	
N° 50	95.70	19	72	28	10	30	
N° 100	93.80	19	91	9	2	10	
Fondo	44.00	9	100	0			
Total	500.00						

Nota: Elaboración propia.

**Figura 32**

*Cálculo del módulo de fineza*

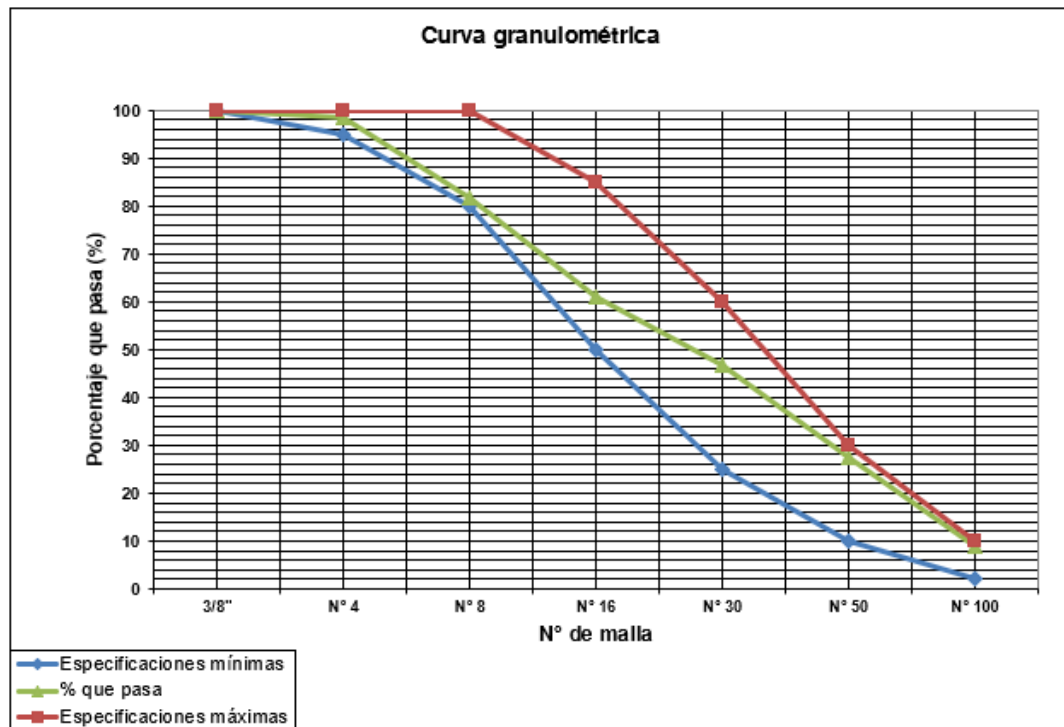
$$mf = \sum \%RET.ACUM \left( \frac{3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100}{100} \right) =$$

**mf= 2.76**

Nota: Elaboración propia.

**Figura 33**

*Curva granulométrica del agregado fino +30% agregado reciclado*



*Nota:* Elaboración propia.

Según los resultados y la curva granulométrica, el agregado fino de cantera + 30% agregado reciclado se encontró en cumplimiento de las especificaciones dadas por la NTP.

### 5.2.1.5 Agregado fino + 45% agregado fino

Los resultados del estudio granulométrico del agregado fino + 15% de agregado reciclado se encuentran mostrados en la Figura 34, Figura 35 y Figura 36.

#### Figura 34

Tabla del análisis granulométrico del agregado fino +45% agregado reciclado

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		FACULTAD DE INGENIERÍA		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO						
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA + 45% AGREGADO RECICLADO		NORMA :	NTP 400.012		
PROCEDENCIA :	CANTERA TINAJA Y MP RECICLA SAC		FECHA :	17/08/2023		
PESO MUESTRA 1 :	500.00					
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0.00	0	0	100	100	100
N° 4	5.30	1	1	99	95	100
N° 8	92.30	18	20	80	80	100
N° 16	121.50	24	44	56	50	85
N° 30	66.60	13	57	43	25	60
N° 50	64.80	13	70	30	10	30
N° 100	107.90	22	92	8	2	10
Fondo	41.60	8	100	0		
Total	500.00					

Nota: Elaboración propia

#### Figura 35

Cálculo del módulo de fineza

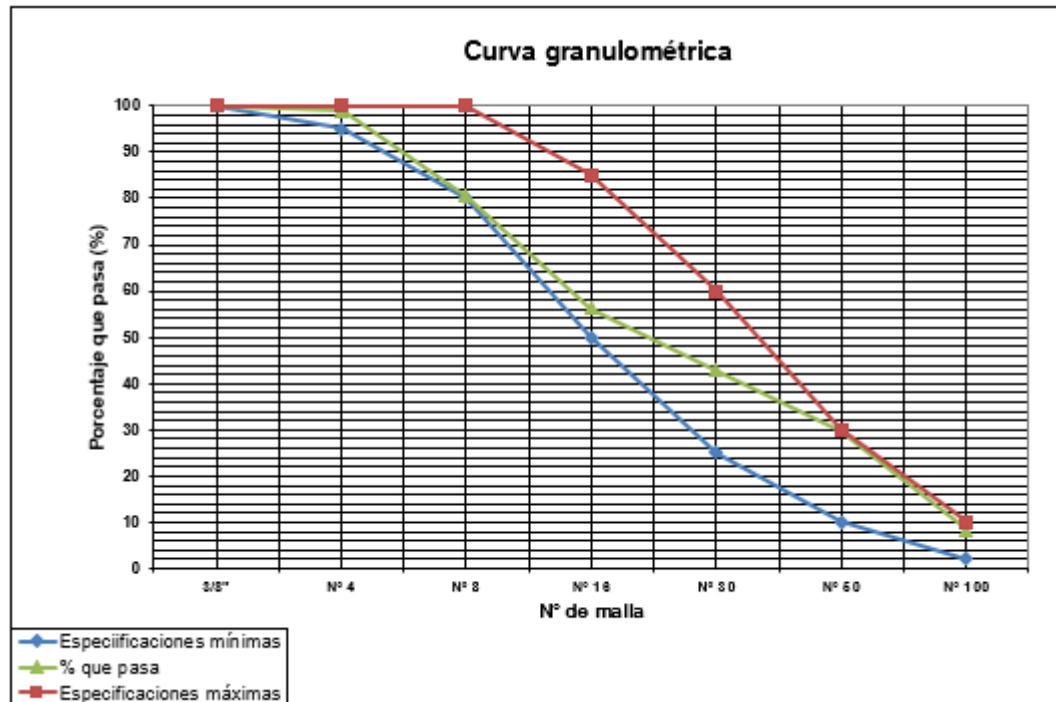
$$mf = \frac{\sum \%RET.ACUM}{100} = 2.83$$

$$mf = \sum \%RET.ACUM \left( \frac{3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100}{100} \right) =$$

Nota: Elaboración propia

**Figura 36**

*Curva granulométrica del agregado fino + 45% agregado reciclado*



*Nota:* Elaboración propia.


Según los resultados y la curva granulométrica, el agregado fino de cantera + 45% agregado reciclado se encontró en cumplimiento de las especificaciones de la NTP.

### 5.2.1.6 Agregado grueso

Los resultados del estudio granulométrico del agregado grueso se encuentran mostrados en la Figura 37, Figura 38 y Figura 39.

**Figura 37**

*Tabla del análisis granulométrico del agregado grueso*



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA  
PROCEDENCIA : CHANCADORA EXCALIBUR  
PESO MUESTRA : 5000 g  
HUSO Nº : 6

NORMA : NTP 400.012  
FECHA : 17/08/2023

Malla	Peso Reteni	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0.00	0	0	100	100	100
1 1/2"	0.00	0	0	100	100	100
1"	0.00	0	0	100	100	100
3/4"	511.29	10	10	90	90	100
1/2"	3127.20	63	73	27	20	55
3/8"	1292.16	26	99	1	0	15
Nº 4	69.35	1	100	0	0	5
FONDO	0.00	0	100	0		
<b>Total</b>	<b>5000.00</b>					

TM  
TMN

*Nota:* Elaboración propia.



**Figura 38**

*Cálculo del módulo de fineza*

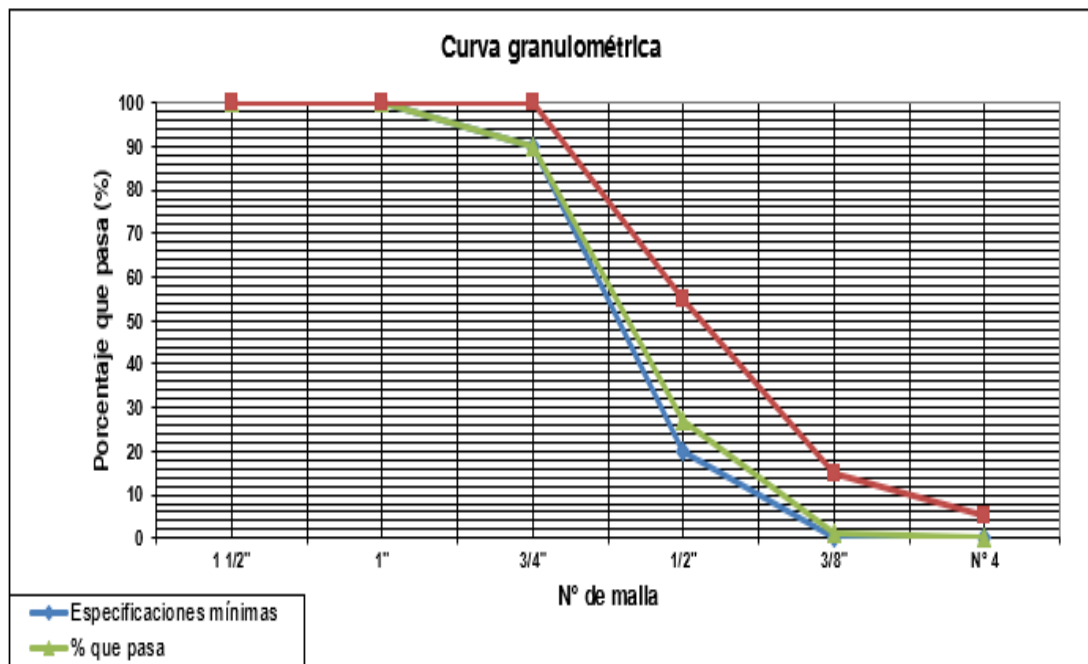
$$mg = \sum \%RET\ ACUM \left( \frac{3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100}{100} \right) =$$

mg= **7.09**

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 39**

Curva granulométrica del agregado grueso



*Nota:* Elaboración propia.

Según los frutos obtenidos y la curva granulométrica, el agregado grueso de cantera se encontró incluida de las especificaciones definidas por la NTP.

## 5.2.2 Contenido de humedad de los agregados

### 5.2.2.1 Procedimiento

Dentro de los agregados que fueron mezclados y seleccionados mediante el cuarteo, se pesaron 500 g, para los agregados finos (ver Figura 40 y Figura 41); y 2000 g, para el agregado grueso (ver Figura 42, Figura 43 y Figura 44), para ser llevados al horno durante 1 día (24 horas) con una temperatura permanente de  $110 \pm 5\text{ C}^{\circ}$  (ver Figura 45). Finalmente, el resultado del pesado de cada agregado después de haber estado al horno fue hallado.

Se tuvieron tres muestras por cada agregado para así poder tener un promedio del porcentaje de humedad en cada uno.

**Figura 41**

*Agregado fino pesado para ser puesto al horno*



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 40**

*Agregado fino reciclado pesado para ser puesto al horno*



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 43**

*Primera muestra de 2000 gr. de agregado grueso*



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 42**

*Segunda muestra de 2000 gr. de agregado grueso*



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 45**

*Tercera muestra de 2000 gr. de agregado grueso*



*Nota: Elaboración propia.*

**Figura 44**

*Muestras llevadas al horno 24 horas*



*Nota: Elaboración propia.*

### 5.2.2.2 Agregado fino

En la Figura 46 se puede observar el contenido de humedad del agregado fino.

#### Figura 48

Contenido de humedad del agregado fino de cantera

**Tipo de Agregado** : Arena gruesa  
**Procedencia** : Cantera Tinaja

**Norma** : NTP 339.158  
**Fecha** : 17/08/2023

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	LEM 005	LEM 002	LEM 009	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	A	500	500	500	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	495	494.8	494.8	g
CONTENIDO DE AGUA	A-B	5	5.2	5.2	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	1.01	1.05	1.05	%
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>H</b>	<b>1.04</b>			<b>%</b>

*Nota:* Elaboración propia.

### 5.2.2.3 Agregado fino reciclado

En la Figura 47 se puede observar el contenido de humedad del agregado fino reciclado.

#### Figura 49

*Contenido de humedad del agregado fino reciclado*

**Tipo de Agregado** : Agregado reciclado  
**Procedencia** : MP Recicla SAC

**Norma** : NTP 339.158  
**Fecha** : 17/08/2023

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	LEM 100	LEM 004	LEM 006	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	A	500	500	500	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	483.9	484.4	483.8	g
CONTENIDO DE AGUA	A-B	16.1	15.6	16.2	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	3.33	3.22	3.35	%
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>H</b>	<b>3.30</b>			<b>%</b>

*Nota:* Elaboración propia.

### 5.2.2.4 Agregado grueso

En la Figura 48 se puede observar el contenido de humedad del agregado grueso.

#### Figura 50

*Contenido de humedad del agregado grueso*

**Tipo de Agregado** : Piedra chancada  
**Procedencia** : Chancadora Excalibur

**Norma** : NTP 339.158  
**Fecha** : 17/08/2023

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	LEM 005	LEM 004	LEM 008	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	A	2000	2000	2000	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	1987.5	1987.4	1999.9	g
CONTENIDO DE AGUA	A-B	12.5	12.6	0.1	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0.63	0.63	0.01	%
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>H</b>	<b>0.42</b>			<b>%</b>

*Nota:* Elaboración propia

### 5.2.3 *Peso específico y absorción de los agregados*

#### 5.2.3.1 Procedimiento

Se mandó a saturar los agregados por 24 horas (ver Figura 49), después se eliminó el agua y se colocó los agregados saturados en una bandeja, para posteriormente secarlos mediante una secadora en el caso de los agregados finos; y con un paño para el agregado grueso (ver Figura 50), con la finalidad de tener los agregados saturados superficialmente secos.

#### **Figura 51**

*Agregados saturados*



*Nota:* Elaboración propia.

## Figura 52

*Agregado grueso secado superficialmente.*



*Nota:* Elaboración propia.

Para los agregados finos, cabe señalar que el material esté saturado superficialmente seco, se usó un molde cónico metálico y una barra compactadora (ver Figura 51).

## Figura 53

*Uso del molde cónico y la barra compactadora en el agregado fino de cantera*



*Nota:* Elaboración propia.

Para realizar este procedimiento, se colocó el material en el cono como se ve en la Figura 51, y se dieron 25 golpes con la barra compactadora compactador. El material compactado, al momento de retirar el molde, se debe desmoronar ligeramente (ver Figura 52 y Figura 53), mediante este proceso se verificó si el material estará saturado superficialmente seco (sss).

**Figura 54**

*Agregado fino saturado superficialmente seco*



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 55**

*Agregado fino reciclado saturado superficialmente seco*



*Nota:* Elaboración propia.



Respecto a los agregados finos, al tener el material saturado superficialmente seco (sss), se pesó 500 g en una balanza (ver Figura 54 y Figura 55).

**Figura 56**

Pesaje del agregado fino saturado superficialmente seco



*Nota:* Elaboración propia.

### Figura 57

Pesaje del agregado reciclado saturado superficialmente seco



*Nota:* Elaboración propia.

Determinado el pesaje de los agregados finos, primero, se pesó la fiola completamente vacía; segundo, se pesó la fiola con el agregado dentro (ver Figura 56 y Figura 57); tercero, se vertió agua hasta llegar a la marca y se comenzó a girar lentamente hasta que se eliminó el aire incorporado; y, por último, se pesó la misma sin aire incorporado (ver Figura 58).

### Figura 58

*Pesaje de la fiola vacía y con agregado fino sss*



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 59**

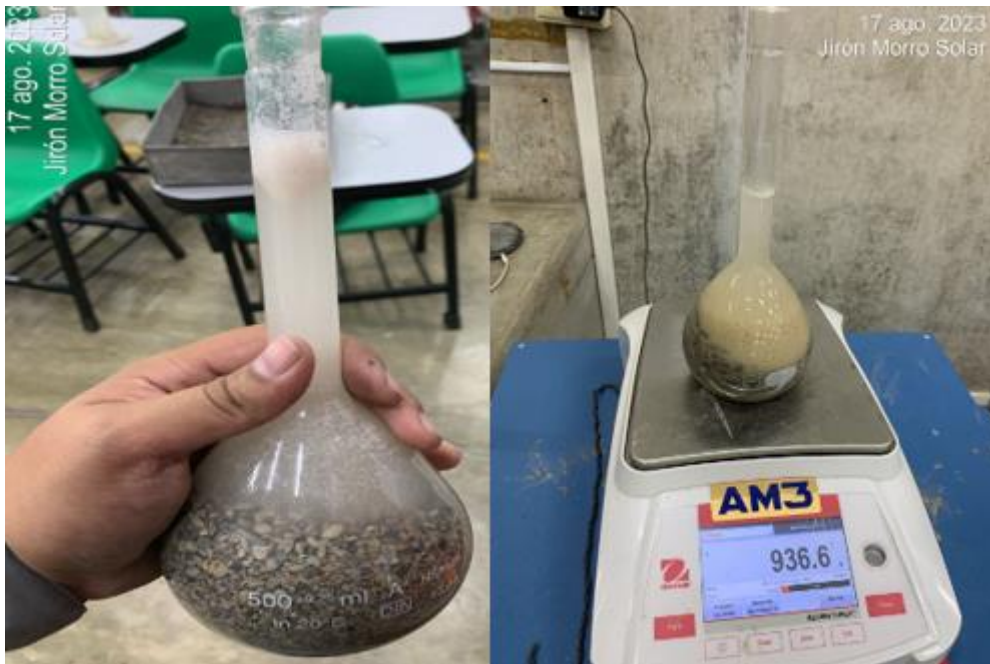
*Llenado de agua de la fiola y pesaje de la fiola con el agregado fino reciclado sss con agua*



*Nota: Elaboración propia.*

**Figura 60**

*Pesaje de la fiola con agregado fino reciclado con agua*



*Nota: Elaboración propia.*

Después de anotar estos resultados, se procedió a colocar los agregados finos en la misma tara utilizada anteriormente, para ser llevado al horno por 24 horas; para luego de eso pesar el agregado fino seco (ver Figura 59 y Figura 60).

### Figura 61

*Agregado fino de cantera saturado llevado al horno y pesado después de 24 horas*



*Nota: Elaboración propia.*

### Figura 62

*Agregado fino reciclado saturado llevado al horno y pesado después de 24 horas*



*Nota: Elaboración propia.*

En el agregado grueso, al determinar que el material esté saturado superficialmente seco, se pesó 2500 g en una balanza (ver Figura 61).

### Figura 63

*Pesaje del agregado grueso sss.*



*Nota:* Elaboración propia.

Una vez determinado su peso, se tomó una canastilla para poder medir el mismo sumergido en agua. Primero, se hizo el pesaje de la canastilla vacía; y después, se realizó el pesaje de la canastilla dentro del agua con el agregado grueso saturado superficialmente seco (ver Figura 62).

**Figura 64**

*Pesaje de la canastilla afuera del agua y dentro del agua*



*Nota:* Elaboración propia.

Después de anotar estos resultados, se procedió a colocar este agregado en una bandeja, para ser llevado al horno por 24 horas y finalmente, una vez seco, se realizó el pesado (ver Figura 63).

**Figura 65**

*Agregado grueso saturado llevado al horno y pesado después de 24 horas*



*Nota:* Elaboración propia.

Habiendo obtenido la totalidad de los datos, se prosiguió a calcular el peso específico y absorción.

### 5.2.3.2 Agregado fino

En la Figura 64 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

**Figura 66**

*Resultados del ensayo de peso específico y absorción*

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
LABORATORIO DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN			
A.- AGREGADO FINO DE CANTERA			
Tipo de Agregado : Arena gruesa		Norma : NTP 400.022	
Procedencia : Cantera Tinaja		Fecha : 18/08/2023	
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de fiola		146.3	g
Peso de arena superficialmente seca		500	g
Peso de arena superficialmente seca + Peso de fiola		646.3	g
Peso de arena superficialmente seca + Peso de fiola + Peso de agua		956.9	g
Peso de agua	W	310.6	g
Peso de arena seca	A	494	g
Volumen de fiola	V	500	ml
1. Peso específico de la masa seca $A/(V-W) = 2.61 \text{ g/cm}^3$			
2. Peso específico de masa saturado superficialmente seco $V/(V-W) = 2.64 \text{ g/cm}^3$			
3. Peso específico aparente $A/(A-W) = 2.69 \text{ g/cm}^3$			
4. Porcentaje de absorción $((V-A)/A)*100 = 1.21 \%$			

*Nota:* Elaboración propia

### 5.2.3.3 Agregado fino reciclado.

En la Figura 65 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino reciclado.

**Figura 67**

*Resultados del ensayo de peso específico y absorción.*

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
LABORATORIO DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN			
B.- AGREGADO FINO RECICLADO			
Tipo de Agregado : Agregado fino reciclado		Norma :	NTP 400.022
Procedencia : MP Recicla SAC		Fecha :	18/08/2023
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de fiola		147.2	g
Peso de arena superficialmente seca		500	g
Peso de arena superficialmente seca + Peso de fiola		647.2	g
Peso de arena superficialmente seca + Peso de fiola + Peso de agua		936.6	g
Peso de agua	W	289.4	g
Peso de arena seca	A	458.7	g
Volumen de fiola	V	500	ml
1. Peso específico de la masa seca $A/(V-W) = 2.18 \text{ g/cm}^3$			
2. Peso específico de masa saturado superficialmente seco $V/(V-W) = 2.37 \text{ g/cm}^3$			
3. Peso específico aparente $A/(A-W) = 2.71 \text{ g/cm}^3$			
4. Porcentaje de absorción $((V-A)/A)*100 = 9.00 \%$			

*Nota:* Elaboración propia.



### 5.2.3.4 Agregado grueso

En la Figura 66 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

**Figura 68**

*Resultados del ensayo de peso específico y absorción*

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
LABORATORIO DE MATERIALES		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
C.- AGREGADO GRUESO			
<b>Tipo de Agregado</b> : Piedra chancada		<b>Norma</b> :	NTP 400.021
<b>Procedencia</b> : Chancadora Excalibur		<b>Fecha</b> :	18/08/2023
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de muestra saturada superficialmente seca	B	2500	g
Peso de muestra saturada superficialmente seca + Canastilla dentro del agua		2454.1	g
Peso de canastilla dentro del agua		882.2	g
Peso muestra saturada dentro del agua	C	1571.9	g
Peso de la muestra seca	A	2475.6	g
1. Peso específico de la masa seca	$A/(B-C)=$	2.67	g/cm <sup>3</sup>
2. Peso específico de masa saturado superficialmente seco	$B/(B-C)=$	2.69	g/cm <sup>3</sup>
3. Peso específico aparente	$A/(A-C)=$	2.74	g/cm <sup>3</sup>
4. Porcentaje de absorción	$((B-A)/A)*100=$	0.99	%

*Nota:* Elaboración propia

## 5.3 Diseño de mezclas de concreto por el método de combinación de agregados

### 5.3.1 Procedimiento

Con todos los datos alcanzados a través de los ensayos, se trabajó el diseño de concreto con las resistencias de 210kg/cm<sup>2</sup>, 245kg/cm<sup>2</sup> y 280kg/cm<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que el cemento usado fue de Tipo I de la marca Cemento Sol.

Para realizar el diseño de cada mezcla, se ha utilizado las tablas 2.1 y 3.1 de diseño del ACI 211.

Primero se halló la resistencia a la compresión promedio ( $F'_{cr}$ ) (ver Figura 67).

## Figura 69

### Resistencia a la compresión promedio

$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 85$
Sobre 350	$1,1f_c + 50$

Nota: ACI 211

Al desear un concreto con un  $f_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, 245 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, se le sumó a cada uno de ellos 85kg/cm<sup>2</sup> para tener el  $f_{cr}$ .

Teniendo los  $f_{cr}$ , se calculó la proporción de agua/cemento en peso mediante una interpolación dependiendo los valores de cada diseño, considerando que el concreto no cuenta con aire incorporado (ver Figura 68).

## Figura 70

### Relación agua – cemento por resistencia

Resistencia a la compresión probable a los 28 días en kg/cm <sup>2</sup> ( $f_{cr}$ )	Relación agua - cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0,38	---
400	0,43	---
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

Nota: ACI 211

Determinando el volumen utilizado de agua y el contenido de aire, se tomó en consideración que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4 y el asentamiento deseado fue entre 7.5 cm – 10 cm (ver Figura 69).

## Figura 71

Requisitos aproximados de agua de mezclas y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso

**TABLA N° 2.1**

**REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES ASENTAMIENTOS Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADO GRUESO**

AGUA, en kg/m <sup>3</sup> de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamiento indicados								
ASENTAMIENTO (Centímetros)	9,5 mm 3/8 "	12,7 mm 1/2 "	19,0 mm 3/4 "	25,4 mm 1 "	38,0 mm 1 1/2"	50,8 mm 2 "	76,0 mm 3 "	152,0 mm 6 "
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
2,5 a 5,0	205	200	185	180	160	155	145	125
7,5 a 10,0	225	215	200	195	175	170	160	140
15,0 a 17,5	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin inductor de aire en porcentaje (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
2,5 a 5,0	180	175	165	160	145	140	135	120
7,5 a 10,0	200	190	180	175	160	155	150	135
15,0 a 17,5	215	205	190	185	170	165	160	---
Promedio recomendado de contenido total de aire, porcentaje (%)	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0

Nota: ACI 211

Con los datos hallados de las tablas del ACI 211, se realizó los cálculos del factor cemento en kg. (ver Figura 70) y el volumen absoluto de los agregados en 1 m<sup>3</sup> de mezcla (ver Figura 71).

## Figura 72

Factor cemento

$$\text{Factor Cemento} = \frac{\text{Volumen Unitario de agua}}{\text{Relación Agua cemento}}$$

Nota: Elaboración propia

## Figura 73

Fórmula del volumen absoluto de agregados

$$\text{Vol. Abs. Ag.} = 1 - \left( \frac{\text{Fact. cemento}}{\text{Peso esp. cemento} \times 1000} + \frac{\text{Agua}}{1000} + \text{Cont. de aire} \right)$$

Nota: Elaboración propia

Para hallar el pesaje seco de cada agregado a utilizar en la mezcla, se realizó el procedimiento del método de combinación de agregados.

Por fines experimentales se decidió que el agregado predominante en la mezcla sea el agregado fino; es por ello, que se trabajó con las siguientes proporciones:

- Agregado Fino Total: 52%
- Agregado Grueso: 48%

Con los pesos secos hallados, se realizaron las correcciones por humedad con la finalidad de hallar el volumen de agua efectiva para la mezcla.


Finalmente, con el peso húmedo de agregados y la nueva cantidad de agua (agua efectiva), se logró el diseño de mezcla de cada f'c.

### 5.3.2 Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

En la Tabla 7 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 7**

*Diseño de mezcla -  $210 \text{ kg/cm}^2$  + 0% agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - <math>210 \text{ kg/cm}^2</math> + 0% AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>			
1.0	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	210 $\text{kg/cm}^2$
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	295 $\text{kg/cm}^2$
2.0	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4" Mezcla plástica
3.0	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200 L
4.0	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2 %
6.0	<b>RELACIÓN AGUACEMENTO</b>		0.557
7.0	<b>FACTOR CEMENTO</b>		359.07 kg
8.0	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6660 $\text{m}^3$
<p>Por fines experimentales para que pre domine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones</p> <p style="text-align: center;">Agregado fino = 52%</p> <p style="text-align: center;">Agregado grueso = 48%</p>			
9.0	<b>PESO DE AGREGADOS POR M3</b>		
9.1	Agregado Fino		903.91 kg
9.2	Agregado Grueso		853.56 kg
10.0	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>		
10.1	Agregado Fino		913.31 kg
10.2	Agregado Grueso		857.23 kg
11.0	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>		
11.1	Agregado Fino		-1.54 L
11.2	Agregado Grueso		-4.78 L
12.0	<b>AGUA EFECTIVA</b>		206.32 L
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>			
<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
359.07 kg	913.31 kg	857.23 kg	206.32 L
1.00	2.54	2.39	24.42
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m3</b>			
<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
12.57 kg	31.97 kg	30.00 kg	7.22 L


*Nota:* Elaboración propia

### 5.3.3 Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

En la Tabla 8 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 8**

*Diseño de mezcla – 245 kg/cm<sup>2</sup> + 0% agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - 245 kg/cm<sup>2</sup> + 0% AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>			
1.0	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	245 kg/cm <sup>2</sup>
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	330 kg/cm <sup>2</sup>
2.0	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4" Mezcla plástica
3.0	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200 L
4.0	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2 %
6.0	<b>RELACIÓN AGUACEMENTO</b>		0.508
7.0	<b>FACTOR CEMENTO</b>		393.70 kg
8.0	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6550 m <sup>3</sup>
Por fines experimentales para que pre domine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%			
9.0	<b>PESO DE AGREGADOS POR M3</b>		
9.1	Agregado Fino	888.99	kg
9.2	Agregado Grueso	839.47	kg
10.0	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>		
10.1	Agregado Fino	898.233	kg
10.2	Agregado Grueso	843.078	kg
11.0	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>		
11.1	Agregado Fino	-1.51	L
11.2	Agregado Grueso	-4.7	L
12.0	<b>AGUA EFECTIVA</b>		206.21 L
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>			
<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
393.70 kg	898.23 kg	843.08 kg	206.21 L
1.00	2.28	2.14	22.26
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>			
<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
13.78 kg	31.44 kg	29.51 kg	7.22 L


*Nota:* Elaboración propia

### 5.3.4 Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

En la Tabla 9 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 9**

*Diseño de mezcla - 280 kg/cm<sup>2</sup> + 0% agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - 280 kg/cm<sup>2</sup> + 0% AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>			
<b>1.0</b>	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>	$f_{cr} = f_c + 85$	
1.1	Resistencia a la compresión $f_c$	280	kg/cm <sup>2</sup>
1.2	Resistencia promedio requerida $f_{cr}$	365	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2.0</b>	<b>ASENTAMIENTO</b>	3" - 4"	Mezcla plástica
<b>3.0</b>	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>	200	L
<b>4.0</b>	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>	2	%
<b>6.0</b>	<b>RELACIÓN AGUACEMENTO</b>	0.465	
<b>7.0</b>	<b>FACTOR CEMENTO</b>	430.11	kg
<b>8.0</b>	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>	0.6435	m <sup>3</sup>
Por fines experimentales para que pre domine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%			
<b>9.0</b>	<b>PESO DE AGREGADOS POR M3</b>		
9.1	Agregado Fino	873.3	kg
9.2	Agregado Grueso	824.66	kg
<b>10.0</b>	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>		
10.1	Agregado Fino	882.383	kg
10.2	Agregado Grueso	828.202	kg
<b>11.0</b>	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>		
11.1	Agregado Fino	-1.48	L
11.2	Agregado Grueso	-4.62	L
<b>12.0</b>	<b>AGUA EFECTIVA</b>	206.10	L
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>			
<b>CEMENTO</b>		<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>
430.11	kg	882.38	kg
1.00		2.05	1.93
			20.37
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>			
<b>CEMENTO</b>		<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>
15.05	kg	30.88	kg
			28.99
			7.22


*Nota:* Elaboración propia

### 5.3.5 Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 10 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$  agregado fino reciclado

**Tabla 10**

*Diseño de mezcla -  $210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$  agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - <math>210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%</math> AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
<b>1.0</b>	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	210	$\text{kg/cm}^2$	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	295	$\text{kg/cm}^2$	
<b>2.0</b>	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4"	Mezcla plástica	
<b>3.0</b>	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200	L	
<b>4.0</b>	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2	%	
<b>6.0</b>	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO</b>		0.557		
<b>7.0</b>	<b>FACTOR CEMENTO</b>		359.07	kg	
<b>8.0</b>	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6660	$\text{m}^3$	
<p>Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones</p> <p style="text-align: center;">Agregado fino = 52%</p> <p style="text-align: center;">Agregado grueso = 48%</p>					
<b>9.0</b>	<b>PESO DE AGREGADOS POR M3</b>				
9.1	Agregado Fino		768.32	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		113.25	kg	
9.3	Agregado Grueso		853.56	kg	
<b>10.0</b>	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
10.1	Agregado Fino		776.314	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		116.986	kg	
10.3	Agregado Grueso		857.23	kg	
<b>11.0</b>	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
11.1	Agregado Fino		-1.31	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-6.46	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.78	L	
<b>12.0</b>	<b>AGUA EFECTIVA</b>		212.54	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	359.07 kg	776.314 kg	116.99 kg	857.23 kg	212.54 L
	1.00	2.16	0.33	2.39	25.16
<b>PROPORCIÓN PARA <math>0.035 \text{ m}^3</math></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	12.57 kg	27.17 kg	4.09 kg	30.00 kg	7.44 L

Nota: Elaboración propia




### 5.3.6 Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 11 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$  agregado fino reciclado.

**Tabla 11**

*Diseño de mezcla - 245 kg/cm<sup>2</sup> + 15% agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - 245 kg/cm<sup>2</sup> + 15% AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
<b>1.0</b>	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	245	kg/cm <sup>2</sup>	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	330	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>2.0</b>	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4"	Mezcla plástica	
<b>3.0</b>	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200	L	
<b>4.0</b>	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2	%	
<b>6.0</b>	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO</b>		0.508		
<b>7.0</b>	<b>FACTOR CEMENTO</b>		393.70	kg	
<b>8.0</b>	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6550	m <sup>3</sup>	
Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones: Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%					
<b>9.0</b>	<b>PESO DE AGREGADOS POR M<sup>3</sup></b>				
9.1	Agregado Fino		755.64	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		111.38	kg	
9.3	Agregado Grueso		839.47	kg	
<b>10.0</b>	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
10.1	Agregado Fino		763.498	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		115.054	kg	
10.3	Agregado Grueso		843.078	kg	
<b>11.0</b>	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
11.1	Agregado Fino		-1.28	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-6.35	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.70	L	
<b>12.0</b>	<b>AGUA EFECTIVA</b>		212.33	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	393.70 kg	763.50 kg	115.05 kg	843.08 kg	212.33 L
	1.00	1.94	0.29	2.14	22.92
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	13.78 kg	26.72 kg	4.03 kg	29.51 kg	7.44 L


Nota: Elaboración propia

### 5.3.7 Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 12 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$  agregado fino reciclado

**Tabla 12**

*Diseño de mezcla -  $280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$  agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - <math>280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%</math> AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
1.0	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	280	$\text{kg/cm}^2$	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	365	$\text{kg/cm}^2$	
2.0	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4"	Mezcla plástica	
3.0	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200	L	
4.0	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2	%	
6.0	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO</b>		0.465		
7.0	<b>FACTOR CEMENTO</b>		430.11	kg	
8.0	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6435	$\text{m}^3$	
<p>Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones</p> <p style="text-align: center;">Agregado fino = 52%</p> <p style="text-align: center;">Agregado grueso = 48%</p>					
9.0	<b>PESO DE AGREGADOS POR M<sup>3</sup></b>				
9.1	Agregado Fino		742.31	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		109.41	kg	
9.3	Agregado Grueso		824.66	kg	
10.0	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
10.1	Agregado Fino		750.026	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		113.024	kg	
10.3	Agregado Grueso		828.202	kg	
11.0	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
11.1	Agregado Fino		-1.26	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-6.24	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.62	L	
12.0	<b>AGUA EFECTIVA</b>		212.12	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	430.11 kg	750.03 kg	113.02 kg	828.20 kg	212.12 L
	1.00	1.74	0.26	1.93	20.96
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	15.05 kg	26.25 kg	3.96 kg	28.99 kg	7.42 L


Nota: Elaboración propia

### 5.3.8 Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 13 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado.

**Tabla 13**

*Diseño de mezcla -  $210 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - <math>210 \text{ kg/cm}^2 + 30\%</math> AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
1.0	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	210	$\text{kg/cm}^2$	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	295	$\text{kg/cm}^2$	
2.0	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4"	Mezcla plástica	
3.0	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200	L	
4.0	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2	%	
6.0	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO</b>		0.557		
7.0	<b>FACTOR CEMENTO</b>		359.07	kg	
8.0	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6660	$\text{m}^3$	
<p>Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones</p> <p style="text-align: center;"> Agregado fino = 52%  Agregado grueso = 48% </p>					
9.0	<b>PESO DE AGREGADOS POR M<sup>3</sup></b>				
9.1	Agregado Fino		632.74	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		226.5	kg	
9.3	Agregado Grueso		853.56	kg	
10.0	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
10.1	Agregado Fino		639.317	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		233.971	kg	
10.3	Agregado Grueso		857.23	kg	
11.0	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
11.1	Agregado Fino		-1.08	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-12.91	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.78	L	
12.0	<b>AGUA EFECTIVA</b>		218.77	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	359.07 kg	639.32 kg	233.97 kg	857.23 kg	218.77 L
	1.00	1.78	0.65	2.39	25.89
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	12.57 kg	22.38 kg	8.19 kg	30.00 kg	7.66 L


Nota: Elaboración propia

### 5.3.9 Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 14 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado

**Tabla 14**

*Diseño de mezcla -  $245 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - <math>245 \text{ kg/cm}^2 + 30\%</math> AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
1.0	RESISTENCIA PROMEDIO ( $f_{cr}$ )		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	245	$\text{kg/cm}^2$	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	330	$\text{kg/cm}^2$	
2.0	ASENTAMIENTO		3" - 4"	Mezcla pasta	
3.0	CONTENIDO DE AGUA		200	L	
4.0	CONTENIDO DE AIRE		2	%	
6.0	RELACIÓN AGUA/CEMENTO		0.508		
7.0	FACTOR CEMENTO		393.70	kg	
8.0	VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS		0.6550	$\text{m}^3$	
Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones: Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%					
9.0	PESO DE AGREGADOS POR M3				
9.1	Agregado Fino		622.29	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		222.76	kg	
9.3	Agregado Grueso		839.47	kg	
10.0	CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
10.1	Agregado Fino		628.763	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		230.109	kg	
10.3	Agregado Grueso		843.078	kg	
11.0	APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
11.1	Agregado Fino		-1.06	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-12.7	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.70	L	
12.0	AGUA EFECTIVA		218.46	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	393.70 kg	628.76 kg	230.11 kg	843.08 kg	218.46 L
	1.00	1.60	0.58	2.14	23.58
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	13.78 kg	22.01 kg	8.05 kg	29.51 kg	7.65 L


Nota: Elaboración propia

### 5.3.10 Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 15 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado

**Tabla 15**

*Diseño de mezcla -  $280 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - <math>280 \text{ kg/cm}^2 + 30\%</math> AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
<b>1.0</b>	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	280	$\text{kg/cm}^2$	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	365	$\text{kg/cm}^2$	
<b>2.0</b>	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4"	Mezcla plástica	
<b>3.0</b>	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200	L	
<b>4.0</b>	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2	%	
<b>6.0</b>	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO</b>		0.465		
<b>7.0</b>	<b>FACTOR CEMENTO</b>		430.11	kg	
<b>8.0</b>	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6435	$\text{m}^3$	
Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%					
<b>9.0</b>	<b>PESO DE AGREGADOS POR M3</b>				
9.1	Agregado Fino		611.31	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		218.83	kg	
9.3	Agregado Grueso		824.66	kg	
<b>10.0</b>	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
10.1	Agregado Fino		617.668	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		226.048	kg	
10.3	Agregado Grueso		828.202	kg	
<b>11.0</b>	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
11.1	Agregado Fino		-1.04	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-12.47	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.62	L	
<b>12.0</b>	<b>AGUA EFECTIVA</b>		218.13	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	430.11 kg	617.67 kg	226.05 kg	828.20 kg	218.13 L
	1.00	1.44	0.53	1.93	21.55
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	15.05 kg	21.62 kg	7.91 kg	28.99 kg	7.63 L


Nota: Elaboración propia

### 5.3.11 Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 45\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 16 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 45\%$  agregado fino reciclado

**Tabla 16**

*Diseño de mezcla - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 45% agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 45% AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
1.0	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (fcr)</b>		fcr = fc + 85		
1.1	Resistencia a la compresión	fc	210	kg/cm <sup>2</sup>	
1.2	Resistencia promedio requerida	fcr	295	kg/cm <sup>2</sup>	
2.0	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4"	Mezcla plástica	
3.0	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200	L	
4.0	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2	%	
6.0	<b>RELACIÓN AGUA CEMENTO</b>		0.557		
7.0	<b>FACTOR CEMENTO</b>		359.07	kg	
8.0	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6660	m <sup>3</sup>	
Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones: Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%					
9.0	<b>PESO DE AGREGADOS POR M3</b>				
9.1	Agregado Fino		497.15	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		339.75	kg	
9.3	Agregado Grueso		853.56	kg	
10.0	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
10.1	Agregado Fino		502.321	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		350.957	kg	
10.3	Agregado Grueso		857.23	kg	
11.0	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
11.1	Agregado Fino		-0.85	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-19.37	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.78	L	
12.0	<b>AGUA EFECTIVA</b>		224.99	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	359.07 kg	502.32 kg	350.96 kg	857.23 kg	224.99 L
	1.00	1.40	0.98	2.39	26.63
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	12.57 kg	17.58 kg	12.28 kg	30.00 kg	7.87 L


Nota: Elaboración propia

### 5.3.12 Diseño $f'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 45\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 17 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 45\%$  agregado fino reciclado

**Tabla 17**

*Diseño de mezcla - 245 kg/cm<sup>2</sup> + 45% agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - 245 kg/cm<sup>2</sup> + 45% AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
1.0	<b>RESISTENCIA PROMEDIO (<math>f_{cr}</math>)</b>		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	245	kg/cm <sup>2</sup>	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	330	kg/cm <sup>2</sup>	
2.0	<b>ASENTAMIENTO</b>		3" - 4"	Mezcla plástica	
3.0	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>		200	L	
4.0	<b>CONTENIDO DE AIRE</b>		2	%	
6.0	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO</b>		0.508		
7.0	<b>FACTOR CEMENTO</b>		393.70	kg	
8.0	<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS</b>		0.6550	m <sup>3</sup>	
Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones: Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%					
9.0	<b>PESO DE AGREGADOS POR M<sup>3</sup></b>				
9.1	Agregado Fino		488.94	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		334.14	kg	
9.3	Agregado Grueso		839.47	kg	
10.0	<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
10.1	Agregado Fino		494.028	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		345.163	kg	
10.3	Agregado Grueso		843.078	kg	
11.0	<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>				
11.1	Agregado Fino		-0.83	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-19.05	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.70	L	
12.0	<b>AGUA EFECTIVA</b>		224.58	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	393.70 kg	494.03 kg	345.16 kg	843.08 kg	224.58 L
	1.00	1.25	0.88	2.14	24.24
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	13.78 kg	17.29 kg	12.08 kg	29.51 kg	7.86 L


*Nota:* Elaboración propia

### 5.3.13 Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 45\%$ agregado fino reciclado

En la Tabla 18 se muestra el diseño de concreto realizado para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 45\%$  agregado fino reciclado

**Tabla 18**

*Diseño de mezcla -  $280 \text{ kg/cm}^2 + 45\%$  agregado fino reciclado*

 <b>DISEÑO DE MEZCLA - <math>280 \text{ kg/cm}^2 + 45\%</math> AGREGADO FINO RECICLADO</b> <b>MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>					
1.0	RESISTENCIA PROMEDIO ( $f_{cr}$ )		$f_{cr} = f_c + 85$		
1.1	Resistencia a la compresión	$f_c$	280	$\text{kg/cm}^2$	
1.2	Resistencia promedio requerida	$f_{cr}$	365	$\text{kg/cm}^2$	
2.0	ASENTAMIENTO		3" - 4"	Mezcla plástica	
3.0	CONTENIDO DE AGUA		200	L	
4.0	CONTENIDO DE AIRE		2	%	
6.0	RELACIÓN AGUA/CEMENTO		0.465		
7.0	FACTOR CEMENTO		430.11	kg	
8.0	VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS		0.6435	$\text{m}^3$	
Por fines experimentales para que predomine el agregado fino, se utiliza las siguientes proporciones: Agregado fino = 52% Agregado grueso = 48%					
9.0	PESO DE AGREGADOS POR M <sup>3</sup>				
9.1	Agregado Fino		480.32	kg	
9.2	Agregado Fino reciclado		328.24	kg	
9.3	Agregado Grueso		824.66	kg	
10.0	CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
10.1	Agregado Fino		485.311	kg	
10.2	Agregado Fino reciclado		339.073	kg	
10.3	Agregado Grueso		828.202	kg	
11.0	APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
11.1	Agregado Fino		-0.82	L	
11.2	Agregado Fino reciclado		-18.71	L	
11.3	Agregado Grueso		-4.62	L	
12.0	AGUA EFECTIVA		224.14	L	
<b>PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO</b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	430.11 kg	485.31 kg	339.07 kg	828.20 kg	224.14 L
	1.00	1.13	0.79	1.93	22.15
<b>PROPORCIÓN PARA 0.035 m<sup>3</sup></b>					
	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. F. RECICLADO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
	15.05 kg	16.99 kg	11.87 kg	28.99 kg	7.85 L

Nota: Elaboración propia



## 5.4 Ensayos de concreto fresco

### 5.4.1 Asentamiento

#### 5.4.1.1 Procedimiento

Con el objetivo de efectuar el ensayo por asentamiento de concreto fresco, se requirió el cono de Abrams, el cual se fue llenando por cada tercio del volumen del cono. Una vez que se realizó el llenado del primer tercio, se dieron 25 golpes con una varilla de acero liso y así sucesivamente hasta la última capa. Cabe resaltar que la profundidad de la varilla a compactar fue del mismo tamaño que la capa llenada.

Realizada la última compactación, se enrasó la capa superior y se hizo la limpieza alrededor, en caso hubiera quedado algún concreto derramado junto al cono.

Posteriormente, se procedió a levantar lentamente el molde metálico hasta retirarlo, se puso el cono de manera invertida junto al concreto y se colocó la varilla sobre el cono, y con el apoyo de una wincha se realizó la toma de medidas del asentamiento del concreto fresco desde la parte baja de la varilla hasta la parte superior del concreto.

#### 5.4.2 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

En la Figura 72 se muestra en ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

#### Figura 74

*Asentamiento de concreto de 8cm.*



*Nota: Elaboración propia.*

#### 5.4.3 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

En la Figura 73 se muestra en ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

**Figura 75**

*Asentamiento de concreto de 8cm*



*Nota:* Elaboración propia

#### 5.4.4 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

En la Figura 74 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

**Figura 76**

*Asentamiento de concreto de 9.5cm.*



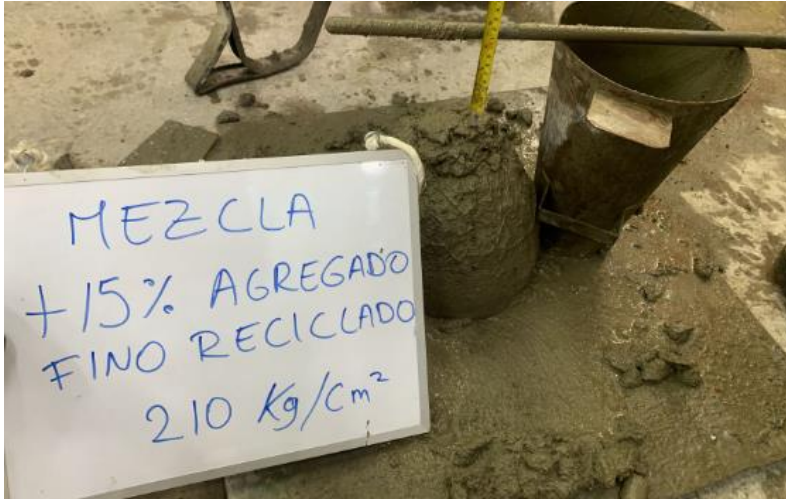
*Nota:* Elaboración propia

#### 5.4.5 *Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado*

En la Figura 75 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado

#### **Figura 77**

*Asentamiento de concreto de 10cm*



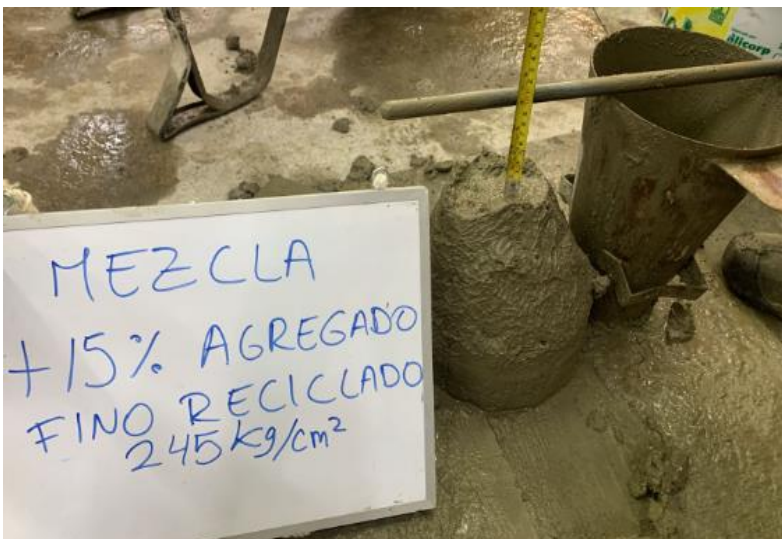
*Nota: Elaboración propia*

#### 5.4.6 *Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado*

En la Figura 76 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado

#### **Figura 78**

*Asentamiento de concreto de 9.5cm.*



*Nota: Elaboración propia*

#### 5.4.7 *Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado.*

En la Figura 77 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado

#### **Figura 79**

*Asentamiento de concreto de 9.5cm.*



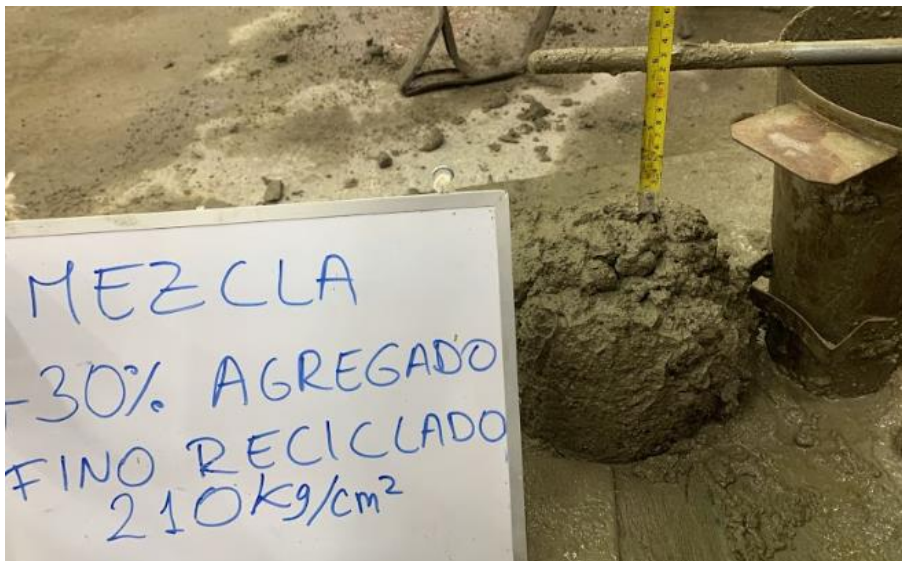
Nota: Elaboración propia

#### 5.4.8 *Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado*

En la Figura 78 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado

#### **Figura 80**

*Asentamiento de concreto de 11cm.*



Nota: Elaboración propia

#### 5.4.9 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado

En la Figura 79 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado

#### Figura 81

*Asentamiento de concreto de 10cm.*



*Nota:* Elaboración propia

#### 5.4.10 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado

En la Figura 80 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado

#### Figura 82

*Asentamiento de concreto de 9cm.*



*Nota:* Elaboración propia

#### 5.4.11 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

En la Figura 81 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado

**Figura 83**

*Asentamiento de concreto de 9cm*



Nota: Elaboración propia

#### 5.4.12 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

En la Figura 82 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado

**Figura 84**

*Asentamiento de concreto de 10cm.*



Nota: Elaboración propia

#### 5.4.13 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

En la Figura 83 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado

#### Figura 85

*Asentamiento de concreto de 10cm*



Nota: Elaboración propia.

#### 5.4.14 Cuadro resumen de asentamiento

En la Tabla 19 se observa el resumen de resultados de los ensayos de asentamiento realizados.

**Tabla 19**

*Cuadro resumen de asentamiento de concreto fresco*

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES ENSAYO DE CONCRETO FRESCO ASENTAMIENTO		
Norma : NTP 339.035		Fecha :19/08/2023
F'c (KG/CM2)	% SUSTITUCIÓN DE A.F.	ASENTAMIENTO (CM)
210	0	8
	15	10
	30	11
	45	9
245	0	8
	15	9.5
	30	10
	45	10
280	0	9.5
	15	9.5
	30	9
	45	10

Nota: Elaboración propia.

### 5.5 Contenido de aire

#### 5.5.1 Procedimiento

Al momento de realizar la mezcla de concreto, se separó una parte para la muestra y realizar el ensayo de contenido de aire, se vertió la mezcla en un envase llamado “Olla de Washington”, llenando en 03 (tres) capas diferentes de igual medida. Por cada capa de llenado se realizó 25 inserciones con una varilla, y de 10 a 15 golpes a los laterales con un martillo de goma. Una vez llenado dicho recipiente con las tres capas, se enrazó el concreto, se retiró el concreto excedente de los bordes y se procedió a tapar el recipiente con el medidor de aire asegurando con las grapas para un cierre hermético.

Sellado el recipiente, se cerró la válvula de purga de aire, procediéndose a verter agua a través de unas de las válvulas para desplazar el aire hacia la otra válvula y llenar el espacio



vacío entre el concreto y la tapa. Cuando este espacio se encuentre lleno, el agua empezará a salir por la otra válvula.

Lleno el recipiente, el siguiente paso a seguir fue bombear aire dentro de la cámara de aire de la tapa, y se llevó la aguja del medidor hasta la lectura inicial. Se cerraron las dos válvulas de aire de paso y se abrió la válvula de aire principal, para posteriormente golpear de forma suave el recipiente con un martillo de goma y el manómetro con los dedos. Finalmente, se procedió a tomar lectura del medidor para cada uno de los casos.

### 5.5.2 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

El contenido de aire para el concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se muestra en la Figura 84.

#### Figura 86

*Contenido de aire del concreto fresco al 1.2%*



*Nota: Elaboración propia*

### 5.5.3 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

El contenido de aire para el concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  se muestra en la Figura 85.

#### Figura 87

Contenido de aire del concreto fresco al 1.1%



Nota: Elaboración propia

### 5.5.4 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

El contenido de aire para el concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  se muestra en la Figura 86

#### Figura 88

Contenido de aire del concreto fresco al 1.8%



Nota: Elaboración propia.

### 5.5.5 *Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado*

El contenido de aire para el concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 87.

**Figura 89**

Contenido de aire del concreto fresco al 1.7%



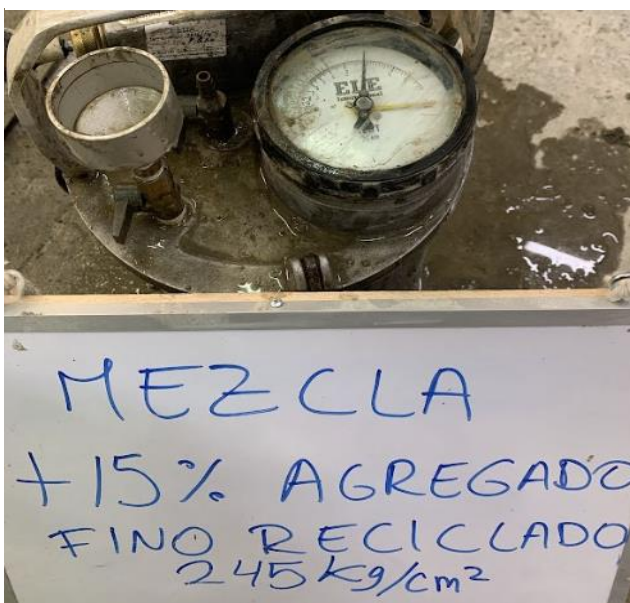
*Nota:* Elaboración propia.

### 5.5.6 *Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado*

El contenido de aire para el concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 88.

**Figura 90**

Contenido de aire del concreto fresco al 2.1%



*Nota:* Elaboración propia.

### 5.5.7 *Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado*

El contenido de aire para el concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 89.

**Figura 91**

*Contenido de aire del concreto fresco al 1.7%*



*Nota:* Elaboración propia.

### 5.5.8 *Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado*

El contenido de aire para el concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 90.

**Figura 92**

*Contenido de aire del concreto fresco al 2%*



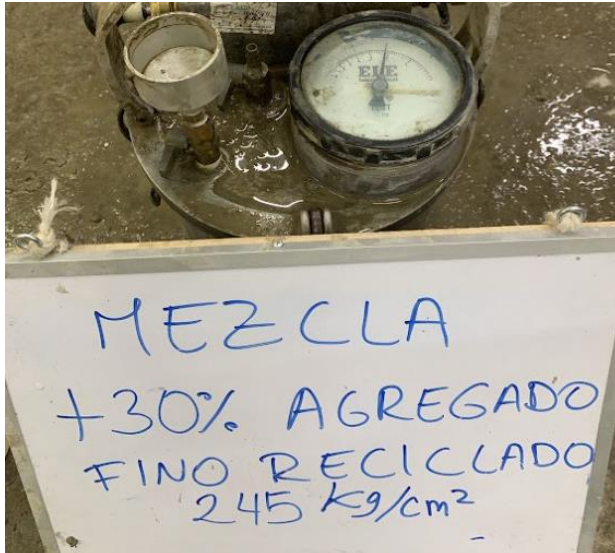
*Nota:* Elaboración propia

### 5.5.9 *Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado*

El contenido de aire para el concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 91.

#### **Figura 93**

*Contenido de aire del concreto fresco al 2.1%*



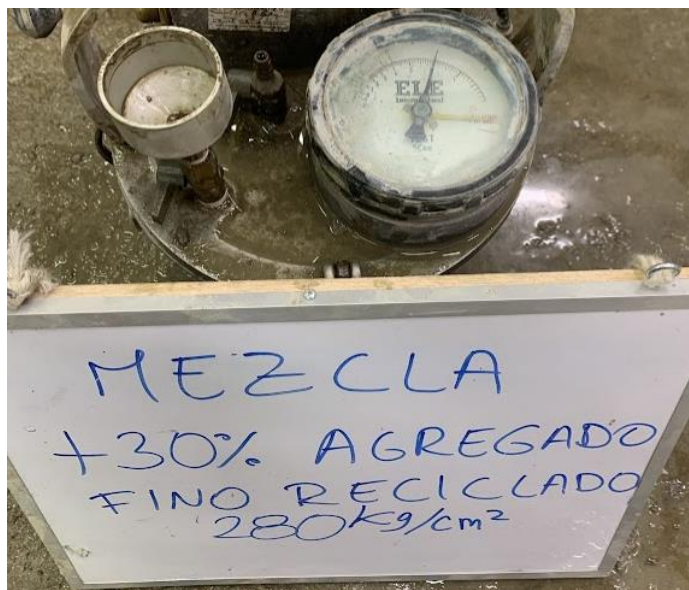
*Nota: Elaboración propia*

### 5.5.10 *Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado*

El contenido de aire para el concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 92.

#### **Figura 94**

*Contenido de aire del concreto fresco al 2%*



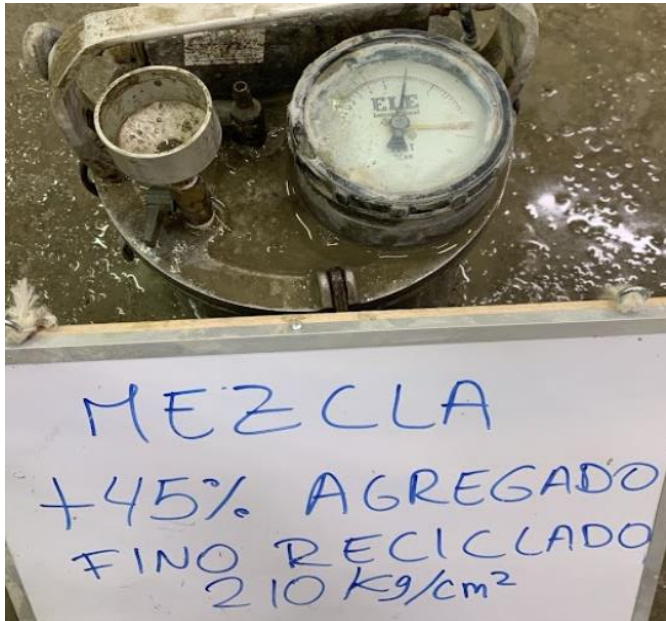
*Nota: Elaboración propia*

### 5.5.11 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

El contenido de aire para el concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 93.

**Figura 95**

*Contenido de aire del concreto fresco al 2%*



*Nota: Elaboración propia*

### 5.5.12 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

El contenido de aire para el concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 94.

**Figura 96**

*Contenido de aire del concreto fresco al 1.8%*



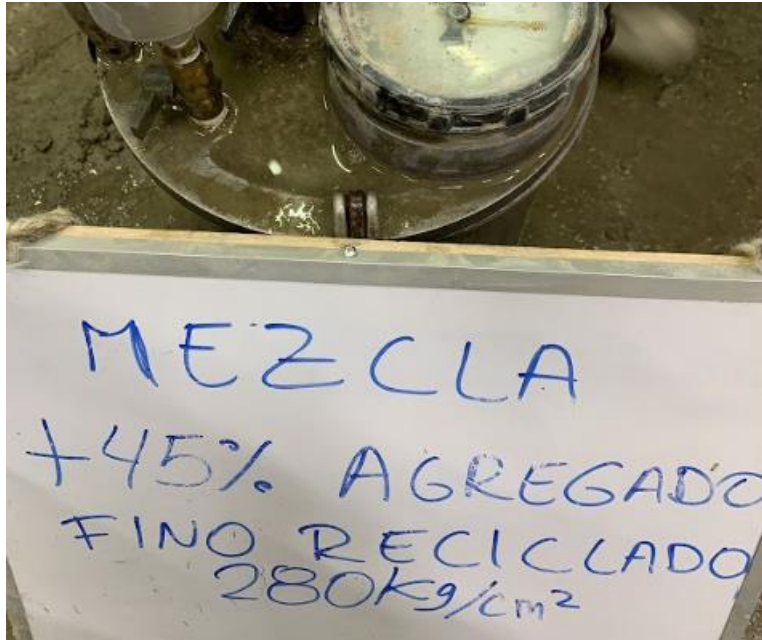
*Nota: Elaboración propia*

### 5.5.13 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

El contenido de aire para el concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado se muestra en la Figura 95.

**Figura 97**

*Contenido de aire del concreto fresco al 2%*



*Nota:* Elaboración propia.

### 5.5.14 Cuadro resumen de contenido de aire

En la Figura 96, se muestra el cuadro resumen de aire obtenidos en los concretos diseñados.

**Figura 98**

Cuadro resumen de contenido de aire de concreto fresco

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES ENSAYO DE CONCRETO FRESCO CONTENIDO DE AIRE		
Norma : NTP 339.080		Fecha : 19/08/2023
F'C (KG/CM2)	% SUSTITUCIÓN DE A.F.	% DE CONTENIDO DE AIRE
210	0	1.2
	15	1.7
	30	2
	45	2
245	0	1.1
	15	2.1
	30	2.1
	45	1.8
280	0	1.8
	15	1.7
	30	2
	45	2

*Nota:* Elaboración propia

## 5.6 Ensayo de concreto endurecido

### 5.6.1 Resistencia a la compresión

#### 5.6.1.1 Procedimiento

Para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto, se procedió a vaciar la mezcla en recipientes cilíndricos de 20 cm de alto con un diámetro de 10 cm y se dejó endurecer el concreto durante un día. Después de 24 horas, se desencofró el concreto y se llevó a una piscina para su respectivo curado.

Pasado los días indicados de curado para cada probeta, lo siguiente que se realizó fue quitarlos de la piscina; luego, se secó durante un par de horas a la intemperie y después se procedió a llevarlos a la máquina compresora uniaxial para el respectivo ensayo de compresión.



### 5.6.1.2 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se observan en la Figura 97. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 98.

**Figura 99**

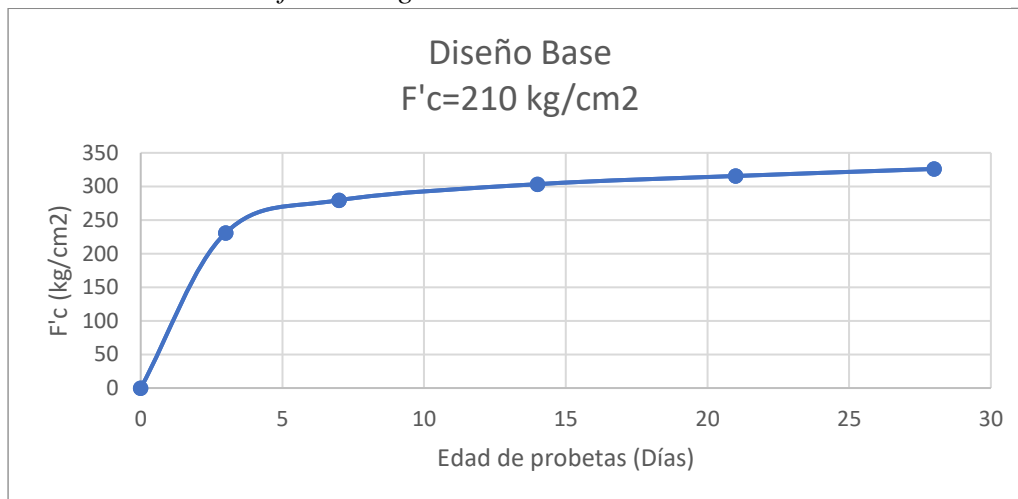
*Control de roturas de probetas  $f'c= 210\text{kg/cm}^2$*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS										
Diseño:		Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>								
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>					
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>		
1	19/Ago/2023	A0.1	3-4"	210	22/Ago/2023	3	17973.80	228.85	231.03	
2	19/Ago/2023	A0.2	3-4"	210	22/Ago/2023	3	17934.10	228.34		
3	19/Ago/2023	A0.3	3-4"	210	22/Ago/2023	3	18527.00	235.89		
4	19/Ago/2023	A0.4	3-4"	210	26/Ago/2023	7	23221.10	295.66	279.56	
5	19/Ago/2023	A0.5	3-4"	210	26/Ago/2023	7	20856.20	265.55		
6	19/Ago/2023	A0.6	3-4"	210	26/Ago/2023	7	21793.40	277.48		
7	19/Ago/2023	A0.7	3-4"	210	02/Set/2023	14	23819.70	303.28	303.41	
8	19/Ago/2023	A0.8	3-4"	210	02/Set/2023	14	23288.50	296.52		
9	19/Ago/2023	A0.9	3-4"	210	02/Set/2023	14	24380.30	310.42		
10	19/Ago/2023	A0.10	3-4"	210	09/Set/2023	21	25215.40	321.05	315.59	
11	19/Ago/2023	A0.11	3-4"	210	09/Set/2023	21	24322.10	309.68		
12	19/Ago/2023	A0.12	3-4"	210	09/Set/2023	21	24821.70	316.04		
13	19/Ago/2023	A0.13	3-4"	210	16/Set/2023	28	25299.30	322.12	326.07	
14	19/Ago/2023	A0.14	3-4"	210	16/Set/2023	28	25609.20	326.07		
15	19/Ago/2023	A0.15	3-4"	210	16/Set/2023	28	25918.90	330.01		

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 100**

*Curva de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$*



*Nota:* Elaboración propia

### 5.6.1.3 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado se observan en la Figura 99. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 100.

**Figura 101**

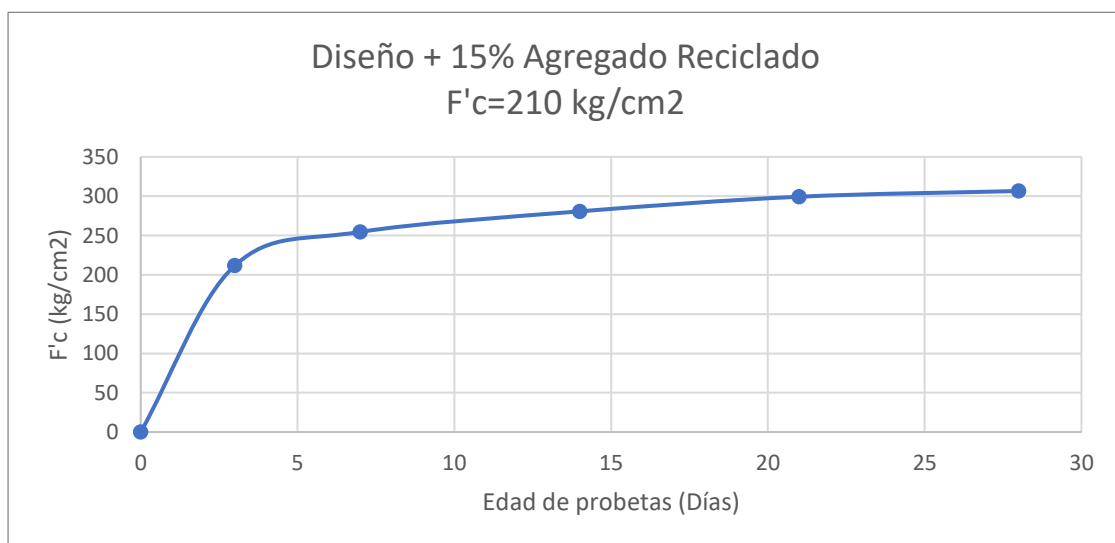
*Control de roturas de probetas  $f'c= 210\text{kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> + 15% AGREGADO RECICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	A15.1	3-4"	210	22/Ago/2023	3	16989.60	216.32	211.65
2	19/Ago/2023	A15.2	3-4"	210	22/Ago/2023	3	16088.60	204.85	
3	19/Ago/2023	A15.3	3-4"	210	22/Ago/2023	3	16790.40	213.78	
4	19/Ago/2023	A15.4	3-4"	210	26/Ago/2023	7	18700.40	238.10	254.51
5	19/Ago/2023	A15.5	3-4"	210	26/Ago/2023	7	20328.50	258.83	
6	19/Ago/2023	A15.6	3-4"	210	26/Ago/2023	7	20939.70	266.61	
7	19/Ago/2023	A15.7	3-4"	210	02/Set/2023	14	23862.80	303.83	280.65
8	19/Ago/2023	A15.8	3-4"	210	02/Set/2023	14	22786.00	290.12	
9	19/Ago/2023	A15.9	3-4"	210	02/Set/2023	14	19476.90	247.99	
10	19/Ago/2023	A15.10	3-4"	210	09/Set/2023	21	23821.70	303.31	299.29
11	19/Ago/2023	A15.11	3-4"	210	09/Set/2023	21	23358.10	297.40	
12	19/Ago/2023	A15.12	3-4"	210	09/Set/2023	21	23339.10	297.16	
13	19/Ago/2023	A15.13	3-4"	210	16/Set/2023	28	23563.10	300.01	306.60
14	19/Ago/2023	A15.14	3-4"	210	16/Set/2023	28	25497.60	324.65	
15	19/Ago/2023	A15.15	3-4"	210	16/Set/2023	28	23179.60	295.13	

Nota: Elaboración propia

**Figura 102**

*Curva de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  + 15% agregado fino reciclado*



Nota: Elaboración propia

### 5.6.1.4 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado se observan en la Figura 101. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 102.

**Figura 103**

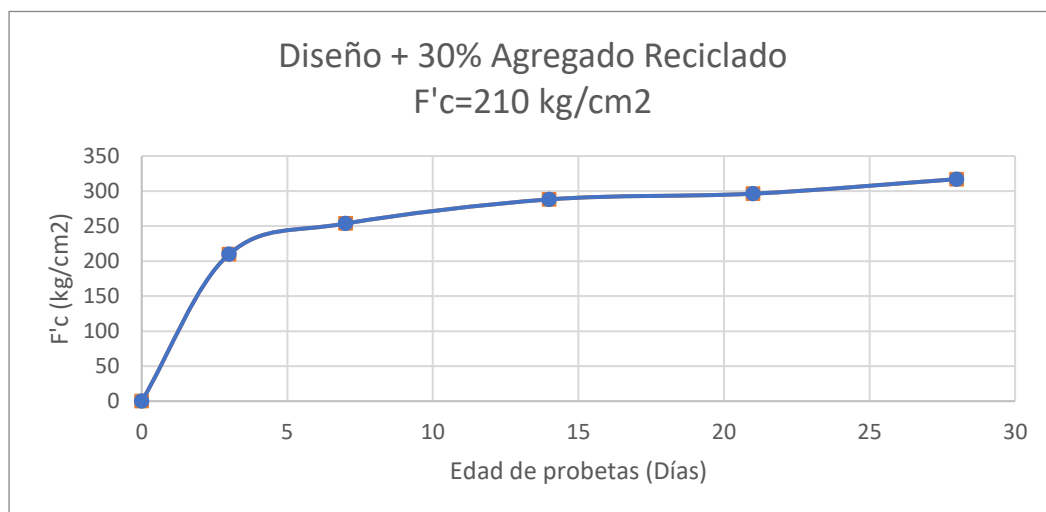
*Control de roturas de probetas  $f'c= 210\text{kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> + 30% AGREGADO RECICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	A30.1	3-4"	210	22/Ago/2023	3	15483.90	197.15	209.70
2	19/Ago/2023	A30.2	3-4"	210	22/Ago/2023	3	16543.70	210.64	
3	19/Ago/2023	A30.3	3-4"	210	22/Ago/2023	3	17381.30	221.31	
4	19/Ago/2023	A30.4	3-4"	210	26/Ago/2023	7	20745.40	264.14	253.56
5	19/Ago/2023	A30.5	3-4"	210	26/Ago/2023	7	19715.50	251.03	
6	19/Ago/2023	A30.6	3-4"	210	26/Ago/2023	7	19283.80	245.53	
7	19/Ago/2023	A30.7	3-4"	210	02/Set/2023	14	22172.30	282.31	288.06
8	19/Ago/2023	A30.8	3-4"	210	02/Set/2023	14	22474.80	286.16	
9	19/Ago/2023	A30.9	3-4"	210	02/Set/2023	14	23225.10	295.71	
10	19/Ago/2023	A30.10	3-4"	210	09/Set/2023	21	23724.40	302.07	296.24
11	19/Ago/2023	A30.11	3-4"	210	09/Set/2023	21	24303.60	309.44	
12	19/Ago/2023	A30.12	3-4"	210	09/Set/2023	21	21772.00	277.21	
13	19/Ago/2023	A30.13	3-4"	210	16/Set/2023	28	24060.90	306.35	316.98
14	19/Ago/2023	A30.14	3-4"	210	16/Set/2023	28	25932.00	330.18	
15	19/Ago/2023	A30.15	3-4"	210	16/Set/2023	28	24692.70	314.40	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 104**

*Curva de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2 + 30\%$  agregado fino reciclado*



*Nota:* Elaboración propia

### 5.6.1.5 Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado se observan en la Figura 103. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 104

**Figura 105**

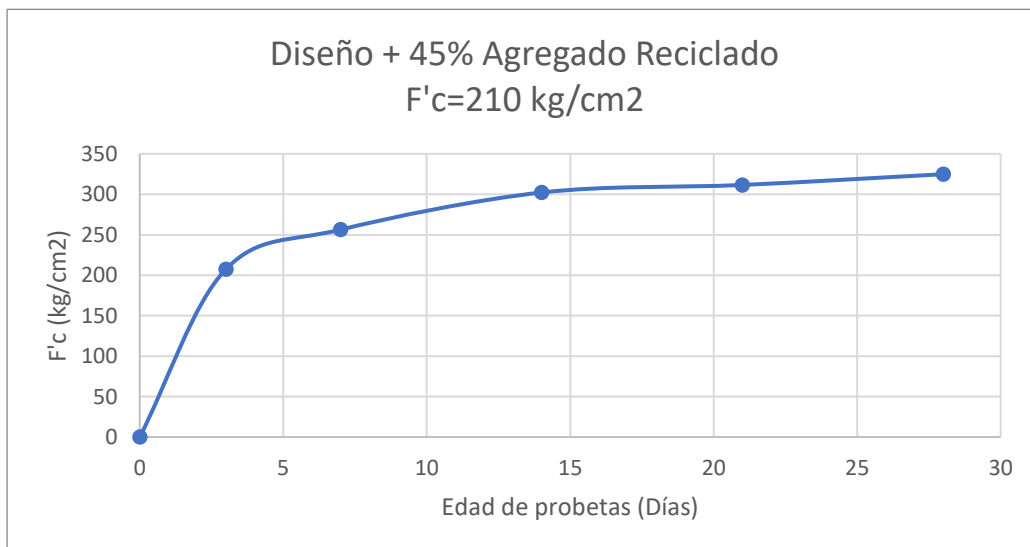
*Control de roturas de probetas  $f'c= 210\text{kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> + 45% AGREGADO RECICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área	78.54 cm <sup>2</sup>					
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	A45.1	3-4"	210	22/Ago/2023	3	15880.20	202.19	207.31
2	19/Ago/2023	A45.2	3-4"	210	22/Ago/2023	3	17076.80	217.43	
3	19/Ago/2023	A45.3	3-4"	210	22/Ago/2023	3	15888.70	202.30	
4	19/Ago/2023	A45.4	3-4"	210	26/Ago/2023	7	17622.10	224.37	256.36
5	19/Ago/2023	A45.5	3-4"	210	26/Ago/2023	7	21594.70	274.95	
6	19/Ago/2023	A45.6	3-4"	210	26/Ago/2023	7	21185.50	269.74	
7	19/Ago/2023	A45.7	3-4"	210	02/Set/2023	14	23511.90	299.36	302.24
8	19/Ago/2023	A45.8	3-4"	210	02/Set/2023	14	23861.70	303.82	
9	19/Ago/2023	A45.9	3-4"	210	02/Set/2023	14	23840.00	303.54	
10	19/Ago/2023	A45.10	3-4"	210	09/Set/2023	21	24470.50	311.57	311.58
11	19/Ago/2023	A45.11	3-4"	210	09/Set/2023	21	24618.70	313.46	
12	19/Ago/2023	A45.12	3-4"	210	09/Set/2023	21	24325.80	309.73	
13	19/Ago/2023	A45.13	3-4"	210	16/Set/2023	28	26446.20	336.72	324.83
14	19/Ago/2023	A45.14	3-4"	210	16/Set/2023	28	25952.70	330.44	
15	19/Ago/2023	A45.15	3-4"	210	16/Set/2023	28	24138.40	307.34	

Nota: Elaboración propia

**Figura 106**

*Curva de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  + 45% agregado fino reciclado*



Nota: Elaboración propia

### 5.6.1.6 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  agregado fino se observan en la Figura 105. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 106.

**Figura 107**

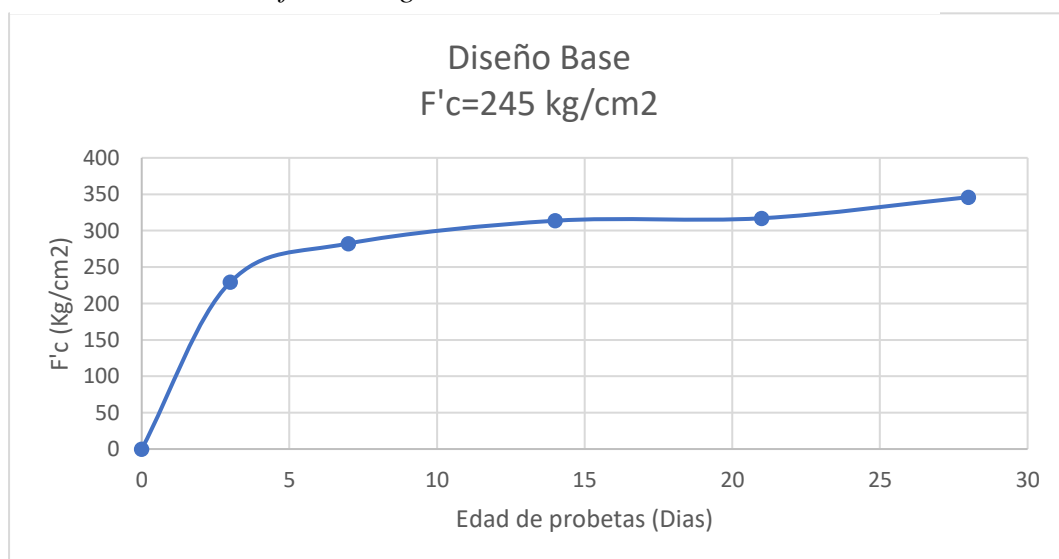
*Control de roturas de probetas  $f'c= 245\text{kg/cm}^2$*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 245 kg/cm <sup>2</sup>							
Probetas:		20x10cm	Área	78.54 cm <sup>2</sup>					
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	B0.1	3-4"	245	22/Ago/2023	3	17887.50	227.75	229.24
2	19/Ago/2023	B0.2	3-4"	245	22/Ago/2023	3	18649.80	237.46	
3	19/Ago/2023	B0.3	3-4"	245	22/Ago/2023	3	17475.90	222.51	
4	19/Ago/2023	B0.4	3-4"	245	26/Ago/2023	7	23382.20	297.71	282.35
5	19/Ago/2023	B0.5	3-4"	245	26/Ago/2023	7	21778.90	277.30	
6	19/Ago/2023	B0.6	3-4"	245	26/Ago/2023	7	21366.70	272.05	
7	19/Ago/2023	B0.7	3-4"	245	02/Set/2023	14	24943.30	317.59	313.65
8	19/Ago/2023	B0.8	3-4"	245	02/Set/2023	14	25941.40	330.30	
9	19/Ago/2023	B0.9	3-4"	245	02/Set/2023	14	23017.30	293.07	
10	19/Ago/2023	B0.10	3-4"	245	09/Set/2023	21	23214.40	295.57	317.04
11	19/Ago/2023	B0.11	3-4"	245	09/Set/2023	21	26046.80	331.64	
12	19/Ago/2023	B0.12	3-4"	245	09/Set/2023	21	25440.40	323.92	
13	19/Ago/2023	B0.13	3-4"	245	16/Set/2023	28	27171.50	345.96	346.03
14	19/Ago/2023	B0.14	3-4"	245	16/Set/2023	28	26778.30	340.95	
15	19/Ago/2023	B0.15	3-4"	245	16/Set/2023	28	27581.50	351.18	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 108**

*Curva de resistencia  $f'c=245\text{kg/cm}^2$*



*Nota:* Elaboración propia

### 5.6.1.7 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado se observan en la Figura 107. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 108

**Figura 109**

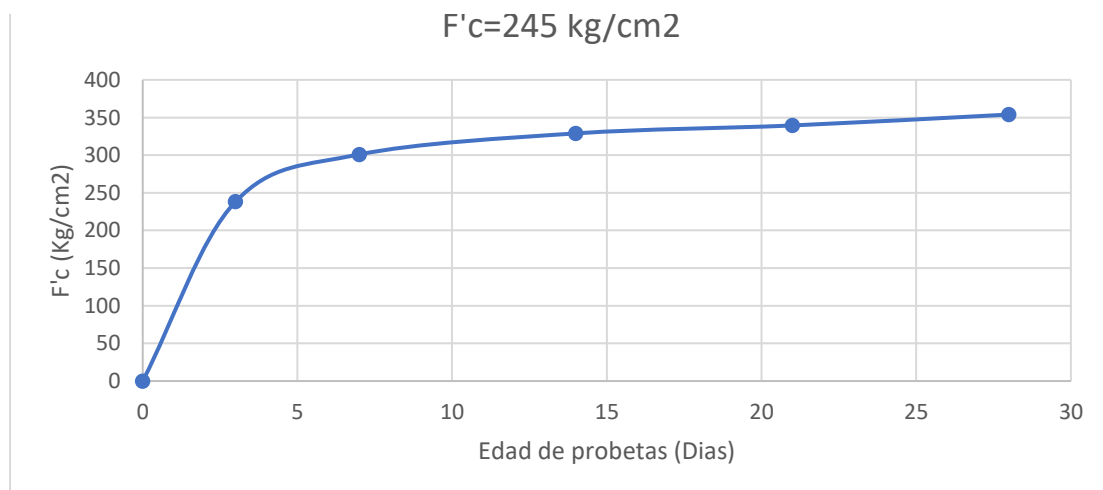
*Control de roturas de probetas  $f'c= 245\text{kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 245 kg/cm <sup>2</sup> + 15% AGREGADO RECICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	B15.1	3-4"	245	22/Ago/2023	3	16153.40	205.67	238.24
2	19/Ago/2023	B15.2	3-4"	245	22/Ago/2023	3	20752.60	264.23	
3	19/Ago/2023	B15.3	3-4"	245	22/Ago/2023	3	19227.90	244.82	
4	19/Ago/2023	B15.4	3-4"	245	26/Ago/2023	7	22813.90	290.48	300.94
5	19/Ago/2023	B15.5	3-4"	245	26/Ago/2023	7	23722.60	302.05	
6	19/Ago/2023	B15.6	3-4"	245	26/Ago/2023	7	24370.10	310.29	
7	19/Ago/2023	B15.7	3-4"	245	02/Set/2023	14	26580.70	338.44	328.90
8	19/Ago/2023	B15.8	3-4"	245	02/Set/2023	14	24360.60	310.17	
9	19/Ago/2023	B15.9	3-4"	245	02/Set/2023	14	26552.90	338.08	
10	19/Ago/2023	B15.10	3-4"	245	09/Set/2023	21	26491.90	337.31	339.45
11	19/Ago/2023	B15.11	3-4"	245	09/Set/2023	21	27386.70	348.70	
12	19/Ago/2023	B15.12	3-4"	245	09/Set/2023	21	26101.40	332.33	
13	19/Ago/2023	B15.13	3-4"	245	16/Set/2023	28	28413.40	361.77	353.94
14	19/Ago/2023	B15.14	3-4"	245	16/Set/2023	28	26753.20	340.63	
15	19/Ago/2023	B15.15	3-4"	245	16/Set/2023	28	28227.50	359.40	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 110**

*Curva de resistencia  $f'c=245\text{kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado*



*Nota:* Elaboración propia

### 5.6.1.8 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +30% agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado se observan en la Figura 109. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 110.

**Figura 111**

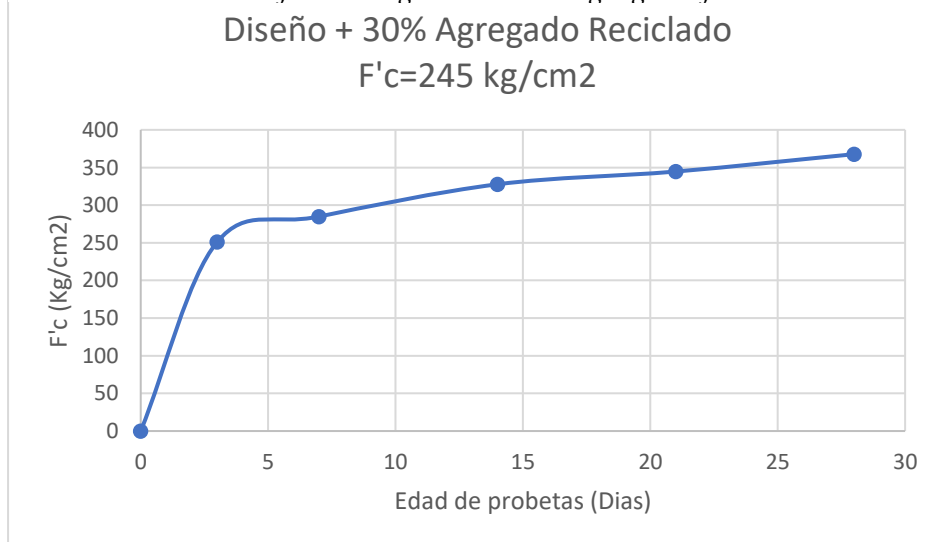
*Control de roturas de probetas  $f'c= 245\text{kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 245 kg/cm <sup>2</sup> + 30% AGREGADO REICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	B30.1	3-4"	245	22/Ago/2023	3	19634.90	250.00	251.06
2	19/Ago/2023	B30.2	3-4"	245	22/Ago/2023	3	20258.10	257.93	
3	19/Ago/2023	B30.3	3-4"	245	22/Ago/2023	3	19262.10	245.25	
4	19/Ago/2023	B30.4	3-4"	245	26/Ago/2023	7	23036.70	293.31	284.83
5	19/Ago/2023	B30.5	3-4"	245	26/Ago/2023	7	20704.40	263.62	
6	19/Ago/2023	B30.6	3-4"	245	26/Ago/2023	7	23369.50	297.55	
7	19/Ago/2023	B30.7	3-4"	245	02/Set/2023	14	26002.10	331.07	327.72
8	19/Ago/2023	B30.8	3-4"	245	02/Set/2023	14	25503.50	324.72	
9	19/Ago/2023	B30.9	3-4"	245	02/Set/2023	14	25711.60	327.37	
10	19/Ago/2023	B30.10	3-4"	245	09/Set/2023	21	26940.10	343.01	344.65
11	19/Ago/2023	B30.11	3-4"	245	09/Set/2023	21	28697.70	365.39	
12	19/Ago/2023	B30.12	3-4"	245	09/Set/2023	21	25569.50	325.56	
13	19/Ago/2023	B30.13	3-4"	245	16/Set/2023	28	29536.70	376.07	367.69
14	19/Ago/2023	B30.14	3-4"	245	16/Set/2023	28	27866.00	354.80	
15	19/Ago/2023	B30.15	3-4"	245	16/Set/2023	28	29232.60	372.20	

Nota: Elaboración propia

**Figura 112**

*Curva de resistencia  $f'c=245\text{kg/cm}^2$  +30% agregado fino reciclado*



Nota: Elaboración propia

### 5.6.1.9 Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado se observan en la Figura 111. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 112.

**Figura 114**

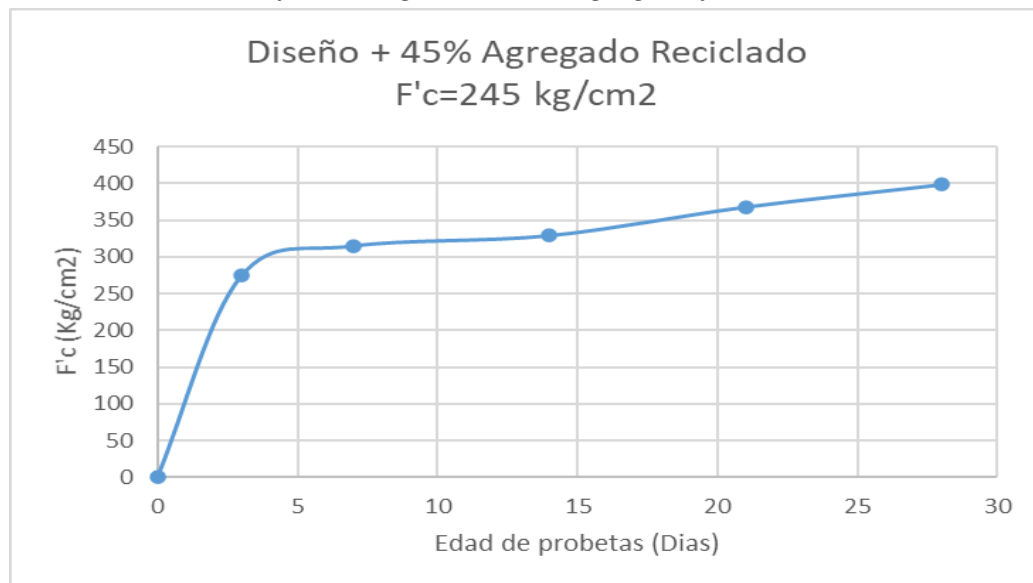
*Control de roturas de probetas  $f'c= 210\text{kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 245 kg/cm <sup>2</sup> + 45% AGREGADO REICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	B45.1	3-4"	245	22/Ago/2023	3	22031.60	280.52	274.43
2	19/Ago/2023	B45.2	3-4"	245	22/Ago/2023	3	21191.30	269.82	
3	19/Ago/2023	B45.3	3-4"	245	22/Ago/2023	3	21439.30	272.97	
4	19/Ago/2023	B45.4	3-4"	245	26/Ago/2023	7	25175.60	320.55	315.51
5	19/Ago/2023	B45.5	3-4"	245	26/Ago/2023	7	25070.50	319.21	
6	19/Ago/2023	B45.6	3-4"	245	26/Ago/2023	7	24093.40	306.77	
7	19/Ago/2023	B45.7	3-4"	245	02/Set/2023	14	24973.00	317.97	329.52
8	19/Ago/2023	B45.8	3-4"	245	02/Set/2023	14	26930.70	342.89	
9	19/Ago/2023	B45.9	3-4"	245	02/Set/2023	14	25737.80	327.70	
10	19/Ago/2023	B45.10	3-4"	245	09/Set/2023	21	29882.80	380.48	368.31
11	19/Ago/2023	B45.11	3-4"	245	09/Set/2023	21	29778.40	379.15	
12	19/Ago/2023	B45.12	3-4"	245	09/Set/2023	21	27118.80	345.29	
13	19/Ago/2023	B45.13	3-4"	245	16/Set/2023	28	32063.20	408.24	398.77
14	19/Ago/2023	B45.14	3-4"	245	16/Set/2023	28	30533.00	388.76	
15	19/Ago/2023	B45.15	3-4"	245	16/Set/2023	28	31361.90	399.31	

Nota: Elaboración propia

**Figura 113**

*Curva de resistencia  $f'c=245\text{kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado*



Nota: Elaboración propia



### 5.6.1.10 Concreto $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> se observan en la Figura 113. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 114.

**Figura 115**

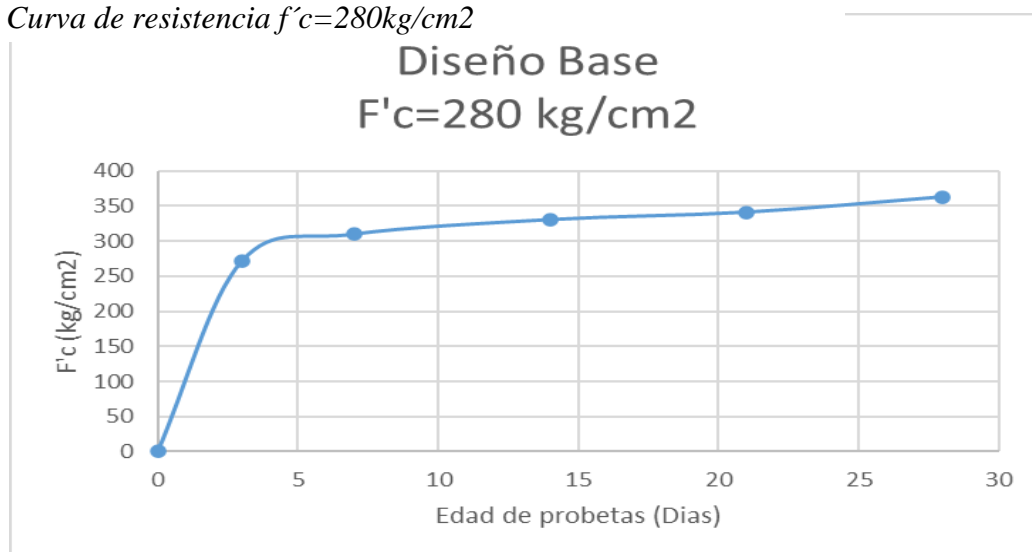
*Control de roturas de probetas  $f'c= 280$  kg/cm<sup>2</sup>*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup>							
Probetas:		20x10cm	Área	78.54 cm <sup>2</sup>					
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	C0.1	3-4"	280	22/Ago/2023	3	20820.90	265.10	271.01
2	19/Ago/2023	C0.2	3-4"	280	22/Ago/2023	3	22576.80	287.46	
3	19/Ago/2023	C0.3	3-4"	280	22/Ago/2023	3	20456.90	260.47	
4	19/Ago/2023	C0.4	3-4"	280	26/Ago/2023	7	26161.60	333.10	309.56
5	19/Ago/2023	C0.5	3-4"	280	26/Ago/2023	7	24601.80	313.24	
6	19/Ago/2023	C0.6	3-4"	280	26/Ago/2023	7	22174.20	282.33	
7	19/Ago/2023	C0.7	3-4"	280	02/Set/2023	14	27245.80	346.90	330.29
8	19/Ago/2023	C0.8	3-4"	280	02/Set/2023	14	25049.80	318.94	
9	19/Ago/2023	C0.9	3-4"	280	02/Set/2023	14	25527.90	325.03	
10	19/Ago/2023	C0.10	3-4"	280	09/Set/2023	21	26740.00	340.46	340.88
11	19/Ago/2023	C0.11	3-4"	280	09/Set/2023	21	26065.50	331.88	
12	19/Ago/2023	C0.12	3-4"	280	09/Set/2023	21	27512.60	350.30	
13	19/Ago/2023	C0.13	3-4"	280	16/Set/2023	28	26898.50	342.48	362.67
14	19/Ago/2023	C0.14	3-4"	280	16/Set/2023	28	29028.70	369.60	
15	19/Ago/2023	C0.15	3-4"	280	16/Set/2023	28	29524.10	375.91	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 116**

*Curva de resistencia  $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>*



*Nota:* Elaboración propia

### 5.6.1.11 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +15% agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado se observan en la Figura 115. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 116.

**Figura 117**

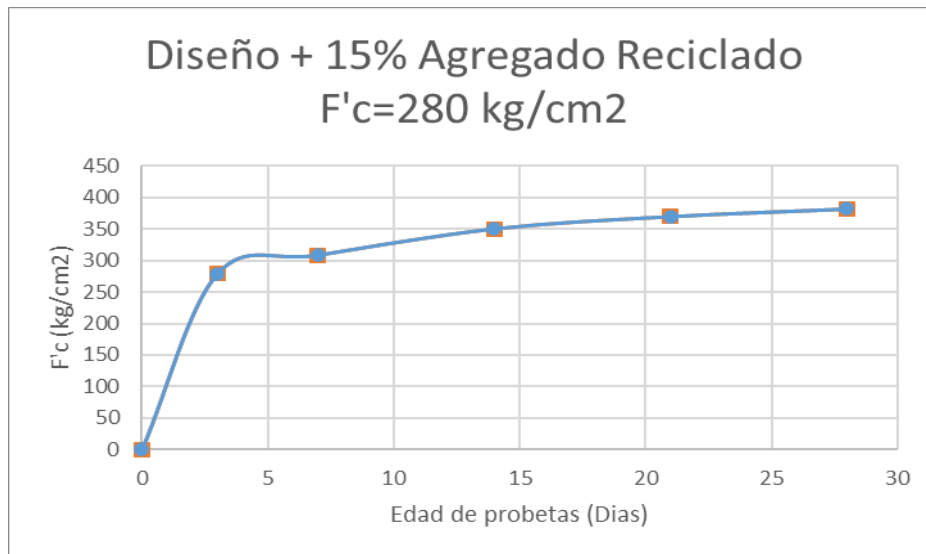
*Control de roturas de probetas  $f'c= 280\text{kg/cm}^2$  +15% agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> + 15% AGREGADO RECICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	C15.1	3-4"	280	22/Ago/2023	3	21706.60	276.38	279.36
2	19/Ago/2023	C15.2	3-4"	280	22/Ago/2023	3	21040.50	267.90	
3	19/Ago/2023	C15.3	3-4"	280	22/Ago/2023	3	23076.10	293.81	
4	19/Ago/2023	C15.4	3-4"	280	26/Ago/2023	7	24028.50	305.94	308.88
5	19/Ago/2023	C15.5	3-4"	280	26/Ago/2023	7	24582.40	312.99	
6	19/Ago/2023	C15.6	3-4"	280	26/Ago/2023	7	24167.20	307.71	
7	19/Ago/2023	C15.7	3-4"	280	02/Set/2023	14	27979.50	356.25	350.51
8	19/Ago/2023	C15.8	3-4"	280	02/Set/2023	14	26878.00	342.22	
9	19/Ago/2023	C15.9	3-4"	280	02/Set/2023	14	27730.00	353.07	
10	19/Ago/2023	C15.10	3-4"	280	09/Set/2023	21	28278.60	360.05	369.97
11	19/Ago/2023	C15.11	3-4"	280	09/Set/2023	21	29282.40	372.84	
12	19/Ago/2023	C15.12	3-4"	280	09/Set/2023	21	29612.00	377.03	
13	19/Ago/2023	C15.13	3-4"	280	16/Set/2023	28	29203.80	371.83	381.82
14	19/Ago/2023	C15.14	3-4"	280	16/Set/2023	28	30651.30	390.26	
15	19/Ago/2023	C15.15	3-4"	280	16/Set/2023	28	30108.90	383.36	

Nota: Elaboración propia

**Figura 118**

*Curva de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  + 15% agregado fino reciclado*



Nota: Elaboración propia

### 5.6.1.12 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 +30\%$ agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 +30\%$  agregado fino reciclado se observan en la Figura 117. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 118.

**Figura 119**

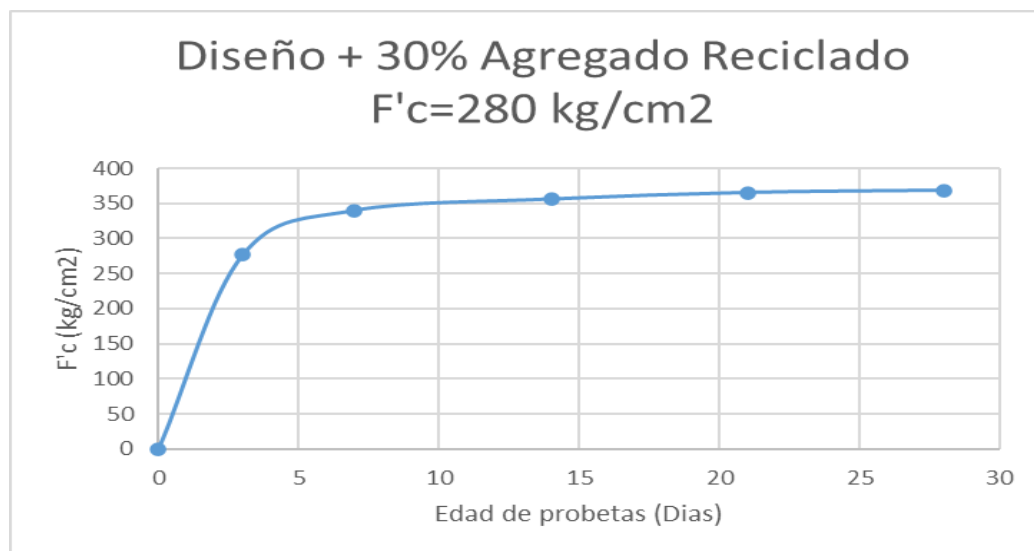
*Control de roturas de probetas  $f'c= 280\text{kg/cm}^2 +30\%$  agregado fino reciclado*

CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> + 30% AGREGADO RECICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	C30.1	3-4"	280	22/Ago/2023	3	22641.20	288.28	276.55
2	19/Ago/2023	C30.2	3-4"	280	22/Ago/2023		20784.20	264.63	
3	19/Ago/2023	C30.3	3-4"	280	22/Ago/2023		21736.00	276.75	
4	19/Ago/2023	C30.4	3-4"	280	26/Ago/2023	7	26770.30	340.85	339.97
5	19/Ago/2023	C30.5	3-4"	280	26/Ago/2023		27654.50	352.11	
6	19/Ago/2023	C30.6	3-4"	280	26/Ago/2023		25678.50	326.95	
7	19/Ago/2023	C30.7	3-4"	280	02/Set/2023	14	27667.80	352.28	356.13
8	19/Ago/2023	C30.8	3-4"	280	02/Set/2023		28710.80	365.56	
9	19/Ago/2023	C30.9	3-4"	280	02/Set/2023		27532.50	350.55	
10	19/Ago/2023	C30.10	3-4"	280	09/Set/2023	21	29398.00	374.31	365.51
11	19/Ago/2023	C30.11	3-4"	280	09/Set/2023		28448.20	362.21	
12	19/Ago/2023	C30.12	3-4"	280	09/Set/2023		28274.50	360.00	
13	19/Ago/2023	C30.13	3-4"	280	16/Set/2023	28	28076.60	357.48	368.61
14	19/Ago/2023	C30.14	3-4"	280	16/Set/2023		29484.40	375.41	
15	19/Ago/2023	C30.15	3-4"	280	16/Set/2023		29291.10	372.95	

Nota: Elaboración propia

**Figura 120**

*Curva de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2 +30\%$  agregado fino reciclado*



Nota: Elaboración propia

### 5.6.1.13 Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ +45% agregado fino reciclado

Los resultados de las roturas de probetas de concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado se observan en la Figura 119. Con estos datos obtenidos se desarrolló la curva de resistencia mostrada en la Figura 120

**Figura 121**

*Control de roturas de probetas  $f'c= 280\text{kg/cm}^2$  +45% agregado fino reciclado*

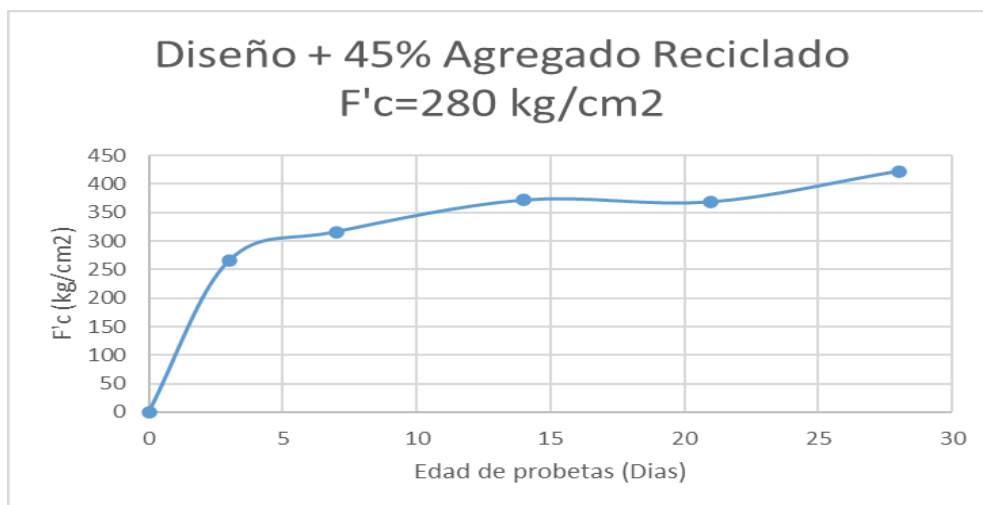
CONTROL DE ROTURAS DE PROBETAS									
Diseño:		Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> + 45% AGREGADO RECICLADO							
Probetas:		20x10cm	Área		78.54 cm <sup>2</sup>				
ID	Fecha vaciado	Probeta	Slump	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Resultado		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
							kgf	kg/cm <sup>2</sup>	
1	19/Ago/2023	C45.1	3-4"	280	22/Ago/2023	3	20584.60	262.09	265.50
2	19/Ago/2023	C45.2	3-4"	280	22/Ago/2023	3	21573.50	274.68	
3	19/Ago/2023	C45.3	3-4"	280	22/Ago/2023	3	20397.80	259.71	
4	19/Ago/2023	C45.4	3-4"	280	26/Ago/2023	7	23705.70	301.83	315.95
5	19/Ago/2023	C45.5	3-4"	280	26/Ago/2023	7	25381.20	323.16	
6	19/Ago/2023	C45.6	3-4"	280	26/Ago/2023	7	25356.60	322.85	
7	19/Ago/2023	C45.7	3-4"	280	02/Set/2023	14	28708.70	365.53	371.65
8	19/Ago/2023	C45.8	3-4"	280	02/Set/2023	14	29151.10	371.16	
9	19/Ago/2023	C45.9	3-4"	280	02/Set/2023	14	29708.00	378.25	
10	19/Ago/2023	C45.10	3-4"	280	09/Set/2023	21	29882.80	380.48	368.31
11	19/Ago/2023	C45.11	3-4"	280	09/Set/2023	21	29778.40	379.15	
12	19/Ago/2023	C45.12	3-4"	280	09/Set/2023	21	27118.80	345.29	
13	19/Ago/2023	C45.13	3-4"	280	16/Set/2023	28	33892.10	431.53	422.19
14	19/Ago/2023	C45.14	3-4"	280	16/Set/2023	28	31799.40	404.88	
15	19/Ago/2023	C45.15	3-4"	280	16/Set/2023	28	33785.20	430.17	

Nota:

Elaboración propia

**Figura 122**

*Curva de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  + 45% agregado fino reciclado*



Nota: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. En función a los resultados obtenidos en los ensayos de granulometría del agregado fino de cantera y del agregado fino mezclado con porcentajes al 15%, 30% y 45% de agregado fino reciclado, se verificó que la incorporación del agregado fino reciclado mejoró al agregado fino de cantera, brindándole un módulo de fineza (MF) más aceptable dentro de las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana NTP 400.037; ya que, esta norma indica que el MF del agregado fino debe encontrarse entre 2.3 y 3.1 y el agregado fino de cantera que se utilizó tenía MF= 2.34; es decir, se encontraba en el límite inferior. Al agregarle 15%, 30% y 45% de agregado fino reciclado, el MF obtenido fue 2.53, 2.76 y 2.83 respectivamente. Evidenciándose así que la utilización de agregado fino reciclado de la empresa MP RECICLA S.A.C. puede utilizarse como un agregado que permite el mejoramiento de agregados finos de cantera con bajo módulo de fineza.

2. La utilización de agregado reciclado en el diseño de concreto requirió una superior cantidad de agua; es decir, a mayor porcentaje de agregado fino reciclado reemplazando el agregado fino de cantera, se necesitó mayor cantidad de agua. Esta variación se debió al porcentaje de absorción elevado del agregado fino reciclado, el cual es de 9.00%, mientras la absorción del agregado fino de cantera fue de 1.21%. Por lo cual se definió que la utilización de agregado reciclado es aceptable en el diseño de concreto siempre y cuando este no afecte considerablemente la relación agua/cemento de diseño.

3. Los análisis de concreto fresco, tales como el asentamiento y el contenido de aire en la mezcla se encontraron dentro de los parámetros de diseño, esto concluye que, al tener un correcto control de la absorción y humedad del agregado de concreto reciclado, este puede utilizarse en diseños de mezclas más y menos fluidas, ya que el comportamiento de este puede ser controlado dentro de un correcto diseño.

4. Los ensayos de compresión realizados en el concreto a edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, indican que el uso de agregado fino reciclado en concretos con distintas resistencias no es perjudicial para la resistencia final; incluso en el caso del concreto de 245 kg/cm<sup>2</sup>

y de 280 kg/cm<sup>2</sup> las resistencias aumentaron conforme se aumentó el índice porcentual de agregado reciclado. Esto no indica que se puede sustituir aleatoriamente el agregado fino reciclado por el agregado fino de cantera y esperar que la resistencia sea igual al de diseño original. Pero contando con un modelo de diseño como el realizado para esta tesis, en el cual se consideró las características físicas tanto del agregado fino de cantera, agregado grueso de cantera y agregado fino reciclado, se puede tener un concreto que nos brinde la resistencia deseada de diseño.

## RECOMENDACIONES

1. Los datos finales obtenidos en esta tesis indican que el agregado reciclado permisible para un diseño de concreto, pero este debe ser estudiado independiente como un nuevo agregado, no puede considerarse una homogeneidad a todos los agregados reciclados; ya que, estos dependen de su procedencia, la chancadora por la cual sea procesado y las mallas por las cuales se tamicen para la obtención del producto final.
2. Para el diseño de concreto con agregado de concreto reciclado se debe realizar la corrección por humedad del agregado reciclado como un agregado independiente al agregado fino de cantera.
3. Con finalidad de seleccionar el agregado de concreto reciclado, debe tenerse en consideración una empresa con un correcto proceso de selección de material para la chancadora, en caso al visitar la planta de producción o a visualizar el material, este no se vea homogéneo, se recomienda no utilizarlo para concreto; ya que, puede ocasionar problemas en su resistencia final.
4. Se recomienda continuar con investigaciones que permitan dar mayor confiabilidad al uso de agregado fino de concreto reciclado en diseños de concreto para así poder disminuir el volumen de residuos de construcción; adicionalmente, se debe tomar en consideración que no solo basta con haber realizado ensayos de compresión y tener un resultado positivo; sino también, se recomienda continuar con ensayos que puedan medir el comportamiento del concreto con agregado reciclado a lo largo del tiempo y en distintas situaciones, para medir su impermeabilidad, resistencia a sulfatos, entre otros.

## REFERENCIAS

- ACI 211.1-91 (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/38504100/ACI\\_211\\_1\\_91\\_Standard\\_Practice\\_for\\_Selecting\\_Proportions\\_for\\_Normal\\_Heavyweight\\_and\\_Mass\\_Concrete](https://www.academia.edu/38504100/ACI_211_1_91_Standard_Practice_for_Selecting_Proportions_for_Normal_Heavyweight_and_Mass_Concrete)
- ASTM C33 (2003). *Especificación estándar para agregados para concreto*. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/astm-c33-03-espaol-5-pdf-free.html>.
- Bazalar, L. y Cadenillas, M. (2019). *Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en estructuras aporticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628103>
- Bazán, I. (2018) *Caracterización de residuos de construcción de lima y callao (estudio de caso)*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10189/BAZAN\\_GARAY\\_CHARACTERIZACION\\_RESIDUOS\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10189/BAZAN_GARAY_CHARACTERIZACION_RESIDUOS_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bermúdez, R. (2021). *Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto con la sustitución de residuos de construcción y demolición como agregado grueso*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa, Colombia]. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/8174?show=full>
- Bojacá, N. (2013). *Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado*. [Tesis de maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/132/Bojac%C3%A1%20Casta%C3%B1eda%2C%20N%C3%A9stor%20Ra%C3%BA%20-%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bolívar, G. (2018). *Análisis de la resistencia a la compresión  $f'c$  del concreto hidráulico adicionado con silicato de sodio, mediante ensayos de madurez y resistencia a la compresión*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13335/Bol%EDvarF>



arf%ElInGennethEliana2018.pdf;jsessionid=D08B6841E8A86EBD1BC356CF6  
EB374D5?sequence=1

- Borja, M. (2016). *Metodología de Investigación Científica para ingenieros*.  
[https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Cient%C3%ADfica\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil)
- Charles G. Salmon, John E. Johnson y Faris A. (2008) *Steel Structures: Design and Behavior*. <https://es.scribd.com/document/403045643/Charles-G-Salmon-John-E-Johnson-Faris-A-Malhas-Steel-Structures-Design-and-Behavior-5th-Edition-Prentice-Hall-2008-1-pdf#>
- Chen, W.F., y Lui, E.M. (2005). *Handbook of Structural Engineering*.  
<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=PFBsBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=structural+engineering+chen+wai-fah&ots=NuMlt54UnI&sig=1WV-xyttN1o-uOzB5zFlVHnkAs8#v=onepage&q=structural%20engineering%20chen%20wai-fah&f=false>
- Del Cueto, B. (2015). *Historia en concreto: el desarrollo de los morteros hidráulicos y el uso del cemento en Puerto Rico*. [www.academia.edu](http://www.academia.edu).  
<https://www.academia.edu/download/60355510/concretopr20190821-69610-nw42kg.pdf>
- Diario Oficial El Peruano (2013), *Decreto Supremo N°. 003-2013-Vivienda. Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-para-la-gestion-y-manejo-de-los-residuos-decreto-supremo-n-003-2013-vivienda-899557-2/>
- Diario Oficial El Peruano (2021, 16 de mayo). *Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura*. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-debasura#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20se%20genera,org%C3%A1nica%20como%20alimentos%20o%20vegetales>.
- Díaz, L. (2018). *Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de concretos en Colima Villa de Álvarez*. [Tesis de maestría, Universidad del Valle, Colombia].  
<https://dspace.itcolima.edu.mx/bitstream/handle/123456789/1478/Luis%20Gerardo%20D%C3%ADaz%20%C3%81lvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- DIGESA (2010). *Preguntas frecuentes de residuos sólidos generados en los establecimientos de salud, servicios médicos de apoyo y centros de investigación*. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/preguntas-frecuentes/preguntas\\_residuos.asp#:~:text=y%20ambientalmente%20segura.-,Relleno%20mixto.,gesti%C3%B3n%20municipal%20y%20no%20municipal](http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/preguntas-frecuentes/preguntas_residuos.asp#:~:text=y%20ambientalmente%20segura.-,Relleno%20mixto.,gesti%C3%B3n%20municipal%20y%20no%20municipal)
- Fonseca, E. (2018). *Evaluación comparativa de concreto con agregado natural y concreto a partir de agregado reciclado de prefabricados de concreto, bajo un análisis de ciclo de vida*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76966>
- Galarza, G. (2022). “Análisis comparativo del desempeño mecánico y durabilidad de hormigón reciclado y hormigón tradicional”. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4283>
- Grupo Argos (2022). *Diseño de mezclas de concreto: conceptos básicos*. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/disen-de-mezclas-de-concreto/#:~:text=Dicho%20sistema%20consiste%20en%20preparar,y%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n>.
- Guarín, N., Montenegro, L., Walteros, G. y Reyes, S. (2015) *Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia*. [https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Construccion\\_Civil/29.pdf](https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Construccion_Civil/29.pdf)
- Jimenez, A. (2013). *Factores óptimos de carga para el diseño de columnas esbeltas de c/r ante cargas viva y muerta* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México, México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/4127/1/Tesis.pdf>
- Jiménez, W. y López, A. (2017) *Análisis mecánico de la utilización de concreto reciclado como agregado grueso en un concreto de alto desempeño (6000 psi o 42 mpa)* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Colombia]. <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=77921>
- Laura, S. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Publicación de la Universidad Nacional del Altiplano.

- León, J. (2017, 26 agosto). *En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos*. Diario El Comercio, Perú. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/lima-generan-19-mil-toneladas-desmonte-dia-70-mar-rios-noticia-453274-noticia/>
- Marín, J. (2019, 16 septiembre). *Resistencia a la compresión axial del concreto al reemplazar concreto reciclado como agregado grueso en porcentajes del 5%, 10% y 15%*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Perú]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22185>
- McCormac, J. y Brown, R. (2014). *Design of Reinforced Concrete*. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=\\_wclCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=McCormac,+J.C.,+%26+Brown,+R.H.+\(2014\).+Design+of+Reinforced+Concrete&ots=uL9jivqYBG&sig=hPIhl68A5Q7dPDb92sUDlqwFtWs#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=_wclCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=McCormac,+J.C.,+%26+Brown,+R.H.+(2014).+Design+of+Reinforced+Concrete&ots=uL9jivqYBG&sig=hPIhl68A5Q7dPDb92sUDlqwFtWs#v=onepage&q&f=false)
- Medina, A. (2022). *Influencia de la incorporación de agregado grueso de concreto reciclado, en las propiedades mecánicas a compresión y flexión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> - Abancay 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes, Perú]. <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/342>
- Ministerio del Ambiente (2021) *Listado de rellenos sanitarios*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional>
- Moreno, L., Ospina, M. y Rodríguez, K. (2019). *Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052019000400635>
- Muñoz, S., Díaz, D., Gamarra, E. y Chaname, J. (2021). *La Influencia de los RCD en reemplazo de los agregados para la elaboración de concreto*. *Una revista de Ecuadorian Science Journal*. <https://doi.org/10.46480/esj.5.2.111>
- Neuwald, D. (2010). *Water-to-Cement Ratio and Aggregate Moisture Corrections*. *Revista "Concrete International"*. <https://fibointercon.com/wp-content/uploads/2019/04/Water-to-Cement-Ratio-and-Aggregate-Moisture-Corrections.pdf>
- Neville, A. & Brooks, J. (2010). *Properties of Concrete*. Pearson Education Limited. <https://dokumen.tips/documents/tecnologia-del-concreto-de-adam-m-neville.html?page=1>

- Norma Técnica de Edificaciones (2019) E.060 *Concreto Armado*.  
<https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 339.047. *HORMIGÓN (CONCRETO) Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 339.185 *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 400.011. *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012. *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 400.017. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 400.018. *AGREGADOS. Métodos de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µg (N° 200) por lavado en agregados*.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 400.021. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 400.037. *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*.
- Okafor, F. (2010). *Waste concrete as a source of aggregate for new concrete*. Revista de la Universidad de Nigeria.  
[https://www.academia.edu/22610395/Waste\\_Concrete\\_as\\_a\\_Source\\_of\\_Aggregate\\_for\\_New\\_Concrete](https://www.academia.edu/22610395/Waste_Concrete_as_a_Source_of_Aggregate_for_New_Concrete)
- Programa CYMA. (2007). *Plan de residuos sólidos*. Costa Rica.  
<https://inec.cr/wwwisis/documentos/INEC/Medio%20Ambiente/Gesti%F3n%20Integral%20de%20los%20Residuos%20S%F3lidos/Diagnostico%20residuos%20s%F3lidos%202007.pdf>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed.  
<https://dle.rae.es/cantera> [10 de Junio de 2023].
- Remolina, J. (2018, 19 enero). *Determinación de parámetros físico-mecánicos y de durabilidad en concreto reciclado con residuos de construcción y demolición*

- (RCD). [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa, Colombia].  
<https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/247?show=full>
- Romero, E. (2007). *Residuos de construcción y demolición*. Revista de la Universidad de Huelva.  
<http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf>
- Ruiz, R. (2007). *La ciencia y el método científico*. <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2007/08/ciencia-y-el-metodo-cientifico.pdf>
- Sánchez, W. (2019). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas ( $f'c=175\text{kg}/\text{Cm}^2$ ) distrito José Leonardo Ortiz – Chiclayo –Lambayeque*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Perú].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37983>
- Tam, V.W.Y., Gao, X., y Tam, C.M. (2019). Environmental and economic benefits of recycled concrete aggregate. *Waste Management*, 95, 29-38.
- Urbina, E. (2019). *Efecto del agregado fino reciclado en las propiedades del concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Perú].  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2086>
- Vega, N. (2019). *Agregado de concreto reciclado, su influencia en las propiedades mecánicas de concretos 210, 280 y 350 Kg/cm<sup>2</sup>, Lima – 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Perú].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35195>

## ANEXOS

### Anexo A: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivos Generales	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores V.I.	Variable Dependiente	Indicadores V.D.
¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto, influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?	Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto, a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño de concreto convencional.	Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto, se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño de concreto convencional	Concreto reciclado, como agregado fino	Agregado de cantera . Agregado de concreto reciclado	Resistencia a la compresión	Fuerza axial. Relación agua/cemento
Problema Especifico	Objetivos Especificos	Hipótesis Especifica				
- ¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?	- Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.	- Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> , se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.				
- ¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 245 kg/cm <sup>2</sup> influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?	- Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 245 kg/cm <sup>2</sup> a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.	- Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 245 kg/cm <sup>2</sup> , se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.				
- ¿De qué manera, utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> influye en la resistencia a la compresión del diseño del concreto convencional?	- Utilizar concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> a fin de mantener la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.	- Utilizando concreto reciclado, como agregado fino, en el diseño de un concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> , se mantiene la resistencia a la compresión igual al diseño del concreto convencional.				

*Nota:* Elaboración propia

## **Anexo B: Autorización para uso de muestras**

### **AUTORIZACIÓN DE USO DE MUESTRAS**

Yo, Roger Walter Mori Pizzino, con DNI 43082888, representante legal de la empresa MP Recicla S.A.C. (CICLO), con RUC 20600289544,

Doy autorización de la utilización de las muestras brindada por mi representada para la realización de estudios y tesis realizada por Ichiro Miguel Andres Llaque Avalos y Joel Jesús Meza Sanguinetti en la Universidad Ricardo Palma.

Autorizo se utilice este documento para los fines necesarios que requiera el centro de estudios mencionado anteriormente.



Roger Mori Pizzino  
Gerente General  
CICLO - MP RECICLA SAC

17 de octubre del 2023

Lima, Perú