



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Propiedades físico-mecánicas del concreto reciclado de mediana resistencia en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla – Lima 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Br. Jiménez Espinoza, Lizbeth Alexandra (ORCID: 0000-0002-3234-4874)

**ASESOR:**

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0003-0817-7057)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padre Raúl Jiménez Naire, por sus consejos, por su sacrificio y esfuerzo que hace a diario, por la enseñanza que me brinda con la finalidad de ser un buen profesional y ser el orgullo de la familia.

Mi madre Lizbeth Espinoza Huamán, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyo en esos momentos difíciles, por tu amor incondicional y por las llamadas de atención que fueron necesarias para ir cumpliendo cada meta que me propongo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a las personas que contribuyeron con buenos consejos, críticas constructivas, apoyo moral e intelectual para solidificar la presente investigación.

Al Dr. César Acuña Peralta, fundador de la Universidad “CÉSAR VALLEJO”, eternamente agradecido por dar la oportunidad de realizar mis estudios de Licenciatura en su centro de estudios.

A mi asesor de tesis el Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez, por su amplia experiencia científica y sus buenos consejos, de los cuales, permitieron que mi Tesis pueda concluirse de la mejor manera.

A mis padres Raúl Jiménez y Lizbeth Espinoza por formarme con sabiduría y su gran ejemplo de trabajo sacrificio y superación, por su gran ayuda moral y económica, he logrado concluir con satisfacción uno de mis objetivos.

A todos ellos, infinitas gracias.

El Autor.

## **PÁGINA DEL JURADO**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **JIMENEZ ESPINOZA, Lizbeth Alexandra** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**“Propiedades físico-mecánicas del concreto reciclado de mediana resistencia en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla – Lima 2019”,** es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 20 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>JIMENEZ ESPINOZA, Lizbeth Alexandra</b>	
DNI: 73656524	Firma 
ORCID: 0000-0002-3234-4874	

 INVESTIGA  
UCV

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Pongo a su disposición la tesis titulada “Propiedades físico-mecánicas del concreto reciclado de mediana resistencia en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla – Lima 2019”, en cumplimiento a las normas establecidas en la Guía de Productos Observables de la Universidad César Vallejo a realizar en la Experiencia Curricular de Desarrollo del Proyecto de Investigación.

En el capítulo I, se pudo conocer el incremento de desmontes ya sea provenientes de escombros o pavimentos en mal uso entre otras obras civiles, la mayoría son parados en las orillas de los ríos esto ha sido un tema de gran impacto a nivel mundial para el medio ambiente y la construcción. La reutilización del concreto reciclado convertido en agregado grueso y fino ha sido considerada como una medida principal para un nuevo concreto. Así mismo Martin menciona que los estudios han demostrado que los productores de árido reciclado deben modificar el proceso de fabricación, con la finalidad de producir un árido que tenga la granulometría que demanda el sector de la construcción para hormigón de alta calidad, esto permitiría obtener un producto final viable económica y medioambiental, capaz de competir con los áridos naturales, y hasta podría ser utilizado en elementos estructurales. Por ello, se formuló la pregunta ¿Cuál es la diferencia de las propiedades físico-mecánicas entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal? La investigación propone conocer los diferentes propiedades físico/mecánicas entre el concreto con 100% de agregado reciclado y el concreto convencional con muestras cilíndricas y viguetas para ensayos a compresión, tracción por compresión diametral, módulo de elasticidad y la resistencia a flexión. De tal manera, se planteó la hipótesis de conocer mediante los ensayos de laboratorio la diferencia que pueda ocurrir entre un concreto reciclado y concreto patrón para medianas resistencias de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup> añadiendo el 100% de agregado reciclado para curado de 7, 14 y 28 días de edad.

En el capítulo II, método del proyecto, el tipo de investigación para este proyecto es aplicada, porque dará soluciones a un problema que ha sido identificado para esta investigación y

análisis de datos, del cual será mencionado en cifras numéricas y con ello podemos dar respuesta a la hipótesis planteada. La variable independiente es “propiedades físico/mecánicas del concreto reciclado de mediana resistencia” y la variable dependiente es “construcción de pavimentos de tránsito peatonal”, La muestra y la población esta simbolizado por 100 probetas entre ellas viguetas, como instrumento se utilizaron las fichas de recolección de datos, en el cual nos muestra las variables y su medición de estas a través de sus indicadores.

En el capítulo III, resultados, se obtuvieron los resultados esperados con respecto a las propiedades física y mecánicas del concreto reciclado y convencional, se expuso las 100 muestras entre agregados reciclado y agregados naturales, para periodos de inmersión de 7,14 y 28 días de edad conociendo el deterior de las muestras gracias a los ensayos a compresión, tracción por compresión diametral, módulo de elasticidad y el ensayo a flexión. Asimismo, se pudo comprobar las resistencias a los ensayos que no varían de mucho con respecto al concreto convencional, las muestras de concreto reciclado tienen resistencia en forma decreciendo esto depende al tiempo de curado que está sumergido las probetas y vigas al agua y las muestras de concreto convencional tienen resistencias de forma creciente, pero no obstante ambos resultados están por encima de la resistencia de diseño.

En el capítulo IV, conclusiones y recomendaciones, se pudo conocer el buen nivel de resistencia que tiene un diseño de mezcla con 100% de agregado reciclado de acuerdo a los ensayos que se realizaron. Así mismo, se recomienda tener en cuenta la proveniencia a de los agregados reciclado que no contengan sales ni residuos tóxicos que puedan afectar a una resistencia de una mezcla.

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página de jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación .....	vii
Índice .....	viii
Índice de figuras .....	x
Índice de tablas .....	xii
Índice de gráficos.....	xvii
Resumen .....	xxi
Abstract .....	xxii
I.    INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.....	2
1.2. Trabajos previos.....	3
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	7
1.4. Formulación del problema.....	28
1.5. Justificación de la investigación.....	29
1.6. Hipótesis de investigación.....	30
1.7. Objetivos de la investigación.....	31
II.    MÉTODO.....	32
2.1 Diseño de investigación .....	33
2.2 Tipo de investigación .....	33
2.3 Nivel de investigación.....	33
2.4 Enfoque de la investigación .....	34
2.5 Variables, Operacionalización.....	34
2.6 Unidad de análisis, población y muestra.....	36
2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	45
2.8 Métodos de análisis de datos .....	46
2.9 Aspectos éticos .....	46
III.    ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	47

3.1	Recursos y presupuesto .....	48
3.2	Financiamiento. ....	50
3.3	Cronograma de ejecución .....	51
IV.	RESULTADOS.....	52
4.1	Estudios de los agregados reciclados .....	53
a)	Diseño de mezcla de 175kg/cm <sup>2</sup> .....	60
b)	Diseño de mezcla de 210kg/cm <sup>2</sup> .....	66
4.2	Estudios de los agregados naturales.....	72
a)	Diseño de mezcla de 175kg/cm <sup>2</sup> .....	78
b)	Diseño de mezcla de 210kg/cm <sup>2</sup> .....	84
4.3	Propiedades físicas del concreto. ....	91
a)	Ensayo de densidad del concreto.....	91
4.4	Propiedades mecánicas del concreto.....	93
a)	Ensayo a compresión .....	94
b)	Ensayo a tracción por compresión diametral .....	95
c)	Ensayo a módulo de elasticidad. ....	96
d)	Ensayo a flexión .....	97
V.	DISCUSIONES .....	149
VI.	CONCLUSIONES .....	153
VII.	RECOMENDACIONES .....	156
	REFERENCIAS.....	158
	ANEXOS.....	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Desmante de concreto.....	3
Figura 2: Escasez de pavimentos peatonales.....	3
Figura 3: Ubicación lugar de estudio.....	37
Figura 4 Lugar de estudio .....	37
Figura 5: Ubicación de la cantera.....	38
Figura 6: Cantera Birrak. ....	38
Figura 7: Ubicación de la cantera.....	38
Figura 8: Ubicación de la cantera.....	38
Figura 9: Primer paso la trituración.....	39
Figura 10: Segundo paso la separación de residuos .....	40
Figura 11: Tercer paso la transportación de residuos no re aprovechables.....	40
Figura 12: Ubicación de la cantera.....	41
Figura 13: Trituradora del agregado .....	41
Figura 14: Agregado reciclado .....	42
Figura 15: Embolses del reciclado.....	42
Figura 16: Termino de embalse.....	42
Figura 17: Transporte del agregado .....	42
Figura 18: Colocación de la probeta.....	92
Figura 20: Ensayo a la Compresión.....	92
Figura 20: Colocación de la probeta.....	93
Figura 21: Ensayo a la tracción por compresión diametral.....	93
Figura 22: Colocación de la probeta.....	94
Figura 23: Ensayo a módulo de elasticidad.....	94
Figura 24: Colocación de la viga.....	95
Figura 25: Ensayo a Flexión .....	95
Figura 26: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm <sup>2</sup> para 14 días de curado con agregado reciclado .....	106
Figura 27: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm <sup>2</sup> para 14 días de curado con agregado natural .....	107
Figura 28: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm <sup>2</sup> para 28 días de curado con agregado reciclado.....	115

Figura 29: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm <sup>2</sup> para 28 días de curado con agregado natural .....	116
Figura 30: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 210kg/cm <sup>2</sup> para 14 días de curado con agregado reciclado .....	129
Figura 31: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup> para 14 días de curado con agregado natural .....	130
Figura 32: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 210kg/cm <sup>2</sup> para 28 días de curado con agregado reciclado, .....	138
Figura 31: Ensayo de Modulo de elasticidad de resistencia 210kg/cm <sup>2</sup> para 28 días de curado con agregado natural .....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría del Agregado Fino .....	9
Tabla 2: Granulometría del Agregado Grueso .....	14
Tabla 3: La clasificación del cemento .....	18
Tabla 4: Requisitos que debe cumplir el agua.....	19
Tabla: 5: Asentamiento para diversos tipos de construcciones .....	21
Tabla 6: Cantidades de agua de amasado para diversos slump.....	21
Tabla 7: Volumen de aire atrapado.....	22
Tabla 8: Relación agua y cemento y la resistencia.....	22
Tabla 9: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto .....	23
Tabla 10 Tolerancia de rotura de especímenes de concreto .....	26
Tabla 11: Cuadro de Operacionalización.....	34
Tabla 12: Cantidad de ensayos en probetas que se realizaran para el estudio.....	36
Tabla 13: Puntajes y aceptación de validez .....	37
Tabla 14 Presupuesto para desarrollo de Proyecto.....	41
Tabla 15 Cronograma de ejecución del proyecto de investigación.....	42
Tabla 16: Granulometría del Agregado Fino Reciclado.....	54
Tabla 17: Propiedades Físicas del Agregado Fino Reciclado .....	55
Tabla 18: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado .....	56
Tabla 19: Propiedades Físicas del Agregado Grueso Reciclado.....	57
Tabla 20: Granulometría del Agregado Global Reciclado .....	58
Tabla 21: Propiedades Físicas del Agregado Global reciclado .....	59
Tabla 22: Propiedades Físicas de los Agregados Reciclados.....	60
Tabla 23: Resistencia Requerida .....	60
Tabla 24: Cantidad de Agua según Asentamiento.....	61
Tabla 25: Relación Agua y Cemento .....	61
Tabla26: Interpolación entre Resistencia y a/c.....	62
Tabla 27: Diseño Seco para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ . .....	63
Tabla 28: Diseño en Obra para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	64
Tabla 29: Propiedades Físicas de los Agregados Reciclados.....	66

Tabla 30: Resistencia Requerida.....	66
Tabla 31: Cantidad de Agua según Asentamiento .....	67
Tabla 32: Relación Agua y Cemento .....	67
Tabla 33: Interpolación entre Resistencia y a/c.....	68
Tabla 34: Diseño Seco para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	69
Tabla 35: Diseño en Obra para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	70
Tabla 36: Granulometría del Agregado Fino .....	72
Tabla 37: Propiedades Físicas del Agregado Fino .....	72
Tabla 37: Propiedades Físicas del Agregado Fino .....	73
Tabla 38: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado.....	75
Tabla 39: Propiedades Físicas del Agregado Grueso.....	76
Tabla 40: Granulometría del Agregado Global .....	77
Tabla 41: Propiedades Físicas del Agregado Global .....	78
Tabla 42: Propiedades Físicas del agregado natural .....	78
Tabla 43: Resistencia Requerida.....	79
Tabla 44: Cantidad de Agua según Asentamiento .....	79
Tabla 45: Relación Agua y Cemento .....	80
Tabla 46: Interpolación entre Resistencia y a/c.....	80
Tabla 47: Diseño Seco para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	82
Tabla 48: Diseño en Obra para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	82
Tabla 49: Propiedades Físicas del Agregado Natural .....	84
Tabla 50: Resistencia Requerida.....	84
Tabla 51: Cantidad de Agua según Asentamiento .....	85
Tabla 52: Relación Agua y Cemento .....	85
Tabla 53: Interpolación entre Resistencia y a/c. ....	86
Tabla 54: Diseño Seco para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con agregado natural.....	87
Tabla 55: Diseño en Obra para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con agregado natural .....	88
Tabla 56: Resultado del ensayo de Densidad en estado endurecido del concreto de resistencias $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de concreto reciclado y patrón.....	91
Tabla 57: Ensayo de Densidad del concreto de resistencias $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de concreto reciclado y patrón .....	91
Tabla 58: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	96

Tabla 59: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	97
Tabla 60: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	98
Tabla 61: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	99
Tabla 62: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	101
Tabla 63: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	102
Tabla 64: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	103
Tabla 65: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	104
Tabla 66: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural.....	108
Tabla 66: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	108
Tabla 67: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	109
Tabla 68: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	110
Tabla 69: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	111
Tabla 70: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado.....	112
Tabla 71: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural .....	113
Tabla 72: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural .....	117
Tabla 73: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado.....	118

Tabla 74: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f_c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	118
Tabla 75: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	119
Tabla 76: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural .....	120
Tabla 77: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	121
Tabla 78: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	122
Tabla 79: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	124
Tabla 80: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural .....	125
Tabla 81: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	126
Tabla 82: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	127
Tabla 83: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural.....	131
Tabla 84: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	132
Tabla 85: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	132
Tabla 86: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado 14 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	133
Tabla 87: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	134
Tabla 88: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	135

Tabla 89: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	135
Tabla 90: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural.....	140
Tabla 91: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	140
Tabla 92: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	141
Tabla 93: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado.....	141
Tabla 94: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	143
Tabla 95: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	144
Tabla 96: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural .....	145

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva Granulométrica del Agregado Fino Reciclado .....	54
Gráfico 2: Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado .....	57
Gráfico 3: Curva Granulométrica del Agregado Global.....	59
Gráfico 4: Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	72
Gráfico 5: Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado.....	75
Gráfico 6: Curva Granulométrica del Agregado Global .....	77
Gráfico 7: Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .....	96
Gráfico 8: Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .....	97
Gráfico 9: Diferencia del ensayo de resistencia a la compresión de $175\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado .....	98
Gráfico 10: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .....	99
Gráfico 11: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .....	100
Gráfico 12: Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de $175\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado .....	100
Gráfico 13: Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}$ .....	101
Gráfico 14: Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}$ .....	102
Gráfico 15: Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de $175\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado.....	103
Gráfico 16: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .....	104
Gráfico 17: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .....	105
Gráfico 18: Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de $175\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado .....	105

Gráfico 19: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural.....	108
Gráfico 20: Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de $175\text{ kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado .....	109
Gráfico 21: Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	110
Gráfico 22: Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ . .....	111
Gráfico 23: Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de $175\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado.....	112
Gráfico 24: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ . .....	113
Gráfico 25: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ . .....	114
Gráfico 26: Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de $175\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado.....	114
Gráfico 27: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural.....	117
Gráfico 28: Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de $175\text{ kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado .....	118
Gráfico 29: Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	119
Gráfico 30: Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado natural.....	120
Gráfico 31: Diferencia del ensayo de resistencia a la compresión de $210\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado .....	121
Gráfico 32: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	122
Gráfico 33: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	123
Gráfico 34: Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de $210\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado.....	123
Gráfico 35: Resistencia a la compresión de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	124

Gráfico 36: Resistencia a la compresión de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	125
Gráfico 37: Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de $210\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado .....	126
Gráfico 38: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	127
Gráfico 39: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	128
Gráfico 40: Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de $210\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado.....	128
Gráfico 41: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural.....	131
Gráfico 42: Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de $210\text{ kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado .....	132
Gráfico 43: Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado .....	133
Gráfico 44: Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	134
Gráfico 45: Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de $210\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado .....	135
Gráfico 46: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	136
Gráfico 47: Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	137
Gráfico 48: Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de $210\text{kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado.....	137
Gráfico 49: Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado y natural.....	140
Gráfico 50: Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de $210\text{ kg/cm}^2$ entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado .....	141
Gráfico 51: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado.....	142

Gráfico 52: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con agregado patrón.....	143
Gráfico 53: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado reciclado.....	145
Gráfico 54: Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado patrón.....	146

## RESUMEN

El principal objetivo de la presente investigación es “Determinar las propiedades físico-mecánicas de concreto reciclado respecto al concreto convencional en la construcción, de pavimentos de tránsito peatonal”. Esta investigación es de tipo aplicada con un planteamiento metodológico cuantitativo. El nivel de investigación es explicativa causal, porque se utilizará la relación causa y efecto con las variables a utilizar. La muestra es igual a la población y está compuesta por 92 probetas de 4” x 8” y 8 vigas de 15x50x50 cm, entre estos existen diferentes resistencias y a su vez el incremento del 100% de agregado reciclado con diversos tiempos de curados, con la finalidad de conocer las diferencias entre un diseño de mezcla con agregado reciclado y agregado natural usando resistencias medianas de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se alcanzaron los objetivos planteados en el presente proyecto en exponer las probetas y las vigas para ensayos de resistencias con tiempo de curado de 7,14 y 28 días .se pudo observar que lo ensayos tuvieron resultados de resistencias optimas, cuando se le añade el 100% de agregado reciclado al concreto, para así poder realizar construcciones de pavimentos de tránsito peatonal. Asimismo, esto se puede verificar en los ensayos de compresión, tracción por compresión diametral, módulo d elasticidad y ensayo a flexión y visualizarlo en las tablas y gráficos que nos brindó el laboratorio de ensayos.

**Palabras claves:** Concreto, agregado, reciclado, resistencia, demoliciones, desmontes

## ABSTRACT

The main objective of the present investigation is "To determine the physical-mechanical properties of recycled concrete with respect to conventional concrete in the construction of pavement of pedestrian traffic". This research is applied with a quantitative methodological approach. The level of investigation is causal explanatory, because the cause and effect relationship with the variables to be used will be used. The sample is equal to the population and is composed of 92 especímenes of 4" x 8" and 8 beams of 15x50x50 cm, among these there are different resistances and in turn the increase of 100% recycled aggregate with various curing times, with the purpose of knowing the differences between a mix design with recycled aggregate and natural aggregate using medium resistances of 175 kg / cm<sup>2</sup> and 210 Kg / cm<sup>2</sup>.

The objectives set out in this project were achieved in exposing the test specimens and beams for resistance tests with curing time of 7.14 and 28 days. It was observed that the tests had optimal resistance results, when 100 is added % of aggregate recycled to concrete, in order to make pavement construction of pedestrian traffic. This can also be verified in the compression tests, tensile compression diametric, modulus d elasticity and flexural test and visualize it in the tables and graphs provided by the test laboratory.

**Keywords:** Concrete, aggregate, recycling, resistance, demolition, disassembly

# I. INTRODUCCIÓN

## I. Realidad problemática

En la actualidad, el distritito de Cieneguilla es un lugares donde existe abundancia de desmontes tirados por diferentes sitios, ya que sabemos que es un distrito que está alejado de la ciudad de lima, es por ellos que las personas votan desmontes de casas que son derrumbadas o pavimentos que están en mal uso, sin permiso de las autoridades, puesto que este hecho trae muchas consecuencias como lo más importarte que es la salud que afectan a los pobladores que evitan en ese lugar contaminando el ambiente. Por otro lado, está el tema de los pavimentos de tránsito peatonal, una de las recomendaciones que se hace es la reutilización reciclando concretos de estructuras que ya no sirven, para así usarlo como un material en un diseño de mezcla, minimizando los costos de materiales y así ser puesto en marcha en obras que no requieren de mucha resistencia.

(Cajas Ecológicas, 2018) nos dice que:

En la Construcción se consume el 50% de los materiales naturales y se produce el 50% de residuos producidos en todo mundo. En el Perú, los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) son arrojados en sitios públicos existiendo diferentes desmontes que contaminan el suelo, aire y sitios de agua. La sobreexplotación de los recursos, el desarrollo contaminante para la elaboración de materiales y una defectuosa gestión de los residuos que transgreden la salud de muchos peruanos y destruyen diferentes zonas de toda la ciudad.

Es por ello, que la empresa CAJAS ECOLÓGICAS nos brindan soluciones para los (RCD) poniendo en marcha el reciclaje transformando los residuos de concreto en nuevos materiales como agregados finos y gruesos, para un diseño de mezcla ecos amigables, que cumplen la Norma Técnica Peruana y ofreciéndonos el material reutilizable a bajo precios.

Es ello que se tiene que tomar conciencia la forma en cómo se construye en lima, que es la urbe con mayor población en comparación con otras regiones, puesto que en la actualidad Lima está en una etapa del desarrollo constructivo, un claro ejemplo de aquello son las nuevas edificaciones que se vienen erigiendo, se pueden apreciar cómo se derrumban casas, o cualquier otra construcción existente para elevar enormes edificios.

Y la pregunta que cae de madura es ¿A dónde van a parar aquellos restos de material existente? ¿Existen botaderos autorizados para dichas eliminaciones de desmonte?, o es ¿Que solo lo echan a nuestro escaso y casi extinto rio hablador?

El COMERCIO (2017) menciona sobre el desmonte en Lima:

La demolición de materiales de construcción se asemeja a ser un negocio tan productivo como la misma construcción, Lima es una ciudad donde cada día se produce 30.000 m<sup>3</sup> de desmonte, esto conlleva a un aproximado de 19.000 toneladas, Este incremento de cantidades, de la Cámara Peruana de Construcción (Capeco), hacen que una incógnita caiga por su propio peso: ¿dónde se tiran tanto desmonte que se produce a diario? (parr.1).

Entonces la pregunta que todos nos haremos ¿que pasara cuando llegue el momento en que se nos acabe las fuentes de materia prima, que vienen a ser nuestras canteras?

De donde podremos conseguir más materia prima como los agregados finos y agregados gruesos para poder seguir construyendo, como hemos podido observar desplazamos 19 ton de desmonte al día ,pues sabemos que el mundo está sufriendo su más excesivo desgaste de recursos producto del mal manejo de nuestros materias primas , una respuesta a ello es apostar al uso de materiales reciclados, claro tal vez suene poco factible escuchar reciclar material de construcción, algo que así no mas no se ve, pero ahí está el dilema, el echo recae en apostar en esa nueva tendencia y concientizar así al sector de la construcción a poder tomar énfasis en el ahorro de materia prima por parte de nosotros. Lo cual conllevaría a un mejor uso de los recursos del planeta y un mejor cuidado de nuestra materia prima. Si podemos reciclar botellas y volverlas frazadas para los niños de Puno, ¿Por qué no podríamos reciclar concreto y volverlos agregados para su posterior uso?

Al respecto la (Fundación de la industria de construcción) (FIC) nos menciona:

Después de la segunda Guerra Mundial, Europa y probablemente en gran medida Alemania se hallaban destrozados, se contaba con mínimos recursos económicos como materiales; ante esta problemática, el gobierno, ingenieros y arquitectos analizaron la abundancia de residuos que se habían ocasionado; fue en tanto unos 600 millones dem<sup>3</sup> en el grupo con las ciudades alemanas y un cercano de 75 millones de m<sup>3</sup> solo en el lugar oeste de Berlín, informando el gran potencial que existe, como una segunda manera de no construir con materia prima, adquiriendo diferente construcciones de viviendas entre otros . Se estudiaron así diferentes estudios para aplicarlo como agregados reciclados ya sea mixtos, utilizando en edificios de hasta 8 pisos. El concreto que será fabricado con agregado reciclados tiene un aproximado de cemento entre 200 y 250 kg/m<sup>3</sup>, y sus resistencias oscilan entre 80 y 120 Kg/cm<sup>2</sup>. (Parr.1).

Finalmente podemos mencionar que el presente proyecto pretende tomar en cuenta la necesidad de apostar esta nueva tendencia de la reutilización de los materiales para su

posterior uso en la sección de la construcción. Por ello que evaluaremos las distintas propiedades físicas-mecánicas de un concreto reciclado para la aplicación de procesos constructivo de veredas en Cieneguilla-Lima. Para ello nos basaremos y nos regiremos a los distintos ensayos tales como: compresión, flexión, módulo de elasticidad, tracción por la compresión diametral, trabajabilidad, densidad, peso unitario, etc. Y así poder demostrar que la ingeniería civil es viable. Como se muestra en la figura 1 y la figura 2:

**Figura 1:** *Desmante de concreto*



Fuente: Cajas Ecológicas (2018)

**Figura 2:** *Escases de pavimentos peatonales*



Fuente: Elaboración propia

## 1.1. Trabajos previos

Con la finalidad de adquirir información adecuada e importante para las variables de investigación para esta tesis, en tanto escritas como virtuales se ha encontrado trabajos relacionados a mi tema que me podrían ayudar a tener más conocimiento y base y tomando en cuenta la problemática que existen en el Perú. Que traten sobre concreto reciclado para la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, del cual destacaron los siguientes:

### **En el ámbito internacional**

**Según Laverde, J. (2014)** en su tesis para recibir el rango de magister en ingeniería civil “Propiedades mecánicas, eléctricas y de durabilidad de concreto con agregados reciclados” tiene como objetivo identificar los distintos comportamientos de concreto con diversas dosis de agregado reciclado, para ello se evaluará varias de sus diferentes propiedades tales como las eléctricas y mecánicas; así como también se evaluará su durabilidad de dicho material. En sus conclusiones manifiesta: Suplantando agregado convencional por agregado reciclado

hasta un 25%, adquiere un comportamiento idéntico al del concreto natural, se demuestra en esta investigación realizado ya que la reducción a la compresión es un aproximado de 10%, por ende, demuestra que es óptimo para diferentes usos en la construcción. El módulo de elasticidad disminuye en porción en que se añade el porcentaje de ACR en las mezclas. La disminución del módulo de elasticidad para el tipo de ACR utilizado en este estudio está entre un 18% a un 25% cuando el porcentaje de reemplazo de agregado de concreto reciclado para la mezcla es del 100%.

**Según Venegas, J y Robles, J. (2008).** En su tesis “Estudio experimental de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales” que recibirá el grado de ingeniero civil. Tiene como objetivos determinar algunas de las características físicas y mecánicas de combinaciones de concreto, empleando concreto reciclado como agregado grueso, comparándolo con un concreto de la misma dosificación con agregado convencional. En sus conclusiones manifiesta: A los siete días se observó que los cilindros y viguetas alcanzaron el 63% y 66% de la resistencia máxima para condición curada, mientras que la no curada los porcentajes son para compresión 55 % a 67 % y para flexión esta entre 64% y 83%.

**Seguin Elodia et al (2016).** En sus artículos científicos” Involvement of the bending strength in concrete modified with recycled concrete”. El objetivo es evaluar el desempeño de dos mezclas de concreto con agregado reciclado, reforzadas con tres diferentes cuantías de un tipo de fibras de acero, con base en los parámetros de Resistencia especificados por la normativa. En conclusión, se manifestó: La Resistencia a la compresión de los concretos con adición de agregado grueso reciclado, se ve afectada con base a los niveles teóricos que presentan los concretos. El ensayo a flexión con carga en el centro de la luz (3 puntos) tiene una predominancia por lo general fisuras en forma vertical, en el caso del ensayo a flexión con cargas en los tercios de la luz, los resultados son bastantes dispersos, sin permitir concluir nada.

**Según Jiménez et al (2011).** Es sus artículos científicos “A comparative study of recycled aggregates from concrete and mixed debris as material for unbound road sub-base”. El objetivo es determinar los diferentes comportamientos y resistencias del concreto reciclado y el concreto tradicional par ser usado como sub-base de carreteras. En conclusión, se manifestó: Los áridos naturales presentan las mejores propiedades, seguido de los áridos

recicladados de concreto y también están los áridos mixtos. Los áridos naturales tienen mayor densidad seca y menor absorción de agua, igual que los áridos reciclados, pero los áridos mixtos no cumplen algunas condiciones del reglamento requerido. Si las plantas tienen mejores condiciones de reciclaje y demoliciones estos agregados se podrían utilizar directamente en obras con menor resistencia, dando entender que cumplen con condiciones especificados

**Según Martin et al (2013).** En sus artículos científicos” Métodos granulométricos en la caracterización del árido reciclado para su uso en hormigón estructural”. El objetivo es analizar muestras de áridos reciclados mediante la aplicación y diferentes métodos granulométricos, con la finalidad de determinar su uso potencial en la elaboración del hormigón. En conclusión, se manifestó: Los estudios han demostrado que los productores de árido reciclado deben modificar el proceso de fabricación, con la finalidad de producir un árido que tenga la granulometría que demanda el sector de la construcción para hormigón de alta calidad, esto permitiría obtener un producto final viable económica y medioambiental, capaz de competir con los áridos naturales, y hasta podría ser utilizado en elementos estructurales.

#### **En el ámbito nacional**

**Según Jordán, J y Viera, N. (2014).** En su tesis “Estudio de resistencia del concreto utilizando como agregado al concreto reciclado en obra” que recibirá el título de ingeniero civil. Tiene como objetivos analizar el comportamiento del material reciclado y su proceso de variación en función a las cantidades de porcentajes que se le intervenga en su proceso de preparación, siendo más específicamente en el agregado grueso, así mismo tiene como objetivos específicos llegar a obtener las propiedades de los concretos reciclados producto de demolición de obras. De igual forma se pretende analizar los criterios técnicos de la resistencia de agregados reciclados. En sus conclusiones manifiesta: Para un porcentaje de 25% de agregando reciclado, se muestra que tiene una resistencia optima de forma ascendente. Se llega a la conclusión que el porcentaje óptimo del agregado reciclado que se va añadir, es de 50% y 50% de agregado natural, teniendo una ascendencia de resistencia a compresión. Las propiedades físicas del agregado reciclado, absorción, el peso específico, y los pesos unitarios, dependen de donde proviene el concreto reciclado que se va utilizar.

Según Erazo, N. (2018). En su tesis “Evaluación del diseño de concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales” para recibir el rango de ingeniero civil. Su objetivo es evaluar la resistencia para  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , utilizando agregado reciclados y naturales para su aplicación en elementos no estructurales. En sus conclusiones manifiesta: El agregado fino combinado presenta un peso específico de  $2524\text{ kg/cm}^3$ , por lo que se concluye que este material es un agregado del tipo normal al encontrarse entre los límites de  $2500$  a  $2750\text{ kg/cm}^3$ . El agregado grueso reciclado presenta un peso específico de  $2285\text{ kg/cm}^3$ , por lo que se concluye que este material es un agregado del tipo ligero al tener un valor menor a los  $2500\text{ kg/cm}^3$ . La proporción para el diseño de mezcla en peso fue en litros/bolsa, con una relación  $a/c = 0.71$ , por lo que se concluye que al presentar los agregados reciclados un alto porcentaje de absorción y humedad, el agua a emplear en la mezcla será mayor, lo que provoca una alta relación  $a/c$ . El concreto reciclado a los 28 días de realizar el diseño de mezcla obtuvo una cantidad de resistencia a compresión de  $243.49\text{ kg/cm}^2$ , con un 39% más que la resistencia de diseño de  $175\text{kg/cm}^2$ , lo que nos garantiza que esta investigación sea óptima.

Según Velásquez, L (2015). En su tesis “Propiedades físico mecánicas del concreto reciclado para lima metropolitana” para recibir la categoría de ingeniero civil. El objetivo es examinar en qué porcentaje de material reciclado utilizado en la dosificación para el diseño de mezcla interviene en las propiedades mecánicas de dicho diseño. En sus conclusiones manifiesta: Se puede concluir que al ser reemplazado el agregado natural por el agregado reciclado para concreto reciclado se eleva desfavorablemente la resistencia a compresión en el concreto, más aún cuando se sustituye en proporción mayores al 40% de material grueso. El agregado reciclado tiene una considerable porosidad por tener abundante mortero en su superficie, es por ello que tiene un incremento mayor de absorción y por ende afecta su resistencia.

Según Rodrich, S y Silva, J. (2018). En sus tesis “Influencia del agregado de concreto reciclado sobre las propiedades mecánicas en un concreto convencional, Trujillo 2018” para recibir la jerarquía de ingeniero civil. Su objetivo es describir el efecto del agregado reciclado sobre las propiedades mecánicas en una mezcla convencional. En sus conclusiones manifiesta. Se compararon los datos obtenidos por influencia del agregado de concreto reciclado con un concreto convencional según las relaciones agua/cemento en las propiedades del concreto concluyendo que la mejor opción para la fabricación de concreto

estructurales utilizar una  $R/a/c = 0.65$  con 30% de agregado de concreto reciclado ya que en los 28 días de curado alcanzó la resistencia a tracción por compresión diametral de 16 kg/cm<sup>2</sup>, y para el diseño patrón  $R/a/c = 0.65$  (con 0% de agregado de concreto reciclado) alcanzó una resistencia a la tracción por compresión diametral de 18.2 kg/cm<sup>2</sup>, es decir incrementa en 2.2 kg/cm<sup>2</sup>.

**Según Choque, D (2011).** En sus tesis “Determinación del comportamiento físico/mecánico del concreto con agregado reciclado para uso de pavimentos rígidos- Juliaca” para recibir el grado de ingeniero civil. Tiene como objetivo analizar los comportamientos óptimos de los parámetros físico-mecánicos de diversas mezclas de agregado grueso artificial, con la finalidad de establecer su conveniencia o no de ser utilizados en la construcción de elementos no estructurales. En sus conclusiones manifiesta: Se realizó ensayos de concretos elaborados con la intervención del agregado grueso reciclado en 50%, 75% y 100%, de los cuales los ensayos indican que, llevándolos en porcentajes menores, se utilizara para la producción de pavimentos rígidos de baja transitabilidad. Cabe indicar también que, no obstante que los resultados no sean semejantes, pero son muy aceptables para su uso. Respecto al desempeño durable de los reciclados, se visualiza un comportamiento muy óptimo y semejante al del concreto natural usado en pavimentos rígidos (ensayos de rotura), y de acuerdo a las especificaciones de norma nacional CE.010 pavimentos urbanos, indica que se tendrá que cumplir que la resistencia será igual o mayor de 175 Kg/cm<sup>2</sup>, para su uso en pavimentos rígidos, cabe indicar que consecuentemente esto vaya acompañado con la resistencia del suelo.

## **1.2. Teorías relacionadas al tema**

Se indica determinadas teorías para la siguiente investigación, con la importancia de entender claramente los estudios y procedimientos realizados en cada etapa del desarrollo de este proyecto.

### **Agregado de concreto reciclado. (La norma técnica peruana NTP 400.053)**

Es llamado granulado de concreto y lo describe como un material para agregado secundario, atrayendo de la elaboración del concreto y mortero de desperdicios hasta llevarlos a una dimensión igual al de los agregados.

El concreto reciclado, es definido como agregados finos o gruesos que son obtenidos mediante colapso de edificios así también de los desmontes y probetas, luego pasa por una demolición hasta llegar a su medida como los de los agregados para ser utilizado en un nuevo material para concreto. (Agreda y Moncada, G,2015, p.17).

### **Estudio de los agregados**

Estos estudios son importantes en esta investigación debido a que se pondrá en uso el agregado reciclado para un diseño de mezcla, se realizarán diversos tipos del estudio del agregado ya sea agregado natural o agregado de concreto reciclado.

#### **Agregado Fino.** (La Norma Técnica Peruana 400.037)

Se determina como agregado fino a aquel procedente de la descomposición ya sea de forma natural o alterado de las rocas, el cual traspasa el tamiz 9.5mm (3/8”) y se detiene en el tamiz (N° 200) cumpliendo con las restricciones establecidos.

A este material puede radicar también de arena natural o manufacturada, o de las dos mezclas. Sus partículas son limpias, de perfiles de una forma angular, duros compactos y con resistencia, liberados de cantidades dañinas de polvo, terrones, partículas, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras componentes que afectan al concreto. (Valdés et al ,2010, p.8)

Los agregados finos es uno de los componentes esenciales para el concreto, y es por ello que se debe cumplir con los reglamentos establecidos para el estudio de los agregados, teniendo un adecuado agregado para ser utilizado ya sea agregado natural o reciclado.

#### **Análisis Granulométrico.** (La Norma Técnica Peruana NTP 400.037).

El agregado fino no deberá poseer más del 45% entre dos mallas que sean correlativo.

“[...] Se podrá permitir la utilización de agregados que no están en los parámetros de las gradaciones establecidas según la normativa, por ende, deberán existir estudios que ayuden que el material que se genera sea para un concreto de resistencia solicitado [...]” (Norma Técnica Peruana, 2013, p. 8).

El módulo de fineza del agregado en una cantera deberá tener un valor o tamaño que no sobrepase a un 0.20, es un valor muy típico en cuanto a la arena.

Los siguientes límites del agregado fino se observa en la **Tabla 2:**

**Tabla 2.** *Granulometría del Agregado Fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N° 4)	95 a 100
2,36 mm (N° 8)	80 a 100
1,18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

“[...] El módulo de finura en el concreto no deberá exceder el 0.2 del valor admitido en la clasificación de las distribuciones del diseño. Además, el material fino no deberá estar contaminado con residuos orgánicos [...]”. (Norma Técnica Peruana 2013, p. 9)

$$\text{Modulo de finura} = \frac{\Sigma \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

Las variaciones aproximado es de 0.2 en el módulo de fineza se puede explicar cómo una causa de rechazo, es por ello que se informa que su valor depende entre 2.3 y 3.1 donde el valor elevado explica una gradación mucho más gruesa.

**Peso específico y porcentaje de absorción.** (La Norma Técnica Peruana 400.022)

#### **Peso específico**

“[...] Para este ensayo se calcula la cantidad en volumen llenado por el material en diferentes mezclas. En ese sentido, es la conexión de la densidad de una muestra de concreto y la densidad del agua establecida; los valores que se obtendrán en el ensayo son óptimos [...]” (Norma Técnica Peruana, 2013, p.6)

### **Peso específico nominal**

$$Dn = \frac{P}{(P - Pi)}$$

P= Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficial

Pi= Peso en gramos sumergida en agua

### **Peso específico aparente**

$$Da = \frac{P}{(Ps - Pi)}$$

P = Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficie

Pi= Peso en gramos del material sumergido en el agua

### **Peso específico saturado superficialmente seco**

$$Dsss = \frac{Ps}{(Ps - Pi)}$$

P = Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficial

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

**Porcentaje de absorción.** (Norma Técnica Peruana 400.021).

“[...] la cantidad en porcentaje de absorción de un material es el incremento de peso, esto se debe a que el agua penetra en las partículas del material ingresando por la porosidad existente, durante un tiempo establecido, pero esto no implica al agua que se añade en la zona externa de las partículas, esto se define como cantidad de proporciones de material seca [...]” (Norma Técnica Peruana, 2014, p.5).

$$\% \text{ Absorción} = \frac{100(500 - P)}{P}$$

P= Peso en gramos del material secada en el horno

**Contenido de humedad** (La Norma Técnica Peruana 339.185)

Se define a la correlación de la reducción de masa en relación a la masa seca, se define calculando el descenso de una muestra saturada y de superficie seca, luego de ser secada en un horno por tiempo de 24 horas con temperatura de 110°C ±5°C. Es por ello si la humedad del material agregado es menos que la absorción, se tendrá que añadir más agua al hormigón para igualar la que absorberá los materiales de agregado. (Tafur, 2015, p.41-42). Así se podrá calcular el porcentaje de humedad con la ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(H - S)}{S} * 100$$

H= Peso del material húmedo natural

S= Peso del material seco

**Peso unitario suelto y compactado del agregado fino** (La Norma Técnica Peruana 400.017).

Se determina la densidad de masa y vacíos que tendrá el hormigón. Cuando el material seco se introduce con mucho cuidado en un contenedor de diámetro y profundidad prescrita que necesita del tamaño máximo del material hasta que se desborde, para luego ser nivelado realizando rodaduras de una varilla por encima. Por ende, se tendrá el peso suelto realizando

una multiplicación del peso propio por el factor (f) de calibración de la cubeta (Norma Técnica peruana,2013, p.9)

### **Peso Unitario Suelto del material (P.U.S.)**

Para realizar el cálculo del peso unitario suelto se trabaja conjuntamente de la masa y volumen, soltando el material de una elevación de 5 centímetros hacia el molde de volumen, es por ello que se realizara una ecuación para calcular el peso unitario suelto:

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso suelto del material}}{\text{Vol del molde}}$$

### **Peso Unitario Compactado (P.U.C.)**

Cuando el contenedor tiene un llenado de tres etapas, se compacta cada volumen en tercio de 25 veces con una varilla compactadora en forma de punta redondeada de 5/8” de diámetro, y nuevamente se adiare lo que sobra del material. Después de ello se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso propio por el factor de calibración del recipiente.

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso compactado del material}}{\text{Vol del molde}}$$

### **Agregado Grueso (La Norma Técnica Peruana 400.037)**

Se determina como material de agregado grueso adquiridos de la desintegración artificial o natural, detenido en el tamiz de tamaño 4,75mm (N°4) y que satisface con los límites normalizados.

“[...] Este material está influido de partículas purificados, preferentemente partículas de forma angular o semi, duras, compactadas, resistentes, y de textura rugosas. Este material grueso estará químicamente estable y no será afectado con material orgánico u otras sustancias que son dañosos [...]” (Letelier et al ,2003, p. 20)

Este material es muy importante para un óptimo diseño de mezcla y se debe de realizar los estudios adecuados según las normativas establecidas, ya que no debe de tener contaminantes de materias.

### **Análisis Granulométrico** (La Norma Técnica Peruana 400.037)

La granulometría del material de agregados reciclado oscila dependiendo del procedimiento de trituración que se realiza, se debería seleccionar de acuerdo a pequeños ajustes en la apertura de las maquinas trituradoras. La cantidad en porcentaje de los agregados gruesos que se tienen pueden variar entre 70% y 90% del material total realizado. Este porcentaje requiere del tamaño máximo del agregado grueso elaborado de la estructura del hormigón inicial. (Agreda y Moncada, 2015, p.20)

El estudio de los agregados gruesos ya sea natural o de concreto reciclado son de suma importancia para tener un buen diseño de concreto de acuerdo a las normativas establecidas.

“[...] La granulometría tendrá que ser proseguido, ya que, proporcionara obtener la máxima densidad del hormigón. La granulometría en el agregado grueso no tendrá más del 5% de partículas retenidas en la malla de 1 1/2” pero no más del 6% del material que entra la malla de 1/4” [...]” (Elodia et al ,2016, p.15)

Es por ello que se debe realizar ensayos de agregados, para poder ser optimo en su posterior uso en la construcción.

La cantidad de las muestras de ensayo en el concreto con material grueso está conformada bajo el respaldo de la normativa peruana, expresada en la **Tabla 3:**

**Tabla 3. Granulometría del Agregado Grueso**

Fuso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	
358	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	
464.9	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	
571.8	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	
678.7	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	
785.6	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	
892.5	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	
999.4	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	
1106.3	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	
1213.2	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
1320.1	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	
1427	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.037

## **Peso específico y porcentaje de absorción (La Norma Técnica Peruana 400.021)**

### **Peso específico**

Es la conexión del peso y el volumen del material sólido, el peso específico de varios de los agregados de origen propio, se realiza para calcular y analizar el volumen ocupado por el material en diversas mezclas que tienen agregados, u otros diseños de mezclas que son proporcionales para un volumen óptimo, el peso específico también se calcula para vacíos en los agregados. (Tafur, 2015, p.39-40).

En tanto, el peso específico es el estudio básico del material, que nos sirve para calcular el volumen de material que se utilizará en la mezcla para diversos proyectos de construcción.

### **Peso específico nominal**

$$Dn = \frac{P}{(P - Pi)}$$

P= Peso seco en gramos del material

Ps= Peso en gramos del material saturado

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

### **Peso específico aparente**

$$Da = \frac{P}{(Ps - Pi)}$$

P= Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficial

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

### **Peso específico saturado superficialmente seco**

$$D_{sss} = \frac{P_s}{(P_s - P_i)}$$

P = Peso seco en gramos del material

P<sub>s</sub>= Peso en gramos del material

saturado

P<sub>i</sub>= Peso en gramos del material sumergido en agua

### **Porcentaje de absorción.** (La Norma Técnica Peruana 400.021)

“[...] El porcentaje de absorción de un material es el aumento de peso, esto se debe a que el agua penetra en las partículas del material ingresando por la porosidad existente, durante un tiempo establecido, pero esto no implica al agua que se incorpora en la zona externa de las partículas, esto se refleja como proporción de masa seca [...]” (Norma Técnica Peruana, 2013, p.5).

$$\% \text{ Absorción} = 100 \frac{(P_s - P)}{P}$$

P<sub>s</sub>= Peso saturado con superficie seca

P = Peso seco

### **Contenido de humedad** (La Norma Técnica Peruana NTP 339.185)

Este ensayo mide la humedad de la muestra con mayor confiabilidad, utilizando un horno ventilado con temperatura inspeccionada a  $110 \pm 5$  °C a 24 horas de exposición. De esta manera, se tomará de dato el peso húmedo del material y luego será expuesto en un horno normado y calibrado durante 24 horas, del cual se podrá tomar como dato el peso seco, así se podrá calcular el porcentaje de humedad del material con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(H - S)}{S} * 100$$

H= Peso del material húmedo natural

S= Peso seco del material

**Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso** (La Norma Técnica Peruana NTP 400.017)

Para calcular su densidad y vacíos retenidos. Es por ello que se muestra los términos que se debe de seguir para calcular el peso unitario:

**Peso Unitario Suelto (P.U.S.)**

Para determinar el peso unitario suelto se trabaja en conexión de la masa y del volumen, tirando el material desde un nivel de 5 cm hasta el molde de volumen, para calcular la incógnita se utilizará la siguiente ecuación:

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso suelto del material}}{\text{Vol del molde}}$$

**Peso Unitario Compactado (P.U.C.)**

Es un estudio importante del agregado, ya sea natural o de concreto reciclado. A continuación, tenemos los procedimientos que se deben de tomar en cuenta para el cálculo. Se determinará la posterior ecuación para el cálculo del peso unitario compactado:

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso suelto del material}}{\text{Vol del molde}}$$

**Tamaño máximo:** (La Norma Técnica Peruana NTP 400.037)

Es asignado para el material de agregado, por ende, es un tamaño mucho más menor que aquel material pasa al 100%. Si el agregado requerido es de 1", el 100% tendría que introducirse por el tamiz anterior (1½") y en su totalidad (entre 90-100%) el tamiz de 1". El Tamaño Mínimo es el mayor tamaño del tamiz por el que se introduce menos del 15% de material en peso o se detenga en su totalidad.

**Tamaño máximo nominal:** (La Norma Técnica Peruana 400.037)

Son agregados con superior granulometría y poseer mayor tamaño nominal suelen tener una mejor compactación de masa y menor orificio de menor tamaño máximo nominal, si se aumenta los tamaños máximo nominal del material en la dosificación del hormigón, y el

vínculo del agua y cemento reducirá. Esto conlleva a obtener concretos de un óptimo rendimiento y de un mínimo costo. (Liu et al, 2018, p.18).

Para realizar este cálculo, se debe tener en cuenta los parámetros necesarios, como realizar una buena granulometría de los agregados y para así tener buenos resultados en el tema de que no hubiera muchos vacíos en la compactación del material.

### **Cemento Portland.** (La Norma Técnica Peruana 334. 009)

Nos dice que el cemento portland se define como un elemento adquirido de la pulverización de tamaño muy pequeñas del Clinker, esta producido principalmente de silicato de calcio hidráulico, después de la calcinación se le incorpora agua y sulfato de calcio (yeso).

### **Tipos de cementos:**

Cemento Sol (2015) define que el cemento portland se clasifica de acuerdo a su composición como se muestra en la siguiente **Tabla 1:**

**Tabla 1.** *La clasificación del cemento*

TIPO I	De uso general normal
TIPO II	De uso general, específico cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación
TIPO III	Alta resistencia inicial
TIPO IV	Bajo calor de hidratación
TIPO V	Alta resistencia a los sulfatos

Fuente: Cemento Sol.

“El cemento portland, básicamente se obtiene al pulverizar el Clinker y colocando sulfato de calcio. Solo se acepta la adición de otros diferentes productos, siempre y cuando no se incrementa al 1% del peso y que la normativa establecida pueda respaldar su adicción, de esta manera, no pueda afectar las propiedades. Los materiales que se agregará, tienen que ser pulverizados simultáneamente con el Clinker”

Uno de los materiales más destacado para una mezcla es el cemento y es por ellos que se debe de utilizar adecuadamente en diferentes proyectos y que deben ser normalizado se

acuerdo a los reglamentos establecidos, el cemento se utiliza de acuerdo a la estructura que se va realizar teniendo en cuenta el clima y el estudio del suelo.

**Agua del mezclado** (Norma Técnica Peruana 339.088)

“[...] Este método indica las características de composición para el agua de mezcla, la normativa peruana, determina las condiciones y los ensayos para la aprobación de los puntos de agua probables a utilizar [...]” (Norma Técnica Peruana, 2013, p.3)

Cabrera (2017). Nos dice que se comprende por el agua de mezcla a la cuantía total que abarca en el concreto fresco. Es manejada para el desarrollo de la relación agua /cemento (a/c) y para la humedad exterior del material. Al elegir el agua se deberá evocarse a aquellas con máxima densidad de sales y tendrán que ser obviadas en magnitud que no puede ser dañado el periodo de fraguado, la resistencia y su equilibrio de volumen, sino que, también, se puede producir corrosión del acero que sirve como refuerzo para diferentes estructuras. Se considerarán óptimas para el diseño de mezclado del concreto la utilización del agua no potable cuyas propiedades que abarcan en sustancias disueltas sea como superior lo indicado en la **Tabla 4:**

**Tabla 4.** *Requisitos que debe cumplir el agua*

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Solido en suspension	5 000 ppm maximo
Materias Organicas	3 ppm maximo
Carbonatos y Bicarbonatos alcalinos (Alcalinidad total expresada en NAHCO3)	1 000 ppm maximo
Sulfato (Ion SO4)	600 ppm maximo
Cloruro (Ion Cl)	1 000 ppm maximo
Ph	Entre 5.5 y 8

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP339.088

## **Diseño de mezcla** (Instituto Americano del Concreto-ACI 211)

Esto consiste en seguir una secuencia de pasos de una manera clara y analizar la cantidad de material óptimos que serán utilizados en la mezcla (cemento, agua, grava, arena y aire) de peso y volumen en  $1\text{m}^3$  de concreto.

Para diseñar una mezcla se tendrá que tener en cuenta los diferentes ítems como: Resistencia esperada, criterios de balances de volúmenes, las cantidades de material de agua de amasado según los distintos tamaños de agregados y contenido de aire, la relación agua/cemento y el volumen de agregado grueso según los módulos de fineza de la arena (Ramos, 2018, p.26).

Para tener un buen diseño de mezcla se debe realizar estudios de todos los materiales que intervienen, deben de estar en un buen estado y ser óptimos de acuerdo a los reglamentos establecidos en la construcción. Según la normativa del ACI 211 los pasos para el diseño de mezcla son los siguientes:

**Datos de entrada:** Resistencia especificada, asentamiento (slump) y las propiedades físicas del material. A partir de ello mediante estos ítems se calcularán los pesos de la arena y piedra en ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

- Peso unitario suelto
- Peso unitario compactado
- Peso específico de masa
- Contenido de humedad
- Porcentaje de absorción
- Módulo de finura
- Tamaño máximo nominal
- Peso específico del cemento

Los parámetros de los asentamientos según los tipos de estructuras como se puede analizar en la siguiente **Tabla 5:**

**Tabla 5. Asentamiento para diversos tipos de construcciones.**

TIPOS DE ESTRUCTURA	Slump	
	maximo	minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzados.	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclopio	2"	1"
Notas:		
1) El slump puede incrementarse cuando se usan aditivos, siempre que no se modifica la relacion Agua/Cemento ni exista segregacion ni exudacion.		
2) El slump puede incrementarse en 1" si se usa vibrador en la compactacion		

Fuente: American Concrete Institute ACI 211

**Calculo del agua:** Esta en relación al tamaño máximo nominal y del asentamiento, como nos describe en la **Tabla 6:**

**Tabla 6: Cantidad de agua de amasado para diversos slump, tamaño máximo agregado y contenido de aire**

SLUMP	Tamaño Maximo de agregados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	.....
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	.....
% de Aire incorporado en funcion del agregado de exposicion								
<b>Normal</b>	4.5	4	3.85	3	2.5	2	1.5	1
<b>Moderada</b>	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
<b>Extrema</b>	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: American Concrete Institute ACI 211

**Calculo del volumen de aire atrapado** como se visualiza en la siguiente **Tabla 7:**

**Tabla 7.** *Volumen de aire atrapado*

Tamaño maximo nominal	Aire atrapado (%)
3/8"	3.00
1/2"	2.25
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
6"	0.20

Fuente: American Concrete Institute ACI 211

**Calculo de cemento:** Relación agua cemento a/c en función a la resistencia, para valores intermedios se debe interpolar, como se brinda en la siguiente **Tabla 8:**

**Tabla 8:** *Relación (a/c) y la resistencia (f'c)*

TABLA N° 3: Relacion Agua / Cemento vs f'c		
f'c a 28 Dias (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relacion Agua / Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	.....
400	0.42	.....
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: American Concrete Institute ACI 211

**Calculo del peso de la piedra, en función del factor de módulo de finura,** como se muestra en la siguiente **Tabla 9:**

**Tabla 9:** Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino				
	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53	0,51
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58
1"	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70	0,67
2"	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70
3"	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
6"	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79

Fuente: American Concrete Institute ACI 211

### **Dosificación:**

La dosificación conlleva a instaurar las propiedades establecidas de los elementos que contiene el concreto con la finalidad de tener la trabajabilidad, resistencia y durabilidad. La dosificación debe tener varios factores tales como son:

- Las obras que se van a vaciar
- Los requisitos ambientales que deben soportar (humedad)
- Los componentes que se van a utilizar
- Procedimiento de mezclado óptimo
- Colocación
- El curado se va realizar en la obra (días), etc.

### **Propiedades físicas.**

Esta propiedad del concreto nos da conocer todos los parámetros que debemos de tomar en cuenta para que el concreto está en un buen estado, de acuerdo a las normativas establecidas y por ende ponerlo en marcha para cualquier obra que se va ejecutar. Las propiedades que se van a realizar en esta investigación son: trabajabilidad, densidad del concreto y el peso unitario:

### **Trabajabilidad (slump)** (Norma Técnica Peruana 339.035).

Nos define como la propiedad del concreto en estado fresco, que define la facilidad y homogeneidad, para poder compactar y colocar la mezcla diseñada y dar su término final.

Esta propiedad del concreto en estado fresco analiza el esfuerzo solicitado para poder manipular la mezcla en estado fresco, esto depende de la relación a/c que se va emplear en el diseño, por otro lado, está el factor tiempo con el que se va ejecutar, es por ellos que puede variar el slump del material.

### **Densidad del concreto** (Norma Técnica Peruana NTP 339.047,2014).

Es la masa por medida de unidad en volumen del material, elegido al anunciado del peso unitario.

Sánchez et al (2016). La densidad de mezclas de concreto utilizando ACR es típicamente menor que la de mezclas hechas con solamente agregados naturales. La porción de mortero del ACR tiene una estructura de aire atrapado menos densa que la roca a la que está adherida. Es por ello que se agrega más agregado de concreto reciclado al diseño, para que la densidad del concreto resultante sea menor.

### **Peso unitario del concreto** (ASTM C33).

El concreto convencional formalmente usado posee de un peso unitario que oscila entre 2240 a 2460 kg/m<sup>3</sup>. La masa volumétrica del hormigón se altera dependiendo de la cuantía y la densidad del agregado, la cuantía de aire atrapado o voluntariamente incorporado y las cantidades de a/c (Saiz, 2015, p.12).

Varia depende de diversos factores por ejemplo la densidad, el aire incorporado entre otros, es por ello que se debe de realizar un buen diseño de mezcla para las obras que se realizarán.

### **Propiedades mecánicas**

Esta propiedad del concreto en estado endurecido es de suma importancia para cualquier tipo estructuras, porque con estos ensayos podemos verificar los parámetros óptimos que se deben de tener en cuenta según el reglamento establecido. Los ensayos que se van a realizar

son: ensayo a la compresión, a la tracción por compresión diametral, a flexión y el ensayo de módulo de elasticidad.

**Resistencia a la compresión:** (Norma Técnica Peruana NTP 399.034 y ASTM C39).

La norma técnica peruana para efectuar el ensayo, nos dice que consiste en soportar o resistir pesos y esfuerzos de una probeta en ensayo.

García et al (2018) menciona que diversas investigaciones manifiestan que clase de resistencia y especificaciones del hormigón utilizado para la elaboración del concreto reciclado, tiene dominios relavados, y la cantidad de agregados reciclados usados en los diseños, así como sus propiedades inciden en el comportamiento del concreto. Cuando tiene concreto con mayor resistencia, originados de las destrucciones y demolición de muchas estructuras para la producción del agregado reciclado que adquieren resistencias a la compresión mucho más altas en el hormigón. (p.30)

Se realizará por medio de probetas de concreto con agregado reciclado preparadas, que nos dé resultados óptimos para el uso en pavimentos de tránsito peatonal, fracturándolas en máquina de ensayo a la compresión. Se calculará a partir de una carga de ruptura dividida por la zona del lugar que resiste la carga. La resistencia aproximada del concreto se realizará en 3 etapas:

- A los 7 días la resistencia esperada es del 70% aproximadamente.
- A los 14 días la resistencia esperada es del 80% aproximadamente.
- A los 28 días la resistencia esperada es del 100% aproximadamente.

En base a esto en esta investigación se realizará la prueba del ensayo en 28 días cuando la resistencia sea aproximadamente al 100%.

Se recomienda las siguientes tolerancias permisibles para cada edad de ensayo como se observa en la **Tabla 10:**

**Tabla 10.** Tolerancia de rotura de especímenes de concreto.

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible
24 horas	± 0.5 horas
3 días	± 2 horas
7 días	± 6 horas
28 días	± 20 horas
90 días	± 48 horas

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.034

**Resistencia a la tracción por compresión diametral.** (Norma Técnica Peruana NTP 339.084 y ASTM C496/C496M-17).

Norma Técnica Peruana informa la secuencia para la determinación de la resistencia del ensayo en cilíndricos de hormigón.

$$T = \frac{2P}{\pi l d}$$

T=Resistencia a la tracción por compresión diametral, KPA.

P=Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, KN.

l=Longitud, m.

d=Diámetro, m.

**Resistencia a la flexión:** (Norma Técnica Peruana NTP 339.078 y ASTM C78).

Informa el paso para calcular la resistencia del ensayo, efectuadas con hormigón o de probetas demolidas sacadas del concreto endurecido y ensayadas con cargas a los tercios de la luz.

Gómez et al (2015). Nos dice que la propiedad que se recalca como esfuerzos sucesivos antes de realizar en un ensayo a flexión. Tiene una frecuencia que se aplica la prueba flexional transversal, por el cual un espécimen de forma circular o rectangular se quiebra hasta que se colapse o cede al someterlo a un ensayo de tres puntos. La resistencia a la flexión o módulo de ruptura del hormigón de peso convencional se estimula como 2 y 1.4 veces la

raíz cuadrada de la resistencia a la compresión, para tener los valores de resistencia a la flexión que llega el hormigón.

**Módulo de elasticidad:** (ASTM C-469-02)

Nos dice que está relacionado entre 250,000 a 350,000Kg/cm<sup>2</sup>, y están en enlace con la resistencia a compresión y por ende la relación agua/cemento. Las mezclas más requeridas tienen módulos de elasticidad de mucha capacidad de deformación de diseños de mezcla pobres. (Asociación Americana de Ensayos de Materiales)

Exterberria et al (2010). Nos mencionan que el principal factor que daña el módulo con agregado reciclado, es el material en sí mismo. Ya que son más propensos a la deformación que los agregados naturales, la debilidad del agregado reciclado reduce el módulo de elasticidad cuando el agregado es usado en diseño de mezclas. Por otro lado, varios investigadores han demostrado que existe una reducción con agregado reciclado, y dicha reducción es más alta en la medida que se aumenta el porcentaje de reemplazo de agregado en la mezcla. La fórmula para calcular sería:

$$E_c = 15100 * \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$$

**Pavimentos de tránsito peatonales**

**Veredas:**

Rodrich (2018). Define vereda a una superficie pavimentada a la orilla de una determinada calle u otras vías ya sea públicas o privadas para ser utilizadas por personas que se desplazan andando llamados estos peatones. Comúnmente se ubican en ambos lados de la vía y el límite de la propiedad, constituyendo de esta manera un elemento horizontal la misma que basándose en las normas y estándares recomiendan que cuenten con rampas en los cruces con la calle para así facilitar el movimiento de personas en silla de ruedas. Pudiendo ser contruidos de concreto simple, adoquinados o cualquier otro material apropiado.

## **Importancia de la construcción de veredas**

Para mantener la sostenibilidad de una ciudad subdesarrollada es importante la construcción de veredas de calidad.

En la ciudad la construcción de veredas es importante porque forma parte de una necesidad para mejorar la transitabilidad y la accesibilidad en la vía pública, gracias a ellas, las personas pueden caminar con libertad ya que la circulación de estas es lo que le da vida a una calle, favoreciendo de esta manera los encuentros vecinales, alimentan el comercio y son hilos conductores de la vida urbana.

La vereda es un elemento importante porque encontrándose estos a una altura de 10 cm a más de la pista, nos protegen de la agresión de los autos, bicicletas y otros imprudentes que pudieran embestirnos si esta mínima, pero esencial altura no existiera.

### **1.3. Formulación del problema**

En los tiempos la abundancia de desmontes de concreto se incrementó en gran parte, teniendo como efecto el impacto ambiental y socio cultural en el distrito de Cieneguilla esto ha causado que la sociedad viva la contaminación de los botaderos que existen en diferentes partes sin permiso municipal, por otro lado, están los escasos de las construcciones de pavimentos de tránsito peatonal ya sea por temas económicos. Los problemas que se identificaron para el presente proyecto, se formularon de la siguiente manera.

#### **Problema General**

¿Cuál es la diferencia de las propiedades físico-mecánicas entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?

#### **Problemas específicos**

¿Cuál es la diferencia de la resistencia a la compresión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?

¿Cuál es la diferencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?

¿Cuál es la diferencia de módulo de elasticidad entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?

¿Cuál es la diferencia de la resistencia a la flexión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?

#### **1.4. Justificación de la investigación**

La justificación hace conocer el análisis del comportamiento físico mecánico del concreto reciclado para otras nuevas construcciones. Como bien se sabe en otro país ya pusieron en marcha la reutilización de los concreto que sirven como un agregado para un nuevo concreto. es por ellos que en el Perú debemos tomar en cuenta que existe mucho concreto que es reutilizable y debemos reciclarlo, puesto que así ahorraremos en costos, espacios de botaderos y lo más importancia evitar la explotación de nuestros recursos naturales que vienen a ser nuestras canteras, que están el peligro de extinción y cuidar el medio ambiente para que luego no haya consecuencias graves.

**Económico:** se ahorrarán muchos costos en la construcción, como en los agregados ya sea gruesos o finos proveniente de las canteras y por ende en el transporte con el que se trabajara.

**Tecnológico:** se podrán realizar más construcciones de veredas en diferentes lugares, dando a conocer las otras mejores y nuevas tecnologías que pueden ser empleadas en diversas construcciones, para un nuevo futuro.

**Social:** se podrán obtener nuevas construcciones con el fin de beneficiar a la sociedad y asegurando el buen funcionamiento y el uso adecuado que se tendrá.

## **1.5. Hipótesis de investigación**

### **Hipótesis General**

Las propiedades físico-mecánicas de concreto reciclado tienen resultados significativos respecto al concreto convencional en la construcción, de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

### **Hipótesis Específicas**

El concreto reciclado tiene una óptima resistencia a la compresión en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

El concreto reciclado tiene una óptima resistencia a la tracción por compresión diametral en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

El concreto reciclado tiene un óptimo módulo de elasticidad en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

El concreto reciclado tiene una óptima resistencia a la flexión en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

## **1.6. Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

De qué manera las propiedades físico-mecánicas de concreto reciclado varía respecto al concreto convencional en la construcción, de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

### **Objetivos específicos**

Conocer la diferencia de la resistencia a la compresión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencional en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

Identificar la diferencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral entre el concreto reciclado respecto al concreto convencional en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

Demostrar la diferencia de módulo de elasticidad entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

Analizar la diferencia de la resistencia a la flexión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Diseño de investigación**

Según Hernández et al (2003), detalla que el diseño de investigación es la parte elemental de toda búsqueda, dado que permite la orientación y seguimientos del estudio a través de estrategias que aprueban resultados específicos en los cambios producidos.

Por ello, la investigación es de diseño cuasi experimental porque se puede manipular la variable dependiente e independiente teniendo como resultados diferentes cantidades, por ende, no van a hacer exactamente iguales los resultados de cada investigación.

### **2.2 Tipo de investigación**

Según Tamayo (2003, p. 43), “La investigación aplicada es el análisis y aplicación a conflictos concretos, en condición y descripciones precisas. Esta manera de investigación se conduce al empleo continuo y no al incremento de muchas teorías para cualquier tipo de investigación”.

Este presente trabajo de acuerdo a su fin es aplicado porque se diseñará con concreto de agregado reciclados para así diseñar de mezcla que llega a una mediana resistencia para poder aplicarlo en pavimentos de tránsito peatonal y así mejora el bienestar de la sociedad ya sea en el distrito de Cieneguilla u otro lugar.

### **2.3 Nivel de investigación**

Según Hernández et al (2010, p.84) “Los estudios explicativos se realizan más allá de la descripción de definiciones o de instauraciones de correlación entre definiciones; es decir están establecidos a argumentar por las causas de los acontecimientos y fenómeno físico o de una forma social, su importancia se reúne en argumentar y detallar el por qué se ocasiona un fenómeno y en qué parámetros se encuentra, también está el porqué de la conexión dos o más variables según lo investigado”

Esta investigación es explicativa causal porque vamos a aclarar y analizar cómo tener un buen resultado óptimo a la resistencia utilizando como material el agregado reciclado en el diseño de mezcla para el uso en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal.

## **2.4 Enfoque de la investigación**

Según Hernández et al (2010, p.4) “El enfoque cuantitativo usa la compilación de información de datos para obtener y comprobar las hipótesis, con la viabilidad a los cálculos numéricas y el análisis estadístico, para definir formas de resistencias y comprobar muchas teorías de acuerdo al análisis de la investigación”

Es por ello que esta investigación es de enfoque cuantitativo, porque se quiere analizar y probar la hipótesis mediante el uso de recopilación de información, con estudios anteriores de validez de los ensayos y la medición numérica utilizando como población y muestra los agregados de concreto reciclado.

## **2.5 Variables, Operacionalización**

### **Variable Independiente**

Propiedades físico-mecánicas del concreto reciclado de mediana resistencia

### **Variable dependiente**

Construcción de pavimentos de tránsito peatonal

### **Operacionalización**

La Operacionalización se detalla en el **Tabla 11**: según las variables

**Tabla 11: Cuadro de operacionalización**

VARIABLES	CONCEPTO	CONCEPTO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO RECICLADO DE MEDIANA RESISTENCIA</b>	Se entiende por concreto reciclado, a todos los áridos (agregados) finos o gruesos que son obtenidos mediante los procesos de demolición en planta especializadas de reciclados que se encargan de separar los agregados de materias inservibles para la reutilización para un nuevo concreto. (Moncada y Agreda,2015, p.17)	son todo los agregados finos o gruesos que son obtenidos mediante los procesos de demolición en planta especializadas de reciclados que se encargan de obtener un nuevo concreto	Estudio de los agregados reciclados	Granulometría Modulo de finura Tamaño máximo Tamaño máximo nominal Peso unitario Peso específico Absorción	ASTM
			diseño de mezcla de mediana resistencia (175kg/cm <sup>2</sup> y210kg/cm <sup>2</sup> )	Proporciona miento o dosificación	MÉTODO ACI 211
			Propiedades Físicas	Ensayo de trabajabilidad "Slump " Ensayo de densidad Ensayo del peso unitario del concreto	ASTM Y NORMA TÉCNICA PERUANA
			Propiedades Mecánicas	Ensayo de compresión Ensayo de flexión Ensayo de tracción por la compresión diametral Ensayo de módulo de elasticidad	ASTM Y NORMA TÉCNICA PERUANA
<b>CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE TRANSITO PEATONAL</b>	Es toda superficie preparada y alisada en su parte superior con el objeto de brindar una fácil, cómoda y circulación segura de animales, personas o vehículos. (Yaranga Felix,2015, p.3)	Es una obra de ingeniería ya sea pública o privada, con parámetros y procesos constructivos según Reglamentos pueden realizarse de forma formal e informal.	Mediana resistencia (175kg/cm <sup>2</sup> y 210kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de kg/cm <sup>2</sup>	ENSAYOS DE LABORATORIO
			Análisis de resultados	Análisis de resultado a la compresión Análisis de resultado a la flexión Análisis de resultado a la tracción por la compresión diametral Análisis de resultado de módulo de elasticidad	NORMA TÉCNICA PERUANA , ASTM Y PROGRAMAS

Fuente: Elaboración propia

## **Unidad de análisis, población y muestra**

En el siguiente punto se demostrará la unidad de análisis de la investigación, la población y la muestra que se manipulará en cada ensayo según sea requerido por los ensayos del laboratorio.

### **Unidad de análisis**

Según Hernández et al (2010) detallan que la unidad de análisis es la parte central, puesto que define “que o quienes” van abarcar en la misma, de igual manera esto va a depender del tipo de investigación, y de cómo sus alcances conllevan a la resolución del mismo.

Es por ello, que la presente investigación define que la unidad de análisis es: propiedades mecánicas del concreto reciclado de mediana resistencia y que se incluirán variables que se irán desarrollando a lo largo de su proceso.

### **Población**

Para Garcés (2006), El universo establece grupos de componentes que poseen una particularidad casi igual y que se desarrollan junto con un conjunto territorial o que podrían ser estudiado o desarrollado sobre un tema de mucho interés.

Para la investigación se define la población a todos los desmontes provenientes de edificios y probetas como residuos en Lima ya que esta ciudad es uno de las muchas ciudades que más produce contaminantes a todo nivel nacional, es por ello que tomo como investigación estas variables. Por consiguiente, tenemos la descripción del lugar de estudio.

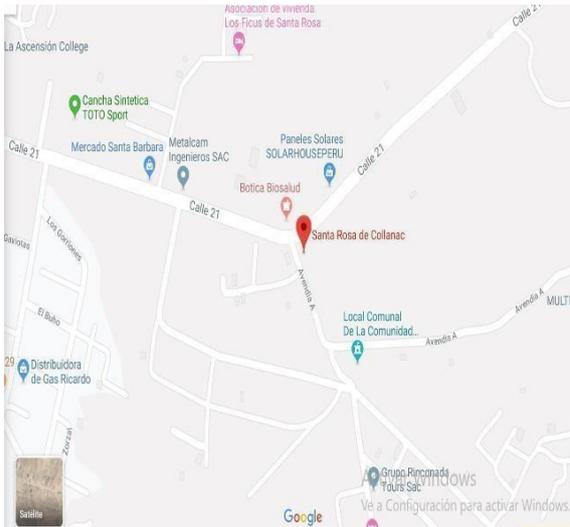
### **Descripción del lugar de estudio**

La presente investigación está enfocada en los distritos cercanos a la planta de producción de agregados reciclados y así mismo a los distritos con baja producción de pavimentos de tránsito peatonal en Lima, de los cuales se eligió al distrito de Cieneguilla. Este distrito está ubicado al Sur a 30 kilómetros de la ciudad de Lima en la cuenca baja del río Lurín, es una zona poco urbanizada, es por ello que se necesitara la ejecución de pavimentos de tránsito peatonal para el bienestar de la sociedad, y para ello se requiere materiales naturales, pero en esta investigación se hace conocido que se puede construir con materiales reciclados como en el caso de los agregados para el diseño de mezcla, mejorando así el medio ambiental y bajar la economía.

### Ubicación de lugar de estudio

La zona donde se aplica el estudio es la “Av. Santa Rosa Parcela P-48, Santa Rosa de Collanac”, que está ubicada en el distrito de Cieneguilla, en la Provincia y Departamento de Lima. La ubicación del poblado se describe en la **Figura 3** y **Figura 4**.

**Figura 3:** *Ubicación lugar de estudio*



Fuente: Google Maps

**Figura 4** *Lugar de estudio*



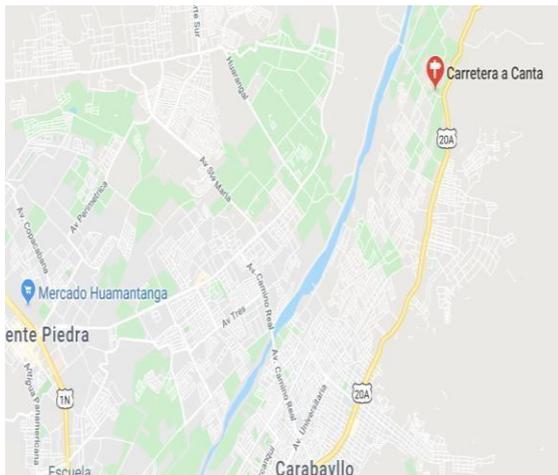
Fuente: Propia

### Ubicación de la cantera

Para realizar el experimento, contamos con el apoyo de la cantera Chillón, ya que fue la empresa que abasteció de agregados naturales para los ensayos patrón necesarios que se realizaron durante todo el proceso del experimento, y la otra parte es la EMPRESA CAJAS ECOLÓGICAS, que nos brindó el material reciclado ya sea agregado grueso y fino para el proceso de la investigación realizando estudios, diseños y ensayos de sí mismo.

La cantera Chillón está ubicada en el lado derecho de la carretera a canta en las faldas del cerro, aproximadamente en el Kilómetro 24 de la Avenida Túpac Amaru Departamento de Lima, la producción de esta empresa es de 600m<sup>3</sup> de piedra y 400m<sup>3</sup> de arena por día, la ubicación se describe en la **Figura 5** y **Figura 6**:

**Figura 5:** *Ubicación de la cantera*



Fuente: Google Maps

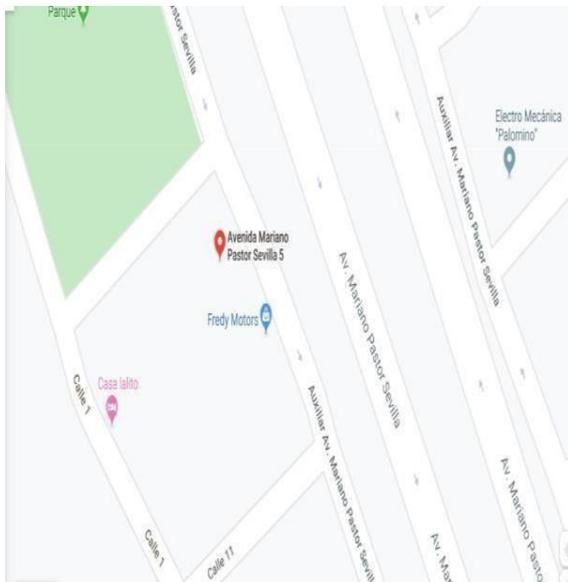
**Figura 6:** *Cantera Chillón*



Fuente: Propia

Ubicación de la cantera CAJAS está ubicada en la Mza. D Lote 3. Héroes de San Juan de Miraflores S-5 (Avenida Pastor Sevilla con Avenida las Torres) ciudad de Lima, Provincia y Departamento de Lima, las ubicaciones los muestran en la **figura 7** y **figura 8**:

**Figura 7:** *Ubicación de la cantera*



Fuente: Google Maps

**Figura 8:** *Ubicación de la cantera*



Fuente: Propia

## La cantera cajas ecológicas

Cajas ecológicas presta servicios de recolección, transporte y disposición final de residuos de construcción y demolición, cuentan con todos los permisos otorgados por la empresa DIGESA para poder realizar los servicios de transporte con contenedores metálicos de 8.5 m<sup>3</sup>.

El material transportado a la planta de transferencia suele presentar restos de metal, plástico, ladrillo, concreto, maderas, papel, cartón, Tecnopor etc. La primera etapa de la separación y clasificación es manual y se realiza en un ambiente controlado, delimitado por paredes acústicas y con la ayuda de micro pulverizadores de agua en el techo para minimizar cualquier impacto ambiental. Posteriormente, este proceso se culminará con la trituración del concreto para darle un posterior uso en la construcción de pistas, veredas y lozas deportivas. Los pasos que realiza la empresa cajas ecológicas para obtener los agregados finos y gruesos son los siguientes: Primer paso ver **Figura 9**:

**Figura 9:** *Primer paso la trituración*



Fuente: Cajas Ecológicas

Con la trituradora de concreto podremos darle un nuevo uso a este residuo el cual es usado para la construcción de pistas, veredas y lozas deportivas en coordinación con diferentes municipalidades. Segundo paso ver **Figura 10**:

**Figura 10:** Segundo paso la separación de residuos



Fuente: Cajas Ecológicas

En la planta de transferencia y reciclaje se realiza la separación del material al cual se le puede dar un nuevo uso, lo que no se pueda rehusar es eliminado en volquetes de mayor capacidad. Tercer paso ver **Figura 11:**

**Figura 11:** Tercer paso la transportación de residuos no re aprovechables.



Fuente: Cajas Ecológicas

Terminado el proceso, los residuos sólidos no re aprovechables son transportados a los rellenos sanitarios autorizados por DIGESA.

## Obtención del agregado reciclado

Los agregados reciclados para realizar este proyecto de investigación se obtienen de la cantera CAJAS ECOLÓGICAS mediante un trato directo con el ingeniero ambiental que ocupaba el puesto. El costo del material fue de s/ 8.00 soles cada saco ya sea agregado por separado grueso y fino, o una mezcla de ambos.

A continuación, se puede observar la ubicación de la parte superior de la planta de CAJAS ECOLÓGICAS y por otra parte está la máquina trituradora de agregado fino según la normativa establecida, este instrumento de trabajo sirvió de mucha ayuda para desarrollar este proyecto de investigación, y gracias a ello se ha obtenido el material adecuado. Como se muestra en la **Figura 12** y **Figura 13**:

**Figura 12:** *Ubicación de la cantera*



Fuente: Propia

**Figura 13:** *Trituradora del agregado*



Fuente: Propia

A continuación, se puede ver el material reciclado ya convertido en agregado fino y grueso después de pasar por una máquina trituradora, y en la siguiente imagen se puede observar el embolsado del material reciclado para ser transportado y realizar esta investigación, ver **Figura 14** y **Figura 15**:

**Figura 14:** *Agregado reciclado*



Fuente: Propia

**Figura 15:** *Embolses del reciclado*



Fuente: Propia

En las siguientes figuras 11 y 12 se puede notar ya los agregados embolsados y cargados a un vehículo para ser transportado al laboratorio de estudio de materiales (CONSULTORÍA –CONTROL DE CALIDAD MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN-DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO-ENSAYO DESTRUCTIVO Y NO DESTRUCTIVO Y AFINES), en total se compró 30 bolsas de agregado entre fino y grueso, el costo es de 8.00 soles por saco, a continuación, muestran el embalse y transporte del agregado reciclado, ver **Figura 16 y Figura 17:**

**Figura 16:** *Termino de embalse*



Fuente: Propia

**Figura 17:** *Transporte del agregado*



Fuente: Propia

## **Muestra**

Según Salinas (2012) define como "una parte que representa de la mejor forma la gran mayoría o todas las descripciones de la unidad de investigación y el nivel de la población". (pág. 59).

Esta investigación está compuesta por 100 de viguetas y probetas y se tomarán como muestra patrón probetas con material de agregados naturales y muestra con agregados reciclados para un curado de 7,14 y 28 días, se realizarán probetas de formas cilíndricas de concreto 4"x8" y las viguetas serán de 15 x 15 x 50 cm en el Laboratorio de Ensayos de Materiales NTP 339.34 obteniéndose:

- 52 muestras ensayadas a Compresión
- 8 muestras ensayados a Flexión
- 32 muestras ensayadas a la Tracción por Compresión Diametral
- 8 muestras ensayados a Modulo de Elasticidad-

Para resistencia de 175 Kg/cm<sup>2</sup>y 210 Kg/cm<sup>2</sup>.Como se puede observar en la **Tabla 12:**

**Tabla 12.** Cantidad de ensayos en probetas que se realizarán para el estudio.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	PERIODO DE INMERSIÓN			MUESTRA
		7 días	14 días	28 días	
PATRÓN CON RESISTENCIA DE 175Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo a la compresión	3	4	6	13
	Ensayo a la Flexión		1	1	2
	Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral	2	2	4	8
	Ensayo de Modulo de Elasticidad		1	1	2
CONCRETO RECICLADO PARA RESISTENCIA DE 175Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo a la compresión	3	4	6	13
	Ensayo a la Flexión		1	1	2
	Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral	2	2	4	8
	Ensayo de Modulo de Elasticidad		1	1	2
PATRÓN CON RESISTENCIA DE 210Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo a la compresión	3	4	6	13
	Ensayo a la Flexión		1	1	2
	Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral	2	2	4	8
	Ensayo de Modulo de Elasticidad		1	1	2
CONCRETO RECICLADO PARA RESISTENCIA DE 210Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo a la compresión	3	4	6	13
	Ensayo a la Flexión		1	1	2
	Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral	2	2	4	8
	Ensayo de Modulo de Elasticidad		1	1	2
CANTIDAD TOTAL DE PROBETAS Y VIGAS					100

Fuente: Elaboración propia

## 2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Esta investigación de manera cuasi experimental se adaptará como modo de recolección de información la observación directa con instrumentos de fichas técnicas para recopilar información recolectada en los centros de laboratorios de dichos ensayos.

Salinas (2012) “la técnica de la investigación es el método específico de obtener información. Las técnicas son particulares, por lo que es un complemento de investigación de índoles apropiados” (2012, p. 67). Las técnicas para la recolección de datos son las siguientes:

- **Análisis documental:** Se empleará este procedimiento que está relacionado en libros, tesis, normas técnicas, reglamentos nacionales e internacionales, como modo de recopilación de teorías para así analizar y estudiar los diferentes ensayos a emplearse en la evaluación físico-mecánica de las probetas como un análisis óptimo.
- **Observación:** Es el método de investigación científica, que nos proporcionara a tener las informaciones adecuadas de los ensayos que se obtendrán en el laboratorio de investigación de concreto, es por ello que obtendremos una forma directa, los parámetros físicas y mecánicas de las diferentes muestras a investigar.

### **Validez**

La validez es una descripción del instrumento que describe la medición de la variable que se busca calcular, y por ende el instrumento debe ser muy conciso y viable.” (Tamayo, 2004, p. 87).

El análisis de validez fue realizado por tres expertos profesionales que desarrollan su labor en el ámbito de la Ingeniería Civil y metodología de la investigación dando como resultado un nivel de validez del instrumento. Como se puede observar en la siguiente **Tabla 13:**

**Tabla 13:** Puntajes y aceptación de validez

PUNTAJE	ACEPTACION
0.81-1.00	Muy Alta
0.61-0.80	Alta
0.41-0.60	Moderada
0.21-0.40	Baja
0.1-0.20	Muy Baja

Fuente: Tamayo (2004).

## **Confiabilidad**

Para la confiabilidad de los instrumentos se van a solicitar a pedir los certificados claros y concisos de calibración de todos los materiales de equipos que se manejaran en este proyecto.

### **2.7 Métodos de análisis de datos.**

Según Garcés (2006), el análisis de datos “Interpreta los hallazgos vinculados con los problemas identificados en el proyecto, los objetivos, las hipótesis planteadas y/o preguntas que fueron formuladas por el autor, [...] con el objetivo de analizar y confirmar las teorías utilizadas, esto generará conflictos de debates con la teoría ya existente” (2006, p. 220).

Para la investigación el método de análisis de datos es descriptiva porque procesaremos los datos adquiridos de las muestras de probetas en el laboratorio y se generaran resultados óptimos gracias al uso de cuadros, tablas y figuras en los programas de Excel u otros.

### **2.8 Aspectos éticos**

El investigador del proyecto respeta la autoría de los autores e investigadores que han sido mencionados en cada etapa del proyecto de investigación, del cual se respetará sus pensamientos y análisis del tema, así mismo, han sido citados en cada etapa que ha sido necesario mencionarlo.

Este trabajo será respaldado por todos los resultados normalizados que tendrá en el laboratorio con la viabilidad de firma de los expertos en la rama. Así como las diversas fuentes de tesis y artículos científicos de acuerdo a informaciones de la reutilización del concreto reciclado y todas estas fuentes han sido debidamente referenciadas en el sistema ISO.

## **I. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS:**

### **3 Recursos presupuestos**

#### **Recursos**

Es el recurso muy importante y necesario para seguir continuar con el desarrollo de la presente investigación, para ello, estos se obtendrán por el autor de la investigación, y en transcurso de los recursos de asesoramiento por el ingeniero asesor temático, experto en el tema de investigación.

#### **Presupuesto**

Para el siguiente desarrollo de una investigación es necesario realizar una valorización de las actividades necesarias que se llevaran a cabo, para así realizar una buena planificación para la obtención de los recursos económicos.

Según Hernández et al (2010, p. 53), en las últimas prácticas para el desarrollo de la planificación de presupuesto de una investigación, se separan de todas las actividades que forman parte del costo directo, los gastos de capital.

Según, lo investigado el costo de desarrollo de esta investigación asciende a S/. 8,554.00 (Ocho Mil Quinientos Cincuenta con 00/100 soles); el cual es financiado por el autor del proyecto; como se detalla en la **Tabla 1**

**Tabla 14.** Presupuesto para desarrollo de Proyecto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD	P. U	MONTO (S./.)
1	<b>BIENES</b>				
	Material impreso		9	10	90
	Utilería para campo		1	40	40
	Material de Oficina		1	60	60
2	<b>SERVICIOS</b>				
	Servicio de Internet		1	150	150
	Movilidad y Viáticos		5	100	500
3	<b>ENSAYOS</b>				
	Materiales del diseño de mezcla	Cemento	8	25	200
		Agregado Fino	½ m³	25	25
		Agregado Grueso	½ m³	25	25
		Agregado Fino Reciclado	15	8	120
		Agregado Grueso Reciclado	15	8	120
	Ensayo de los Estudios de Agregados	Granulometría	2	200	400
		Módulo de Fineza	2	100	200
		Peso Unitario	4	200	800
		Peso Especifico	4	150	600
		Absorción	4	100	400
		Contenido de Humedad	4	50	200
	Ensayo de Concreto en Estado Fresco	Ensayo de Trabajabilidad	4	100	400
		Ensayo de Densidad	4	100	400
		Ensayo de Peso Unitario	4	100	400
	Ensayo de Concreto en Estado Endurecido	Ensayo a la Compresión	52	12	624
		Ensayo a la Flexión	8	40	320
		Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral	32	40	1280
		Ensayo de Modulo de Elasticidad	8	150	1200
<b>TOTAL</b>					<b>8,554</b>

Fuente: Elaboración propia

### **3.1 Financiamiento**

El financiamiento del desarrollo de la investigación estará a cargo del autor.

#### **Cronograma de ejecución**

Es de suma importancia tener en cuenta las actividades que se van a ejecutar para el presente desarrollo de la investigación, y si se tiene un tiempo establecido o limitado, es necesario realizar un cronograma de tiempo de actividades que se van a desarrollar.

Es por ello que para el desarrollo de la investigación tomaremos el periodo de tiempo de un semestre de (16 semanas) de acuerdo al plan de estudios establecidos por la entidad educativa. Como se detalla en la **Tabla 15**:

**Tabla 15:** cronograma de ejecución del proyecto de investigación

ACTIVIDADES PARA DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		TIEMPO															
		S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16
1	Revisión de proyecto de investigación	■															
2	Revisión de bibliografía y ajuste de investigación		■														
3	Recopilación de información			■	■												
4	Obtención del agregado				■	■											
5	Estudio de los agregados					■	■										
6	Diseño de mezclas						■										
7	Ensayo de trabajabilidad, densidad y peso unitario						■										
8	Ensayo a compresión flexión, tracción por Comprensión diametral y módulo de elasticidad a 7 días						■										
9	Ensayo a compresión, flexión y tracción por compresión diametral a 14 días							■	■								
10	Ensayo a compresión, flexión, tracción por compresión diametral y módulo de elasticidad a 28								■	■	■	■					
11	Presentación de DPI											■	■				
12	Subsanación de observaciones													■	■		
13	Presentación final de DPI															■	
14	Defensa de Tesis																■

Fuente: Elaboración propia

## **II. RESULTADOS**

### **4. Resultados**

Para desarrollar la etapa experimental de la presente investigación es necesario realizar ensayos según las normas internacionales (ASTM), la norma técnica peruana (NTP), con el fin de que cada procedimiento sea realizado sin margen de ningún error, manteniendo la seguridad y credibilidad ante los resultados y conclusiones obtenidos para cada procedimiento dado.

Así mismo, se realizó los siguientes ensayos: Granulometría, Contenido de Humedad, Peso Específico y Porcentaje de Absorción, Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado, con el fin de conocer las características físicas de los agregados naturales y agregados reciclados y poder realizar una de mezclas óptimo para casa resistencia requerida.

Por consiguiente, se optó por el diseño de mezclas del comité 211 del ACI, ya que para esta investigación estudiaremos concreto de mediana resistencia con  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Del mismo modo, se realizó la selección de los materiales y la combinación adecuada para la dosificación con agregado natural y reciclados, con la finalidad de obtener un concreto óptimo cuyas propiedades sean proporcionadas en estado fresco y endurecido.

Finalmente, en la etapa de curado, las muestras tendrán un período de curado de 7, 21 y 28 días. Con la finalidad de conocer las propiedades del concreto en estado endurecido realizando ensayos requeridos y que sean óptimo para la investigación, con un diseño de concreto con agregados reciclados al 100% y un diseño convencional o natural.

#### **4.1 Estudio de los agregados reciclado**

Estos agregados reciclados son provenientes de los desmontes como de los escombros o cualquier otra obra civil, esto pasa a ser reutilizado como agregado reciclado en un diseño de mezcla, la empresa que nos brindó este material es CAJAS ECOLÓGICAS. Por lo siguiente tenemos los estudios adecuados para los agregados.

##### **4.1.1 Propiedades físicas del agregado fino**

###### **a) Objetivos**

Detallar los diversos tamaños de las partículas del material pétreo mediante tamices certificados que estén colocados de forma decreciente, con el fin de conocer los resultados que nos indicarán si el agregado a utilizar es óptimo para nuestro diseño de mezcla requerida.

Por lo siguiente se muestra los resultados de granulometría de los agregados finos reciclados como se detalla en la **Tabla 16**:

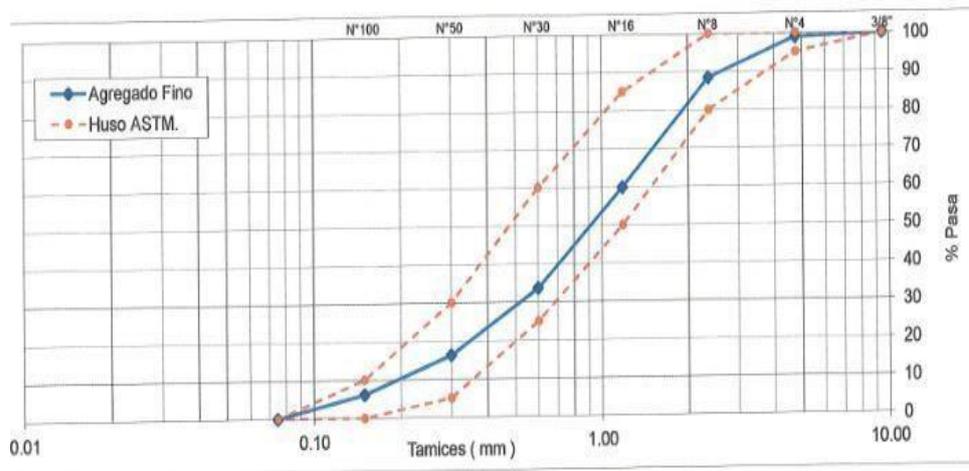
**Tabla 16:** *Granulometría del Agregado Fino Reciclado*

TAMIZ		%	% RET.	%	% PASA ASTM C33
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA	HUSO AGRE.FINO
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	1.1	1.1	98.9	95-100
N°8	2.36	10.5	11.5	88.5	80-100
N°16	1.19	28.6	40.2	59.8	50-85
N°30	0.60	26.2	66.4	33.6	25-60
N°50	0.30	17.4	83.8	16.2	5-30
N°100	0.15	10.1	93.9	6.1	0-10
<b>FONDO</b>		6.1	100	0.0	

Fuente: Laboratorio

En consecuente se muestra la curva granulométrica del agregado fino reciclado ver **Grafica 1**:

**Gráfico 1:** *Curva Granulométrica del Agregado Fino Reciclado*



Fuente: Laboratorio

En el grafico nos muestra que el estudio del agregado reciclado fino es óptimo según las especificaciones del ASTM C33, nos dice que está en el parámetro adecuado y sirve para realizar un diseño de mezcla con resistencias de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>.

Según el ASTM C33, el Módulo de Fineza debe estar entre 2.3 y 3.1. Por lo tanto, según el análisis granulométrico del agregado fino, el Módulo de Fineza para esta investigación es de 2.97.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$mf = 2.97$$

El Peso Unitario Suelto (PUS) y el Peso Unitario Compactado (PUC) se calculan con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

M = Peso unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup>

G = Peso del recipiente y peso del material.

T = Peso el recipiente en kg.

V = Volumen del recipiente de medida en m

Se muestra los resultados del laboratorio, de las propiedades físicas del agregado fino reciclado ver **Tabla 17**:

**Tabla 17: Propiedades Físicas del Agregado Fino Reciclado**

Módulo de Fineza	2.97
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1,405
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1,573
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.32
Contenido de Humedad (%)	3.01
Porcentaje de Absorción (%)	4.73

Fuente: Laboratorio

#### 4.1.2 Propiedades físicas del agregado grueso

##### a) Análisis Granulométrico

##### Objetivo

Determinar la distribución de los tamaños de las partículas del material de concreto reciclado mediante tamices certificados que estén colocados de forma decreciente, con el fin de conocer los resultados que nos indicarán si el agregado a utilizar es óptimo para nuestro diseño de mezcla.

**b) Procedimiento**

1. Secar el material en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
2. Seleccionar la serie de tamices y encajarlos en orden decreciente según el tamaño de su abertura, y a su vez, colocar la muestra sobre el tamiz superior.
3. Realizar el tamizado manualmente durante un tiempo determinado.
4. Pesar las partículas retenidas de la muestra por cada tamiz, con una balanza de alta precisión y que esté debidamente calibrada.
5. Ingresar los datos obtenidos por cada tamiz y graficar la curva granulométrica.

Por lo siguiente se muestra la tabla granulométrica del agregado grueso reciclado observa la

**Tabla 18:**

**Tabla 18:** *Granulometría del Agregado Grueso Reciclado*

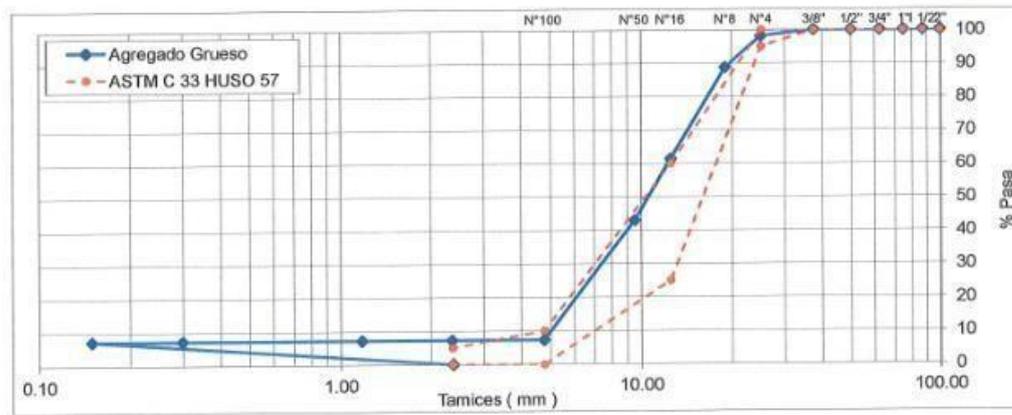
TAMIZ		%	% RED.	%	% PASA
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM .	PASA	ASTM C33 HUSO 57
4"	100.00	0.00	0.00	100.0	100
3 1/2"	87.50	0.00	0.00	100.0	100
3"	75.00	0.00	0.00	100.0	100
2 1/2"	62.50	0.00	0.00	100.0	100
2"	50.00	0.00	0.00	100.0	100
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.0	100
1"	25.00	1.8	1.8	98.2	95-100
3/4"	19.00	9.4	11.2	88.8	-
1/2"	12.50	27.3	38.6	61.4	25-60
3/8"	9.50	18.5	57.0	43.0	-
N°4	4.75	35.7	92.8	7.2	0-10
N°8	2.36	0.00	92.8	7.2	0-5
N°16	1.18	0.00	92.8	7.2	-
N°50	0.30	0.00	92.8	7.2	-
N°100	0.15	0.00	92.8	7.2	-
FONDO	2.38	7.2	100	0.00	-

Fuente: Laboratorio

En consecuencia se observa la curva granulométrica del agregado grueso reciclado ver

**Gráfico 2:**

**Grafico 2:** Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado



Fuente: Laboratorio

Según el ASTM C33, el Módulo de Finura del agregado grueso es de 6.25.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$mf = 6.25$

se muestra las propiedades físicas del agregado grueso reciclado ver **Tabla 19**

**Tabla 19:** Propiedades Físicas del Agregado Grueso Reciclado

Módulo de Fineza	6.25
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1,204
Peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1,365
Peso Específico (gr/cm³)	2.23
Contenido de Humedad (%)	2.66
Porcentaje de Absorción (%)	6.27

Fuente: Laboratorio

En la tabla 19 nos muestran las propiedades físicas del agregado grueso reciclado que nos dicen que son muy dispersos para el diseño de mezcla, pero si cumplen con el estudio de agregados según el ASTM C

### 4.1.3 Propiedades físicas del agregado global reciclado

#### a) Análisis granulométrico

##### Objetivo

Determinar la óptima combinación de agregados de manera porcentual, en base al módulo de finura del agregado grueso y agregado fino y agregado global, obteniendo los porcentajes óptimos de grava y arena, con la finalidad de diseñar una mezcla adecuada que cumpla con las propiedades del concreto. Por lo siguiente nos muestran los resultados de la granulometría del agregado global reciclado ver **Tabla 20:**

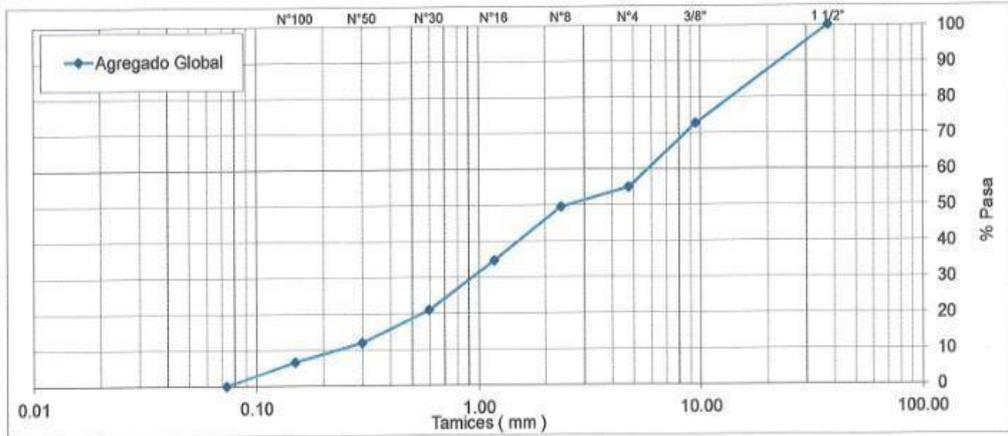
**Tabla 20:** *Granulometría del Agregado Global Reciclado*

TAMIZ		%	% RET.	%
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA
3/8"	9.5	8.9	27.4	72.6
N°4	4.75	17.7	45.1	54.9
N°8	2.36	5.4	50.5	49.5
N°16	1.18	14.9	65.4	34.6
N°30	0.60	13.6	79.0	21.0
N°50	0.30	9.1	88.1	11.9
N°100	0.15	5.3	93.4	6.6
<b>FONDO</b>		6.6	100	0.0

Fuente: Laboratorio

Se muestra el grafico de los resultados de la granulometría del agregado global ver **Gráfico 3:**

**Gráfico 3:** Curva Granulométrica del Agregado Global



Fuente: Laboratorio

Según el ASTM C33, el Módulo de Finura del agregado global es de 4.54.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

mf = 4.54

A continuación, se muestra los resultados de las propiedades físicas del agregado global reciclado como detalla en **la Tabla 21:**

**Tabla 21:** Propiedades Físicas del Agregado Global reciclado

Tamaño Máximo Nominal	1"
Módulo de Fineza	4.54
% Agregado Grueso	48.00
%Agregado Fino	52.00

Fuente: Laboratorio

En la tabla 21 nos describe los resultados de las propiedades físicas del agregado reciclado global y nos dice que es óptimo para el diseño según el ASTM C33.

### 3.4.1. Diseño de mezclas método del comité 211 del ACI con Agregado Reciclado

Determinar las cantidades óptimas para producir un concreto de la manera más económica posible, cumpliendo con el grado de trabajabilidad y los detalles especificados en la norma ACI 211, esto con la finalidad que en la etapa de endurecido cumpla con las propiedades adecuadas que se requiere para un diseño con agregados reciclados.

#### a) Diseño de mezclas para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , Slump 3" – 4" con Agregado Reciclado

1º Las Propiedades físicas de los agregados se detalla en la **Tabla 22**:

**Tabla 22:** *Propiedades Físicas de los Agregados Reciclados*

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS REICLADOS	FINO REICLADO	GRUESO REICLADO
Peso Unitario Suelto ( $\text{Kg/m}^3$ )	1,405	1,204
Peso Unitario Compactado ( $\text{Kg/m}^3$ )	1,573	1,365
Peso Específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.32	2.23
Módulo de Fineza	2.97	6.25
Tamaño Máximo Nominal	-	1"
Contenido de Humedad (%)	3.01	2.66
Porcentaje de Absorción (%)	4.73	6.27
Peso Específico del Cemento Tipo I	3.12 $\text{gr/cm}^3$	

Fuente: Laboratorio

2º Calculamos la resistencia requerida utilizando el cuadro ACI especificada en la **Tabla 23**:

**Tabla 23: Resistencia Requerida**

Resistencia Especificada $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Requerida $f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'c < 210$ kg/cm <sup>2</sup>	$f'cr = f'c + 70$
$210 < f'c < 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

Fuente: ACI 211

- Factor de resistencia requerida:

$$f'cr = 175 + 70 = 245 \frac{kg}{cm^2}$$

3° Cantidad agua y aire atrapado. Ver **Tabla 24:**

**Tabla 24: Cantidad de Agua según Asentamiento**

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: ACI 211

- El agua que se utilizará según la tabla es 195 lt/m<sup>3</sup>, pero para el ensayo se utilizó una cantidad de 236lt/m<sup>3</sup>, con el fin de obtener un slump de 3" a 4" y de esta manera cumpla con la trabajabilidad del concreto.
- El aire atrapado según el tamaño nominal de 1" es de 1.5%

4° Relación agua y cemento. Ver **Tabla 25:**

**Tabla 25: Relación Agua y Cemento**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm <sup>2</sup> )	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211

- Se trabajará con la resistencia requerida,  $f'_{cr} = 245\text{kg/cm}^2$
- Interpolamos las cifras según la resistencia a la compresión mostrada.
- 

**Tabla26: Interpolación entre Resistencia y a/c**

$f'_{c}(\text{kg/cm}^2)$	Relación a/c
255	0.61
245	X
204	0.69

Fuente: ACI 211

$$\frac{245 - 255}{245 - 204} = \frac{X - 0.61}{-0.69}$$

$$X = 0.63 = 0.60$$

5° Calculamos la cantidad de cemento según la relación a/c

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.60$$

- $\text{cemento} = \frac{236}{0.6} = 393\text{kg}$

6° Cálculo de la combinación adecuada de los agregados por el método de agregado global. Para esto, utilizaremos el módulo de fineza del agregado fino, del agregado grueso y del agregado global. (A = arena; P = piedra) (Mfa = 2.97; Mfp = 6.25; Mfag = 4.54)

$$\left[ \begin{array}{l} Mfa \times A + Mfp \times P = Mfag \dots\dots\dots(1) \\ A + P = 1 \dots\dots\dots (2) \end{array} \right.$$

$$(2) \text{ en } (1) \quad A = 1 - P$$

$$2.97 - 2.97P + 6.25P = 4.54$$

$$\frac{P = 1.57}{3.28}$$

$$\text{Piedra} = 0.52 = 52\%$$

$$\text{Arena} = 0.48 = 48\%$$

7° Volúmenes Absolutos

$$\text{Vol. del cemento} = 0.10$$

$$\text{Vol. Del agua} = 0.24$$

$$\text{Vol. De aire} = 0.015$$

$$\text{Volumen parcial} = 0.355$$

$$\text{Vol. del agregado} = 1 - 0.355 = 0.645$$

$$\text{Vol. Del agregado} = 0.645$$

$$\text{Piedra} = 52\% = 0.335$$

$$\text{Arena} = 48\% = 0.309$$

8° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener la cantidad por tanda ver **Tabla 27**:

**Tabla 27:** Diseño Seco para un  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Diseño seco			
	Ws	P.E	Vol.Abs.	WUS
Cemento	393.00	3120	0.100	1
Agua	236.00	1000	0.284	0.59
Arena	830.00	2320	0.309	2.58
Piedra	868.00	2230	0.335	2.70
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

9° Calculamos el agua efectiva de la siguiente manera:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad en los agregados}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso agregado seco} \times (\%w - \%Abs)$$

$$236 - \left[ 830.00 \times \frac{(3.01 - 4.73)}{100} + 868.00 \times \frac{(2.66 - 6.27)}{100} \right] = 235.48 \text{ litros}$$

10° Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado grueso} = 868.00 \times (1 + 2.66\%) = 891.09$$

$$\text{Agregado fino} = 830.00 \times (1 + 3.07\%) = 854.98$$

11° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener las cantidades relativas por tanda. Ver **Tabla 28:**

**Tabla 28:** *Diseño en Obra para un  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$*

Materiales	Diseño en Obra			
	Ws	P.E	Vol.Abs.*42.5	WUS en pie <sup>3</sup>
Cemento	322.00	1	42.50	1
Agua	236.00	0.73	31.10	31.10
Arena	855.00	2.66	113.05	2.84
Piedra	891.00	2.77	117.73	3.45
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que el diseño teórico no es lo mismo que un diseño en campo, puede variar en relación a/c para así tener una buena trabajabilidad respecto a la resistencia que se requiere.

## 2.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR ( $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ ) CEMENTO SOL Tipo I

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$		
Asentamiento	.....	3" - 4"		
Relación a/c de diseño	.....	0.59		
Relación a/c de obra	.....	0.73		
Proporciones de diseño	.....	1	:	2.58 : 2.70
Proporciones de obra	.....	1	:	2.66 : 2.77

### 2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO

Cemento	.....	322	Kg.
Arena	.....	830	Kg.
Piedra	.....	868	Kg.
Agua	.....	190	L.

### 2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	322	Kg.
Arena	.....	855	Kg.
Piedra	.....	891	Kg.
Agua	.....	236	L.

### 2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	112.88	Kg.
Piedra	.....	117.63	Kg.
Agua	.....	31.10	L.

### 2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	1	2.84	3.45
Agua	31.10	L/bolsa	

b) **Diseño de mezclas para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Slump 3" – 4" con Agregado Reciclado**

1° Las Propiedades físicas de los agregados se detalla en la **Tabla 29:**

**Tabla 29:** *Propiedades Físicas de los Agregados Reciclados*

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS REICLADOS	FINO REICLADO	GRUESO REICLADO
Peso Unitario Suelto ( $\text{Kg/m}^3$ )	1,405	1,204
Peso Unitario Compactado ( $\text{Kg/m}^3$ )	1,573	1,365
Peso Específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.32	2.23
Módulo de Fineza	2.97	6.25
Tamaño Máximo Nominal	-	1"
Contenido de Humedad (%)	3.01	2.66
Porcentaje de Absorción (%)	4.73	6.27
Peso Específico del Cemento Tipo I	3.12 $\text{gr/cm}^3$	

Fuente: Laboratorio

2° Calculamos la resistencia requerida utilizando el cuadro ACI especificada en la **Tabla 30:**

**Tabla 30:** *Resistencia Requerida*

Resistencia Especificada $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia Requerida $f'cr$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 70$
$210 < f'c < 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

Fuente: ACI 211

- Factor de resistencia requerida:

$$f'cr = 210 + 85 = 295 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3° Cantidad agua y aire atrapado. Ver **Tabla 31:**

**Tabla 31: Cantidad de Agua según Asentamiento**

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: ACI 211

- El agua que se utilizará según la tabla es 195 lt/m<sup>3</sup>, pero para el ensayo se utilizó una cantidad de 236lt/m<sup>3</sup>, con el fin de obtener un slump de 3" a 4" y de esta manera cumpla con la trabajabilidad del concreto.
- El aire atrapado según el tamaño nominal de 1" es de 1.5%

4º Relación agua y cemento. Ver **Tabla 32:**

**Tabla 32: Relación Agua y Cemento**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm <sup>2</sup> )	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211

- Se trabajará con la resistencia requerida,  $f'_{cr} = 295\text{kg/cm}^2$
- Interpolamos las cifras según la resistencia a la compresión mostradas.

**Tabla 33:** Interpolación entre Resistencia y a/c

$f'c=(\text{kg}/\text{cm}^2)$	Relación a/c
306	0.54
295	X
255	0.61

Fuente: ACI 211

$$\frac{295 - 306}{295 - 255} = \frac{X - 0.54}{X - 0.61}$$

$$X = 0.56 = 0.60$$

5° Calculamos la cantidad de cemento según la relación a/c

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.60$$

- cemento =  $\frac{236}{0.6} = 393\text{kg}$

6° Cálculo de la combinación adecuado de los agregados por el método de agregado global. Para esto, utilizaremos el módulo de fineza del agregado fino, del agregado grueso y del agregado global. (A = arena; P = piedra) (Mfa = 2.97; Mfp = 6.25; Mfag = 4.54)

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Mfa} \times \text{A} + \text{Mfp} \times \text{P} = \text{Mfag} \dots\dots\dots(1) \\ \text{A} + \text{P} = 1 \dots\dots\dots(2) \end{array} \right.$$

$$(2) \text{ en } (1) \quad \text{A} = 1 - \text{P}$$

$$2.97 - 2.97\text{P} + 6.25\text{P} = 4.54$$

$$\underline{\text{P} = 1.57}$$

$$3.28$$

$$\text{Piedra} = 0.52 = 52\%$$

$$\text{Arena} = 0.48 = 48\%$$

7° Volúmenes Absolutos

$$\text{Vol. del cemento} = 0.10$$

$$\text{Vol. Del agua} = 0.24$$

$$\text{Vol. De aire} = 0.015$$

$$\text{Volumen parcial} = 0.355$$

$$\text{Vol. del agregado} = 1 - 0.355 = 0.645$$

$$\text{Vol. Del agregado} = 0.645$$

$$\text{Piedra} = 52\% = 0.335$$

$$\text{Arena} = 48\% = 0.309$$

8° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener la cantidad por tanda ver **Tabla 34:**

**Tabla 34:** *Diseño Seco para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Materiales	Diseño seco			
	Ws	P. E	Vol. ABS.	WUS
Cemento	393.00	3120	0.100	1
Agua	236.00	1000	0.236	0.56
Arena	850.00	2320	0.309	2.58
Piedra	880.00	2230	0.355	2.70
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

9° Calculamos el agua efectiva de la siguiente manera:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad en los agregados}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso agregado seco} \times (\%w - \%Abs)$$

$$236 - \left[ 850.00 \times \frac{(3.01 - 4.73)}{100} + 880.00 \times \frac{(2.66 - 6.27)}{100} \right] = 282.44 \text{ litros}$$

10° Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado grueso} = 880.00 \times (1 + 2.66\%) = 872.61$$

$$\text{Agregado fino} = 850.00 \times (1 + 3.01\%) = 875.59$$

11° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener las cantidades relativas por tanda. Ver **Tabla 35**:

**Tabla 35:** *Diseño en Obra para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Materiales	Diseño en Obra			
	Ws	P. E	Vol. ABS. *42.5	WUS en pie <sup>3</sup>
Cemento	338.00	1	42.50	1
Agua	235.00	0.69	29.32	29.47
Arena	850.00	2.51	106.67	2.68
Piedra	880.00	2.60	110.5	3.24
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

#### 4.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR ( $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ) CEMENTO SOL Tipo I

##### 4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$		
Asentamiento	.....	3" - 4"		
Relación a/c de diseño	.....	0.56		
Relación a/c de obra	.....	0.69		
Proporciones de diseño	.....	1	: 2.44	: 2.53
Proporciones de obra	.....	1	: 2.51	: 2.60

##### 4.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO

Cemento	.....	338	Kg.
Arena	.....	825	Kg.
Piedra	.....	857	Kg.
Agua	.....	190	L.

##### 4.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	338	Kg.
Arena	.....	850	Kg.
Piedra	.....	880	Kg.
Agua	.....	235	L.

##### 4.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	106.70	Kg.
Piedra	.....	110.48	Kg.
Agua	.....	29.47	L.

##### 4.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	1	: 2.68	: 3.24
Agua	29.47	L/bolsa	

## 4.2 Estudio de los agregados Natural

Son provenientes de rocas vírgenes de la cantera Chillón es una empresa que se dedica a la extracción de agregados finos y gruesos de dicho lugar. A continuación, tenemos los estudios de agregados que se realizó para esta investigación

### 4.2.1 Propiedades físicas del agregado fino:

Para esto tenemos los siguientes resultados durante el estudio de los agregados naturales.

#### A. Análisis granulométrico ASTM C33

##### Objetivos

Detallar la distribución de los tamaños de las partículas del material de concreto reciclado mediante tamices certificados que estén colocados de forma decreciente, con el fin de conocer los resultados que nos indicarán si el agregado a utilizar es óptimo para nuestro diseño de mezcla requerida. Tenemos el análisis granulométrico del agregado fino natural ver

**Tabla 36:**

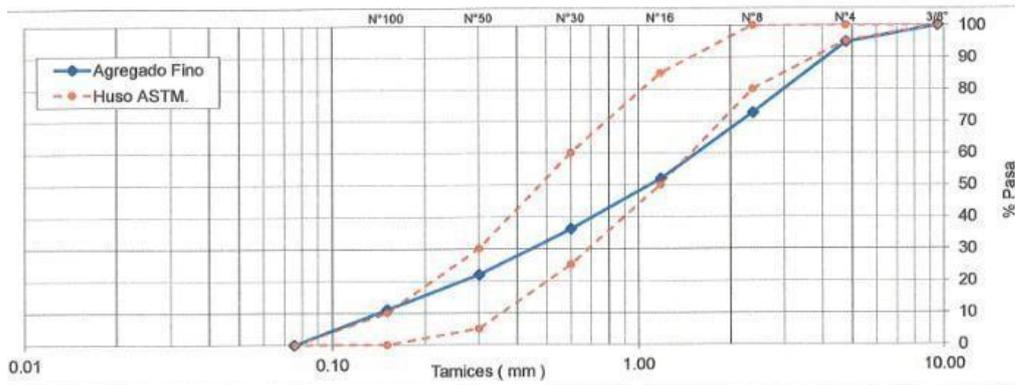
**Tabla 36:** *Granulometría del Agregado Fino*

TAMIZ		%	% RET.	%	% PASA ASTM C33
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA	HUSO AGRE.FINO
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	5.3	5.3	94.7	95-100
N°8	2.36	22.1	27.4	72.6	80-100
N°16	1.18	20.7	48.1	51.9	50-85
N°30	0.60	15.7	63.8	36.2	25-60
N°50	0.30	14.3	78.1	21.9	5-30
N°100	0.15	10.9	89.0	11.0	0-10
<b>FONDO</b>		11.0	100.0	0.0	

Fuente: Laboratorio

A continuación, tenemos el grafico granulométrico ver **Gráfico 4:**

**Gráfico 4:** Curva Granulométrica del Agregado Fino



Fuente: Laboratorio

En el gráfico nos muestra que el estudio del agregado fino que es óptimo según las especificaciones del ASTM C-33, nos dice que está en el parámetro adecuado y sirve para realizar un diseño de mezcla con resistencias de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>.

Según el ASTM C33, el Módulo de Fineza debe estar entre 2.3 y 3.1. Por lo tanto, según el análisis granulométrico del agregado fino, el Módulo de Fineza para esta investigación es de 3.12.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2}" + \frac{3}{4}" + \frac{3}{8}" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$mf = 3.12$$

El Peso Unitario Suelto (PUS) y el Peso Unitario Compactado (PUC) se calculan con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

- M = Peso unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup>
- G = Peso del recipiente y peso del material.
- T = Peso el recipiente en kg.
- V = Volumen del recipiente de medida en m

A continuación, tenemos los resultados de las propiedades físicas ver **Tabla 37:**

**Tabla 37:** *Propiedades Físicas del Agregado Fino*

Módulo de Fineza	3.12
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1,411
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1,584
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.41
Contenido de Humedad (%)	3.01
Porcentaje de Absorción (%)	1.01

Fuente: Laboratorio

#### **4.1.1 Propiedades físicas del agregado grueso**

##### **a) Análisis Granulométrico**

###### **Objetivo**

Determinar la distribución de los tamaños de las partículas del material de concreto reciclado mediante tamices certificados que estén colocados de forma decreciente, con el fin de conocer los resultados que nos indicarán si el agregado a utilizar es óptimo para nuestro diseño de mezcla.

##### **b) Procedimiento**

1. Secar el material en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
2. Seleccionar la serie de tamices y encajarlos en orden decreciente según el tamaño de su abertura, y a su vez, colocar la muestra sobre el tamiz superior.
3. Realizar el tamizado manualmente durante un tiempo determinado.
4. Pesar las partículas retenidas de la muestra por cada tamiz, con una balanza de alta precisión y que esté debidamente calibrada.
5. Ingresar los datos obtenidos por cada tamiz y graficar la curva granulométrica.

Tenemos los datos granulométricos del agregado grueso según los datos de laboratorio ver **Tabla 38:**

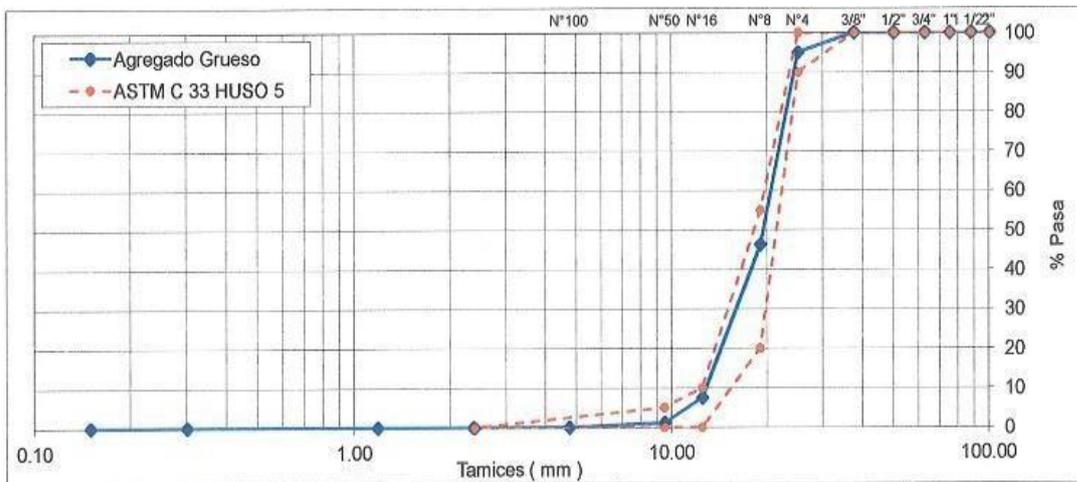
**Tabla 38:** Granulometría del Agregado Grueso

TAMIZ		%	% RET.	%	% PASA
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA	ASTM C33 HUSO 57
4"	100.00	0.0	0.0	100.0	100
3 1/2"	87.50	0.0	0.0	100.0	100
3"	75.00	0.0	0.0	100.0	100
2 1/2"	62.50	0.0	0.0	100.0	100
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	5.0	5.0	95.0	90-100
3/4"	19.00	48.8	53.8	46.3	20-55
1/2"	12.50	38.8	92.5	7.5	0-10
3/8"	9.50	6.3	98.8	1.2	0-5
N°4	4.75	1.1	99.9	0.1	-
N°8	2.36	0.0	99.9	0.1	-
N°16	1.18	0.0	99.9	0.1	-
N°50	0.30	0.0	99.9	0.1	-
N°100	0.15	0.0	99.9	0.1	-
<b>FONDO</b>	2.38	0.1	100	0.00	-

Fuente: Laboratorio

A continuación, se muestra el grafico granulométrico del agregado grueso ver **Grafica 5:**

**Grafico 5:** Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Fuente: Laboratorio

Según el ASTM C33, el Módulo de Finura del agregado grueso es de 7.52.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$mf = 7.52$$

Por lo siguiente tenemos los resultados de las propiedades físicas del agregado grueso natural provenientes de la cantera Chillón ver **Tabla 39**:

**Tabla 39:** *Propiedades Físicas del Agregado Grueso*

Módulo de Fineza	7.52
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1,229
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1,403
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.34
Contenido de Humedad (%)	2.25
Porcentaje de Absorción (%)	1.45

Fuente: Laboratorio

#### 4.1.2 Granulometría del agregado Global

##### a) **Objetivo**

Determinar la óptima combinación de agregados de manera porcentual, en base al módulo de finura del agregado grueso y agregado fino y agregado global, obteniendo los porcentajes óptimos de grava y arena, con la finalidad de diseñar una mezcla adecuada que cumpla con las propiedades del concreto, el análisis granulométrico lo muestra en la **Tabla 40**:

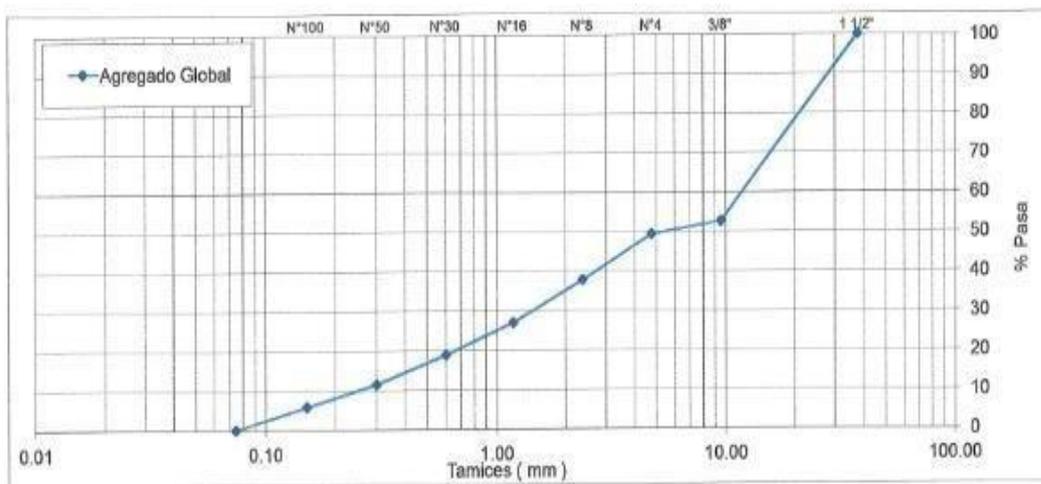
**Tabla 40:** Granulometría del Agregado Global

TAMIZ		%	% RET.	%
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA
3/8"	9.5	3.0	47.4	52.6
N°4	4.75	3.3	50.7	49.3
N°8	2.36	11.5	62.2	37.8
N°16	1.18	10.8	73.0	27.0
N°30	0.60	8.2	81.1	18.9
N°50	0.30	7.4	88.6	11.4
N°100	0.15	5.7	94.3	5.8
<b>FONDO</b>		5.8	100	0.0

Fuente: Laboratorio

En consecuencia nos muestra la curva granulométrica ver **Grafica**

**6: Gráfico 6:** Curva Granulométrica del Agregado Global



Fuente: Laboratorio

Según el ASTM C33, el Módulo de Finura del agregado global es de 5.23.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$mf = 5.23$$

Posteriormente se muestra las propiedades físicas del agregado global ver **Tabla 41:**

**Tabla 41:** *Propiedades Físicas del Agregado Global*

Tamaño Máximo Nominal	1"
Módulo de Fineza	5.23
% Agregado Grueso	48.00
%Agregado Fino	52.00

Fuente: Laboratorio

Estos resultados que nos muestra son óptimos para utilizar como material en un diseño de mezcla de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>.

### **Diseño de mezclas método del comité 211 del ACI con Agregado Natural**

Determinar las cantidades óptimas para producir un concreto de la manera más económica posible, cumpliendo con el grado de trabajabilidad y los detalles especificados en la norma ACI 211, esto con la finalidad que en la etapa de endurecido cumpla con las propiedades adecuadas que se requiere para un diseño con agregados naturales.

#### **a) Diseño de mezclas para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , Slump 3" – 4" con Agregado Natural**

1º Las Propiedades físicas de los agregados se detalla en la **Tabla 42:**

**Tabla 42:** *Propiedades Físicas del agregado natural*

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS NATURALES	FINO	GRUESO
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1,411	1,229
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1,584	1,403
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.41	2.34
Módulo de Fineza	3.12	7.52
Tamaño Máximo Nominal	-	1"
Contenido de Humedad (%)	3.01	2.25
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	1.45
Peso Específico del Cemento Tipo I	3.12 gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Laboratorio

2° Calculamos la resistencia requerida utilizando el cuadro ACI especificada en la **Tabla 43:**

**Tabla 43: Resistencia Requerida**

Resistencia Especificada $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Requerida $f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'c < 210$ kg/cm <sup>2</sup>	$f'cr = f'c + 70$
$210 < f'c < 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

Fuente: ACI 211

- Factor de resistencia requerida:

$$f'cr = 175 + 70 = 245 \frac{kg}{cm^2}$$

3° Cantidad agua y aire atrapado. Ver **Tabla 44:**

**Tabla 44: Cantidad de Agua según Asentamiento**

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: ACI 211

- El agua que se utilizará según la tabla es 195 lt/m<sup>3</sup>, pero para el ensayo se utilizó una cantidad de 177 t/m<sup>3</sup>, con el fin de obtener un slump de 3" a 4" y de esta manera cumpla con la trabajabilidad del concreto.
- El aire atrapado según el tamaño nominal de 1" es de 1.5%

4° Relación agua y cemento. Ver **Tabla 45:**

**Tabla 45: Relación Agua y Cemento**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm <sup>2</sup> )	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211

- Se trabajará con la resistencia requerida,  $f'_{cr} = 245\text{kg/cm}^2$
- Interpolamos las cifras según la resistencia a la compresión mostrada.
- 

**Tabla 46: Interpolación entre Resistencia y a/c**

$f'_{c}(\text{kg/cm}^2)$	Relación a/c
255	0.61
245	X
204	0.69

Fuente: ACI 211

$$\frac{245 - 255}{245 - 204} = \frac{X - 0.61}{-0.69}$$

$$X = 0.63 = 0.60$$

5° Calculamos la cantidad de cemento según la relación a/c

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.60$$

- cemento =  $\frac{177}{0.6} = 295\text{kg}$

6° Cálculo de la combinación adecuado de los agregados por el método de agregado global. Para esto, utilizaremos el módulo de fineza del agregado fino, del agregado grueso y del agregado global. (A = arena; P = piedra) (Mfa = 3.12; Mfp = 7.52; Mfag = 5.23)

$$\left[ \begin{array}{l} Mfa \times A + Mfp \times P = Mfag \dots\dots\dots (1) \\ A + P = 1 \dots\dots\dots (2) \end{array} \right.$$

$$(2) \text{ en } (1) \quad A = 1 - P$$

$$3.12 - 3.12P + 7.52P = 5.23$$

$$\frac{P = 2.11}{4.40}$$

$$\text{Piedra} = 0.52 = 52\%$$

$$\text{Arena} = 0.48 = 48\%$$

7° Volúmenes Absolutos

$$\text{Vol. del cemento} = 0.10$$

$$\text{Vol. Del agua} = 0.18$$

$$\text{Vol. De aire} = 0.015$$

$$\text{Volumen parcial} = 0.295$$

$$\text{Vol. del agregado} = 1 - 0.295 = 0.705$$

$$\text{Vol. Del agregado} = 0.705 \quad \text{Piedra} = 52\% = 0.367$$

$$\text{Arena} = 48\% = 0.338$$

8° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener la cantidad por tanda ver **Tabla 47:**

**Tabla 47:** Diseño Seco para un  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

	Diseño seco			
Materiales	Ws	P. E	Vol. ABS.	WUS
Cemento	295.00	3120	0.100	1
Agua	201.00	1000	0.180	0.59
Arena	848.00	2410	0.338	2.49
Piedra	890.00	2340	0.367	2.61
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

9° Calculamos el agua efectiva de la siguiente manera:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad en los agregados}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso agregado seco} \times (\%w - \%Abs)$$

$$201 - [848.00 * \frac{(3.01 - 1.01)}{100} + 890.00 * \frac{(2.25 - 1.45)}{100}] = 176.92 \text{ litros}$$

10° Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado grueso} = 890.00 \times (1 + 2.56\%) = 912.78$$

$$\text{Agregado fino} = 848.00 \times (1 + 2.67\%) = 870.64$$

11° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener las cantidades relativas por tanda. Ver **Tabla 48:**

**Tabla 48:** Diseño en Obra para un  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

	Diseño en Obra			
Materiales	Ws	P. E	Vol. ABS. *42.5	WUS en pie <sup>3</sup>
Cemento	341.00	1	42.50	1
Agua	177.00	0.52	22.08	22.08
Arena	874.00	2.56	108.80	2.72
Piedra	910.00	2.67	113.40	3.26
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

## 2.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR ( $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ ) CEMENTO SOL Tipo I

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$		
Asentamiento	.....	3" - 4"		
Relación a/c de diseño	.....	0.59		
Relación a/c de obra	.....	0.52		
Proporciones de diseño	.....	1	:	2.49 : 2.61
Proporciones de obra	.....	1	:	2.56 : 2.67

### 2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO

Cemento	.....	341	Kg.
Arena	.....	848	Kg.
Piedra	.....	890	Kg.
Agua	.....	201	L.

### 2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	341	Kg.
Arena	.....	874	Kg.
Piedra	.....	910	Kg.
Agua	.....	177	L.

### 2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	108.80	Kg.
Piedra	.....	113.40	Kg.
Agua	.....	22.08	L.

### 2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	1	: 2.72	: 3.26
Agua	22.08	L/bolsa	

b) **Diseño de mezclas para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Slump 3" – 4" con Agregado Natural**

1° Las Propiedades físicas de los agregados se detalla en la **Tabla 49:**

**Tabla 49:** *Propiedades Físicas del Agregado Natural*

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	FINO RECICLADO	GRUESO RECICLADO
Peso Unitario Suelto ( $\text{Kg/m}^3$ )	1,411	1,229
Peso Unitario Compactado ( $\text{Kg/m}^3$ )	1,584	1,403
Peso Específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.41	2.34
Módulo de Fineza	3.12	7.52
Tamaño Máximo Nominal	-	1"
Contenido de Humedad (%)	3.01	2.25
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	1.45
Peso Específico del Cemento Tipo I	3.12 $\text{gr/cm}^3$	

Fuente: Laboratorio

2° Calculamos la resistencia requerida utilizando el cuadro ACI especificada en la **Tabla 50:**

**Tabla 50:** *Resistencia Requerida*

Resistencia Especificada $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia Requerida $f'cr$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 70$
$210 < f'c < 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

Fuente: ACI 211

- Factor de resistencia requerida:

$$f'cr = 210 + 85 = 295 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3° Cantidad agua y aire atrapado. Ver **Tabla 51:**

**Tabla 51:** Cantidad de Agua según Asentamiento

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: ACI 211

- El agua que se utilizará según la tabla es 195 lt/m<sup>3</sup>, pero para el ensayo se utilizó una cantidad de 177 lt/m<sup>3</sup>, con el fin de obtener un slump de 3" a 4" y de esta manera cumpla con la trabajabilidad del concreto.
- El aire atrapado según el tamaño nominal de 1" es de 1.5%

4° Relación agua y cemento. Ver **Tabla 52:**

**Tabla 52:** Relación Agua y Cemento

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm <sup>2</sup> )	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211

- Se trabajará con la resistencia requerida,  $f'_{cr} = 295 \text{kg/cm}^2$
- Interpolamos las cifras según la resistencia a la compresión mostradas.

**Tabla 53:** Interpolación entre Resistencia y a/c

$f'c=(kg/cm^2)$	Relación a/c
306	0.54
295	X
255	0.61

Fuente: ACI 211

$$\frac{295 - 306}{295 - 255} = \frac{X - 0.54}{X - 0.61}$$

$$X = 0.56 = 0.60$$

5° Calculamos la cantidad de cemento según la relación a/c

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.60$$

- cemento =  $\frac{177}{0.6} = 295\text{kg}$

6° Cálculo de la combinación adecuado de los agregados por el método de agregado global. Para esto, utilizaremos el módulo de fineza del agregado fino, del agregado grueso y del agregado global. (A = arena; P = piedra) (Mfa = 3.12; Mfp = 7.52; Mfag = 5.23)

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Mfa} \times A + \text{Mfp} \times P = \text{Mfag} \dots\dots\dots(1) \\ A + P = 1 \dots\dots\dots(2) \end{array} \right.$$

$$(2) \text{ en } (1) \quad A = 1 - P$$

$$3.12 - 3.12P + 7.52P = 5.23$$

$$\frac{P=2.11}{4.40}$$

$$\text{Piedra} = 0.52 = 52\%$$

$$\text{Arena} = 0.48 = 48\%$$

#### 7° Volúmenes Absolutos

$$\text{Vol. del cemento} = 0.10$$

$$\text{Vol. Del agua} = 0.18$$

$$\text{Vol. De aire} = 0.015$$

$$\text{Volumen parcial} = 0.295$$

$$\text{Vol. del agregado} = 1 - 0.295 = 0.705$$

$$\text{Vol. Del agregado} = 0.705$$

$$\text{Piedra} = 52\% = 0.367$$

$$\text{Arena} = 48\% = 0.338$$

8° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener la cantidad por tanda, los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 54:**

**Tabla 54:** *Diseño Seco para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con agregado natural*

Materiales	Diseño seco			
	Ws	P. E	Vol. ABS.	WUS
Cemento	295.00	3120	0.100	1
Agua	201.00	1000	0.18	0.56
Arena	864.00	2320	0.338	2.34
Piedra	902.00	2230	0.367	2.46
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

9° Calculamos el agua efectiva de la siguiente manera:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad en los agregados}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso agregado seco} \times (\%w - \%Abs)$$

$$236 - \left[ 864.00 \times \frac{(3.01 - 1.01)}{100} + 902.00 \times \frac{(2.25 - 1.45)}{100} \right] = 176.50 \text{ litros}$$

10° Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado grueso} = 902.00 \times (1 + 2.41\%) = 923.74$$

$$\text{Agregado fino} = 864.00 \times (1 + 2.51\%) = 888.19$$

11° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener las cantidades relativas por tanda. Ver **Tabla 55**:

**Tabla 55:** *Diseño en Obra para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con agregado natural*

Materiales	Diseño en Obra			
	Ws	P. E	Vol. ABS. *42.5	WUS en pie <sup>3</sup>
Cemento	295.00	1	42.50	1
Agua	201.00	0.49	20.98	20.98
Arena	864.00	2.41	102.33	2.56
Piedra	902.00	2.51	106.88	3.07
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

#### 4.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR ( $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ) CEMENTO SOL Tipo I

##### 4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$		
Asentamiento	.....	3" - 4"		
Relación a/c de diseño	.....	0.56		
Relación a/c de obra	.....	0.49		
Proporciones de diseño	.....	1	:	2.34 : 2.46
Proporciones de obra	.....	1	:	2.41 : 2.51

##### 4.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO

Cemento	.....	359	Kg.
Arena	.....	839	Kg.
Piedra	.....	883	Kg.
Agua	.....	201	L.

##### 4.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR $\text{m}^3$ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	359	Kg.
Arena	.....	864	Kg.
Piedra	.....	902	Kg.
Agua	.....	177	L.

##### 4.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	102.33	Kg.
Piedra	.....	106.88	Kg.
Agua	.....	20.98	L.

##### 4.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

		CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	.....	1	:	2.56 : 3.07
Agua	.....	20.98	L/bolsa	

### 4.3 Propiedades físicas

Esta propiedad del concreto en estado fresco tiene una característica óptima para poder realizar diferentes resistencias teniendo en cuenta factores que nos ayuden a tener un buen manejo de mezcla y tener las cantidades adecuados de cada material durante un diseño, los ensayos que se realizaron fueron: trabajabilidad, densidad y peso unitario.

- **Trabajabilidad (slump):**

Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto, en esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

Para esta investigación el slump que se utilizó para los diseños de mezcla de resistencia de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup> fue de 3-4 Pulg así se llegó a un buen resultado en posteriores ensayos en estado endurecido.

- **Ensayo de Densidad del concreto:** (Norma Técnica Peruana NTP 339.047,2014).

#### **Objetivo:**

El ensayo de densidad consiste en tener el peso por unidad de volumen de las probetas y vigas, esto sirve para calcular si el concreto es más fácil de ser transportado durante un proceso de ejecución de una obra.

La fórmula para calcular es la siguiente:

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

Donde:

D: Densidad, en  $\text{kg}/\text{m}^3$

W: Peso de la muestra, en kg

V: Volumen de la muestra, en  $\text{m}^3$

A continuación, se muestra los ensayos de probetas que se realizaron para calcular la densidad con agregado reciclado y natural, como se muestra en la siguiente **Tabla 56**:

**Tabla 56:** *Peso unitario en estado fresco del concreto de resistencias  $f'c = 175\text{kg}/\text{cm}^2$  y  $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$  de concreto reciclado y patrón.*

RESISTENCIA	PESO UNITARIO (Kg)	
	RECICLADO	PATRÓN
$f'c = 175\text{kg}/\text{cm}^2$	3.400	3.800
	3.300	3.850
	3.550	3.900
	3.417	3.850
$f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$	3.550	4.000
	3.600	4.100
	3.650	4.150
	3.600	4.083

Fuente: Laboratorio

A continuación, se muestra el ensayo de densidad del concreto en probetas de 4"x 8", con el resultado de promedio de dichas muestras utilizando la fórmula del ensayo, ver **Tabla 57**:

**Tabla 57:** *Resultado del promedio del ensayo de Densidad en estado endurecido del concreto de resistencias  $f'c = 175\text{kg}/\text{cm}^2$  y  $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$  de concreto reciclado y patrón.*

RESISTENCIA	PESO (kg)	VOLUMEN ( $\text{m}^3$ )	ENSAYO DE DENSIDAD ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$f'c = 175\text{kg}/\text{cm}^2$ 100% RECICLADO	3.417	0.0018	1884.13
$f'c = 175\text{kg}/\text{cm}^2$ 100% PATRÓN	3.850	0.0017	2264.71
$f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ 100% RECICLADO	3.600	0.0019	1898.74
$f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ 100% PATRÓN	4.086	0.0018	2298.10

Fuente: Laboratorio

En la tabla 57 nos muestra la diferencia de los resultados en un ensayo de densidad de concreto fresco en probetas para resistencia de  $175\text{kg/cm}^2$  y  $210\text{ kg/cm}^2$ , con agregado reciclado y agregado natural ,ya que gracias a este ensayo se llegó a una conclusión de que el concreto con agregado reciclado tiene menor densidad con un aproximado de  $1884.13\text{kg/m}^3$  mientras que el ensayo con agregado natural es de  $2264.71\text{kg/m}^3$  la diferencia entre ambos es de  $380.58\text{kg/m}^3$  este resultado es para una resistencia de diseño de  $175\text{kg/cm}^2$ ,por otro lado tenemos el ensayo de densidad con resistencia de  $210\text{kg/cm}^2$  que nos arroja que con agregado reciclado tiene como resultado de  $11898.74$  y de concreto convencional nos da  $2298.10\text{kg/m}^3$  la diferencia de resultados es de  $399.36\text{kg/m}^3$ ,se podría decir que esta investigación nos dio buenos resultados en cuanto al ensayo de densidad y que este concreto es más factible con menor peso y densidad de poder ser transportado, esto no quiere decir que afecta la resistencia a posteriores ensayo.

#### **4.4 Propiedades mecánicas**

Esta propiedad del concreto en estado endurecido es de suma importancia para cualquier tipo estructuras, porque con estos ensayos podemos verificar los parámetros óptimos que se deben de tener en cuenta según reglamento y normativas. Las probetas para el ensayo tienen las dimensiones aproximadas de  $4'' \times 8''$  y las vigas tienen las dimensiones de  $15 \times 15 \times 50\text{cm}$  estos instrumentos están hechos con un diseño de mezcla convencional y la otra parte está de agregado reciclado al 100% añadido a la mezcla. Los ensayos que se realizó para esta investigación fueron: Ensayo a la compresión, a la Tracción por compresión diametral, a flexión y el Ensayo de módulo de elasticidad, las probetas y vigas están ensayadas con un tiempo de curado de 7,14 y 28 días después del diseño. El instrumento de medida es la PRENSA HIDRÁULICA su Certificado de calibración es (CMC-067-2019) y con la normativa necesaria.

Entre los Ensayos en Concreto Endurecido debemos destacar aquellos que sirven para la determinación de las Resistencias Mecánicas:

- Dentro de éstos, destaca el Ensayo para la determinación de la Resistencia a la Compresión, Tracción, Flexión y Modulo de Elasticidad en muestras cilíndricas y vigas normalizadas.
- Los valores que se obtienen en este Ensayo sirven para el Control y Evaluación del Concreto.

- En consecuencia, estos Ensayos deberán realizarse con todos los cuidados necesarios establecidos en las Normas correspondientes.

- **Ensayo a la compresión**

**Objetivo:**

El Ensayo de Compresión constituye la forma más práctica y tradicional de evaluar la Resistencia y Uniformidad del Concreto.

- Los resultados de este Ensayo muestran la dispersión del Concreto debida a múltiples razones, como son la heterogeneidad de los componentes, las condiciones de los procesos y las diferencias en la propia preparación de los especímenes.
- Por estos motivos debe tenerse especial cuidado en la elaboración curado y prueba de los especímenes.

La fórmula que se utilizó para el ensayo a la compresión es:

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

Donde:

R<sub>c</sub> = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>)

G = La carga máxima de la probeta cilíndrica, en centímetro (cm)

D = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetro (cm)

A continuación se muestran la colocación de las probetas y el ensayo a compresión ver

**Figura 18 y Figura 19:**

**Figura 18:** Colocación de la probeta



Fuente: Propia

**Figura III-12:** Ensayo a la Compresión



Fuente: Propia

- **Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral**

**Objetivo:**

Determinación Indirecta del Esfuerzo en Tracción del concreto mediante Compresión Diametral de Probetas Normalizadas de 4" x 8" Pulg. Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de concreto convencional y un concreto con agregado reciclado, a una velocidad prescrita, hasta que ocurra la falla.

**Importancia:** Aunque es un Ensayo algo disperso y necesita mayor Investigación resulta Sencillo y podría usarse en reemplazo del Ensayo de Flexión.

fórmula que se utilizó para el ensayo a la Tracción por compresión diametral es:

$$T = \frac{2P}{\pi t d}$$

Donde:

T=Resistencia a la tracción por compresión diametral, kg/cm<sup>2</sup>.

P= Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, kg.

L=Longitud, cm.

D=Diámetro, cm.

A continuación, se muestran la colocación de las probetas y el ensayo a tracción por compresión diametral ver **Figura 20** y **Figura 21**:

**Figura 20:** Colocación de la probeta



Fuente: Propia

**Figura 21:** Ensayo a la tracción por compresión diametral



Fuente: Propia

- **Ensayo Módulo de Elasticidad**

**Objetivo:**

Determinar el módulo de elasticidad de un material que es la relación entre el esfuerzo al que está sometido el material y su deformación unitaria, que representa la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el mismo.

La fórmula para calcular del módulo de elasticidad es la siguiente:

$$E_c = 15100 * \sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2}$$

En consecuencia, se muestran la colocación de las probetas y el ensayo a módulo de elasticidad ver **Figura 22** y **Figura 23**:

**Figura 22:** Colocación de la probeta



Fuente: Propia

**Figura 23:** Ensayo a módulo de elasticidad



Fuente: Propia

- **Ensayo a la Flexión ASTM C78**

**Objetivo:**

Determinar la resistencia a la flexión del concreto que se utilizará en pavimentos de tránsito peatonal u otras construcciones, donde esté sometido a flexión, el ensayo es ensayado con cargas a los tercios de la luz.

Si la falla se da en el tercio medio de la luz, la forma de rotura se calculará con la siguiente formula

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

Mr: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup>. P: Carga máxima de rotura, en kg.

L: Luz libre entre apoyos, en cm

b: El ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm.

h: Altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm.

A continuación, se muestran la colocación de las muestras y el ensayo a compresión ver **Figura 24 y Figura 25:**

**Figura 24:** *Colocación de la viga*



Fuente: Propia

**Figura 25:** *Ensayo a Flexión*



Fuente: Propia

Por lo siguiente se tienen los resultados de los ensayos de Compresión, Flexión, Modulo de Elasticidad y Tracción por Compresión Diametral; que se realizó en esta investigación de tesis, se trabajó dos diseños de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , con agregado reciclado y agregado natural para así hacer una comparación de ambos resultados, y llegar a una conclusión.

Ensayo de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , con 7 días de curado, que tiene un resultado aproximado de un 70% de resistencia, los ensayos son:

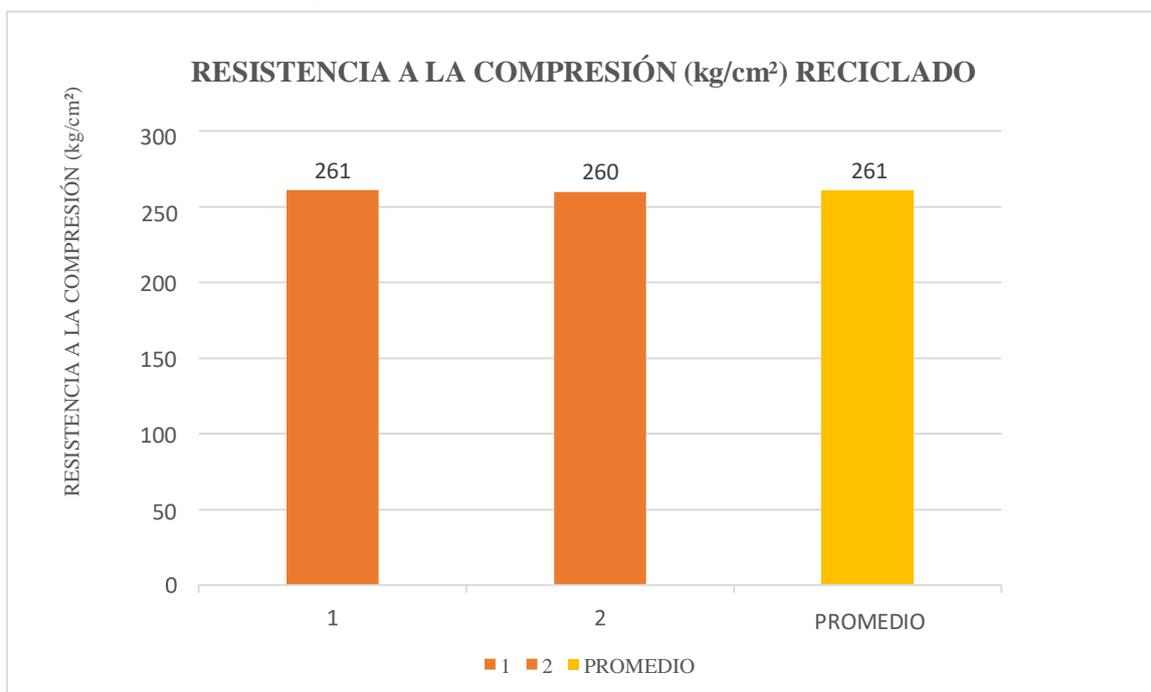
- **Ensayo a la compresión:** (Norma Técnica Peruana NTP 399.034)

**Tabla 58:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FRACTURA
1	PROBETA $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10	30/11	7 días	77.6	20,256	261	Tipo 2
2	PROBETA $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10	30/11	7 días	79.2	20,578	260	Tipo 3

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 7:** Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



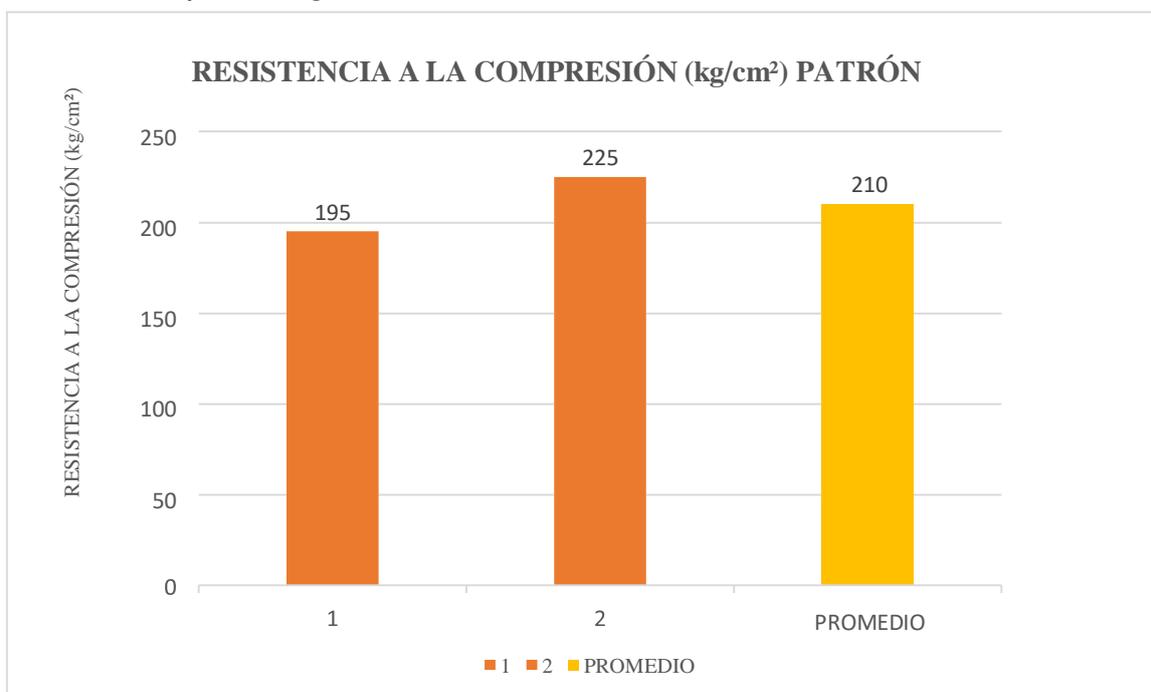
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 59:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	ESFUERZO $\text{kg/cm}^2$	% $f'c$
$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	23/11/19	7	9.8	20.11	5	2.05	195 $\text{kg/cm}^2$	93.10 %
$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	23/11/19	7	10.2	20.09	3	1.97	255 $\text{kg/cm}^2$	121.10 %

Fuente: Laboratorio

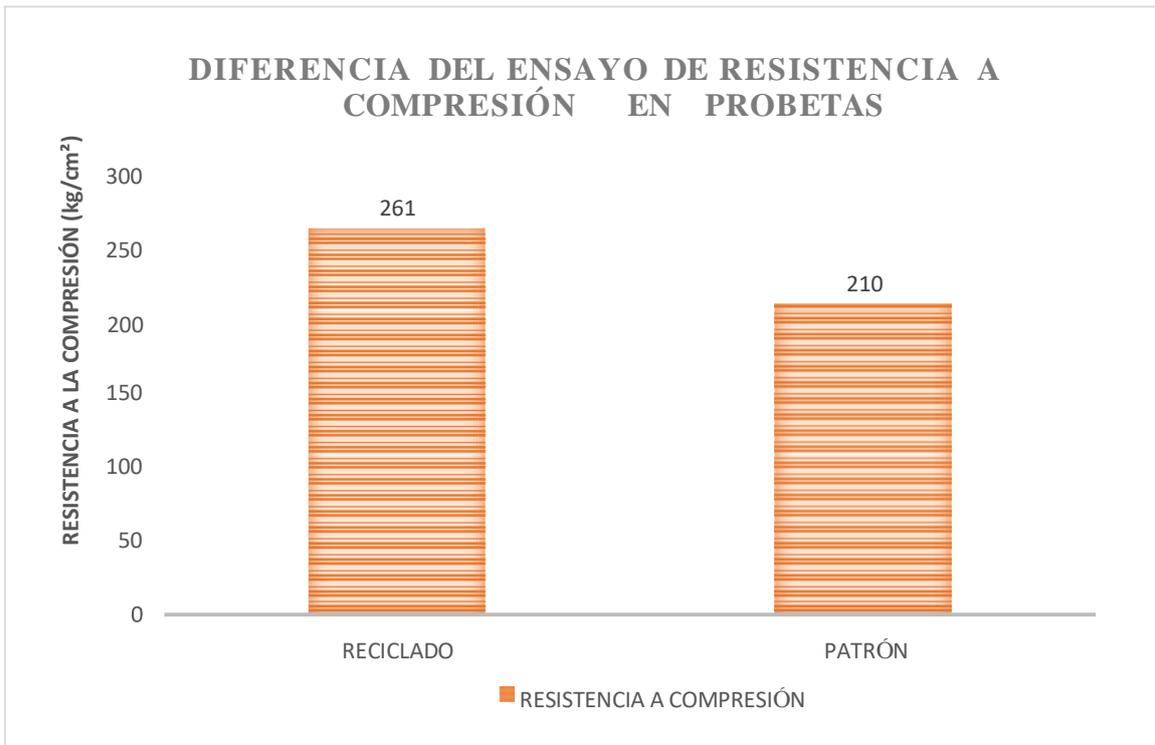
**Gráfico 8:** Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 9, se tiene la diferencia de resultados entre el ensayo a compresión con agregado reciclado y el ensayo a compresión con agregado natural.

**Gráfico 9:** Diferencia del ensayo de resistencia a la compresión de 175kg/cm<sup>2</sup> entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado



Fuente: Elaboración propia

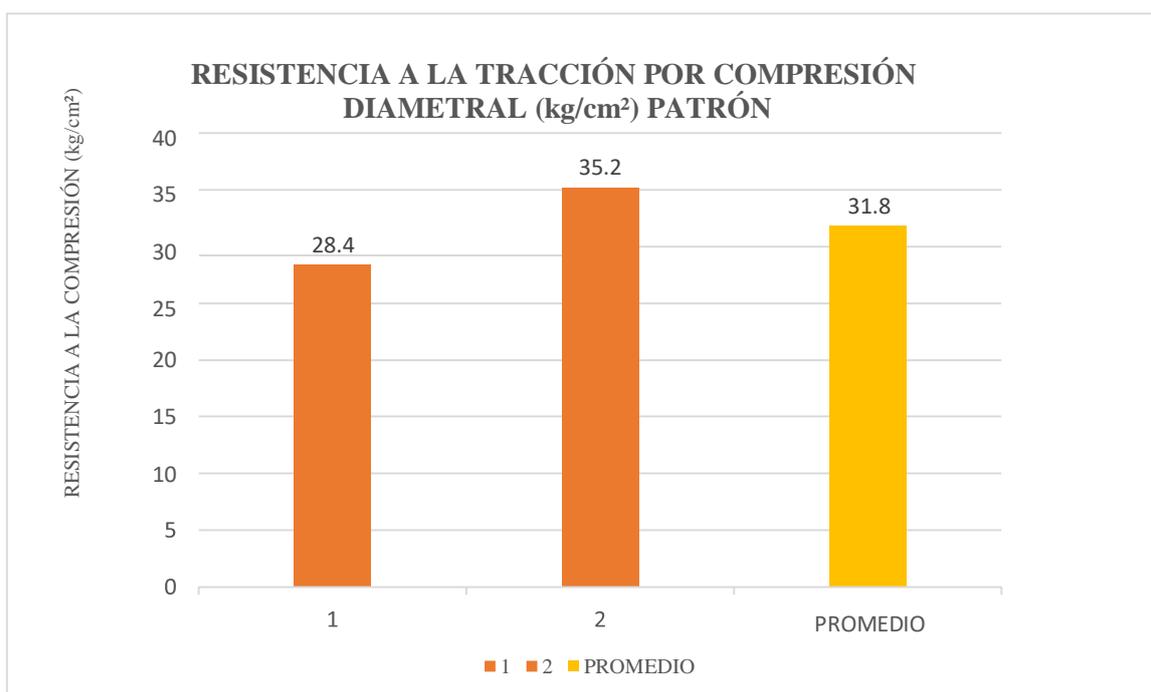
- **Ensayo a la tracción por compresión diametral** (Norma Técnica Peruana NTP 399.084)

**Tabla 60:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

Ni	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P1-175-1R	22/10/2019	30/10/2019	10.08	20.5	9203	28.4
2	P1-175-1R	22/10/2019	30/10/2019	10.11	20.5	11443	35.2

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 10:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



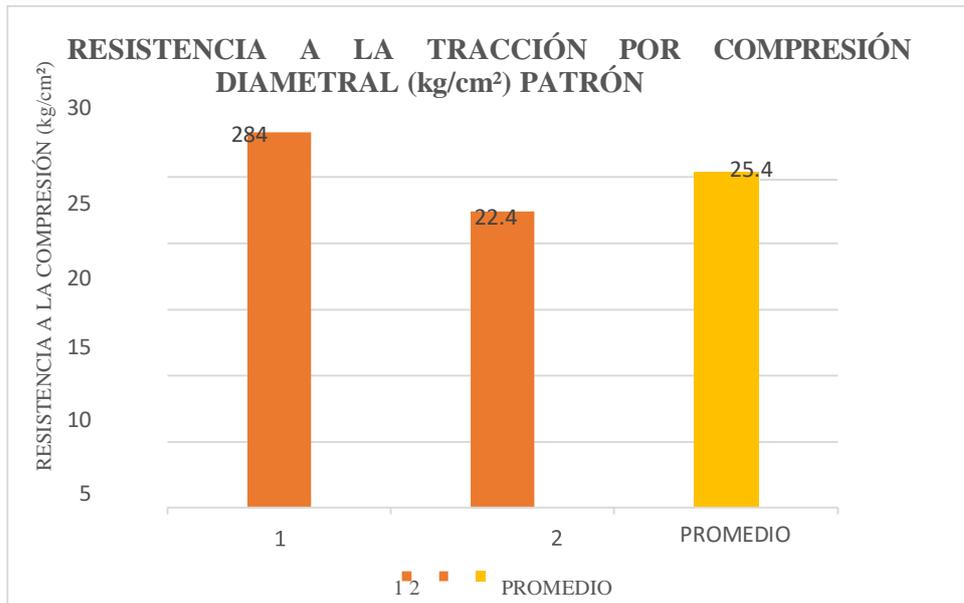
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 61:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm²)
$F'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	23/11/19	7	20.5	10.3	8240.9	28.4 kg/cm²
$F'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	23/11/19	7	20.5	10.4	7490.1	22.4 kg/cm²

Fuente: Laboratorio

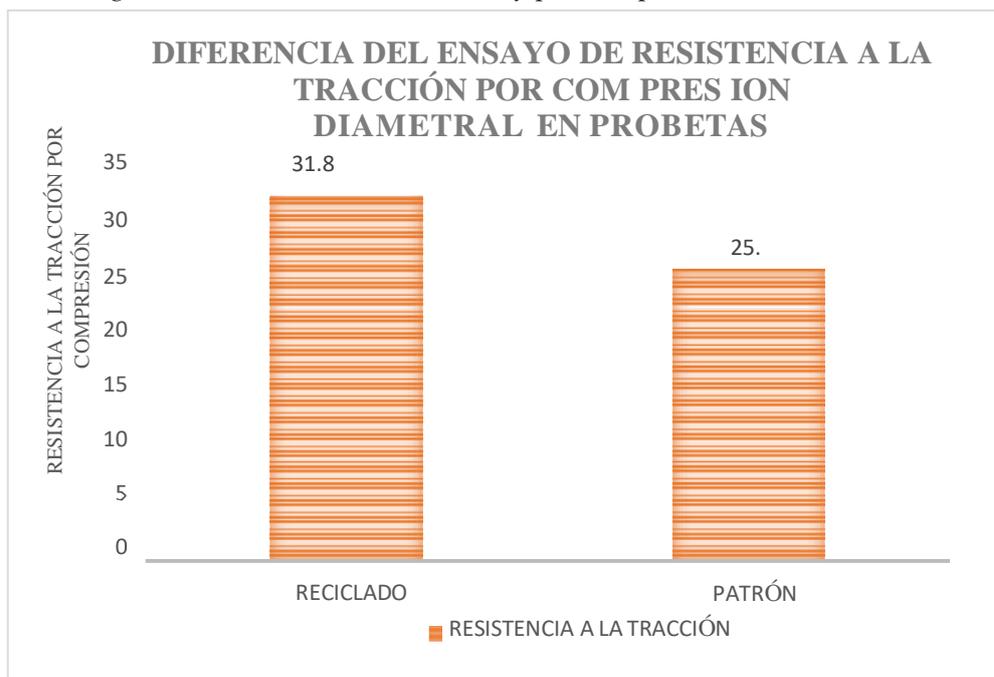
**Gráfico 11:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, el gráfico 12, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a tracción por compresión diametral con agregado reciclado y el ensayo a tracción por compresión diametral con agregado natural.

**Gráfico 12:** Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de  $175\text{kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado



Fuente: Elaboración propia

**Ensayo de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , con 14 días de curado, que tiene un resultado aproximado de un 80% de resistencia, los ensayos son:**

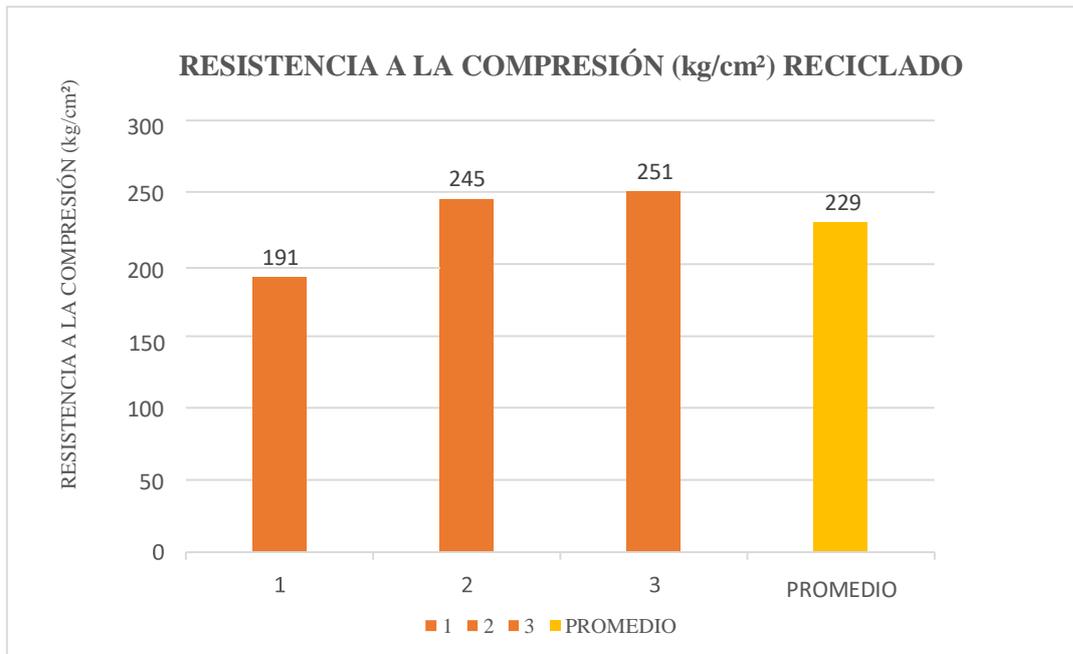
- **Ensayo a la compresión: ASTM C 39**

**Tabla 62:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	PROBETA $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10	07/11	14	10.26	20.08	Tipo5	1.96	191kg/cm <sup>2</sup>	109.10 %
2	PROBETA $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10	07/11	14	10.25	20.08	Tipo2	1.96	245kg/cm <sup>2</sup>	139.90 %
3	PROBETA $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10	07/11	14	9.88	20.11	Tipo2	2.04	251kg/cm <sup>2</sup>	143.2 %

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 13:** Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



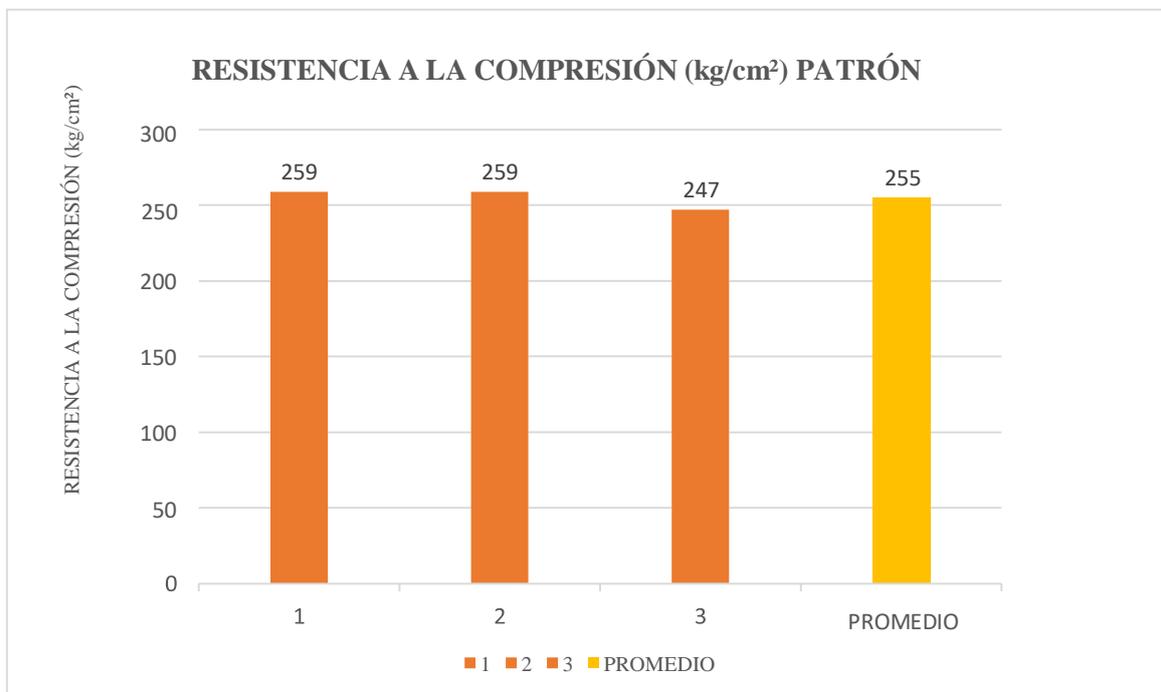
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 63:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	30/11/19	14	9.84	20.08	Tipo5	2.04	259kg/c m <sup>2</sup>	117.60%
2	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	30/11/19	14	10.26	20.11	Tipo5	1.96	259kg/c m <sup>2</sup>	147.80%
2	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	30/11/19	14	10.15	20.13	Tipo5	1.98	247kg/c m <sup>2</sup>	147.80%

Fuente: Laboratorio

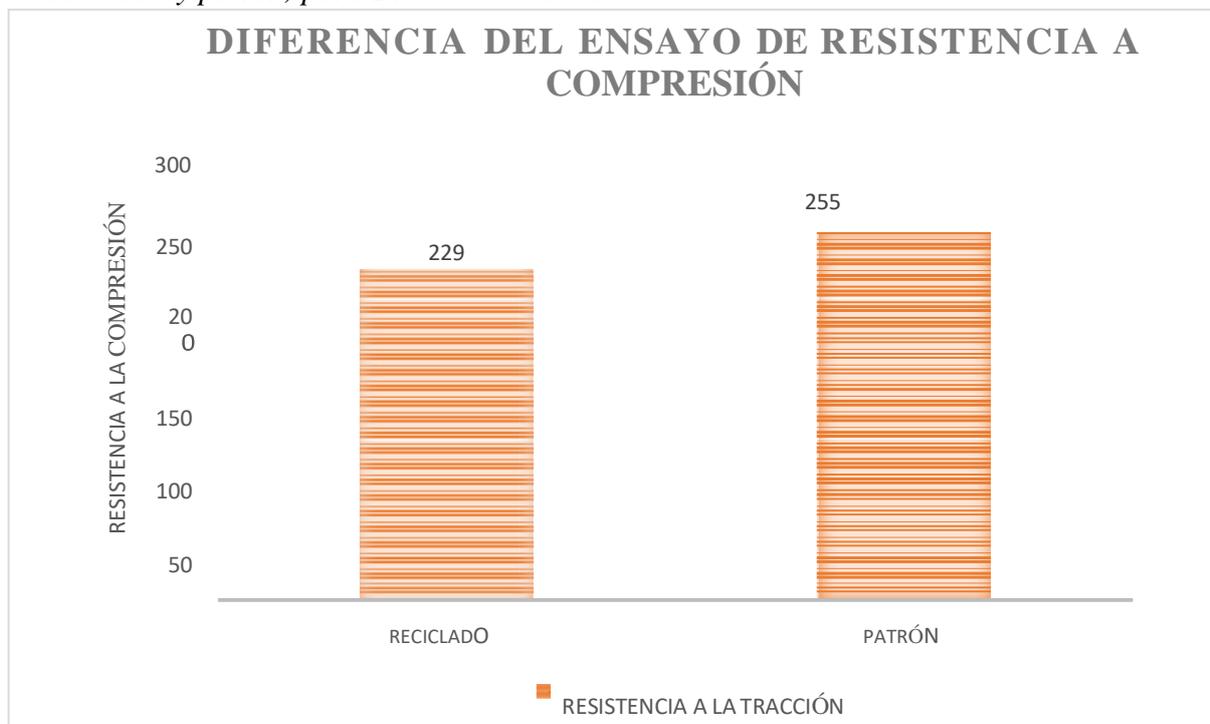
**Gráfico 14:** Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 15, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a compresión con agregado reciclado y el ensayo a compresión con agregado natural.

**Gráfico 15:** Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de 175kg/cm<sup>2</sup> entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia

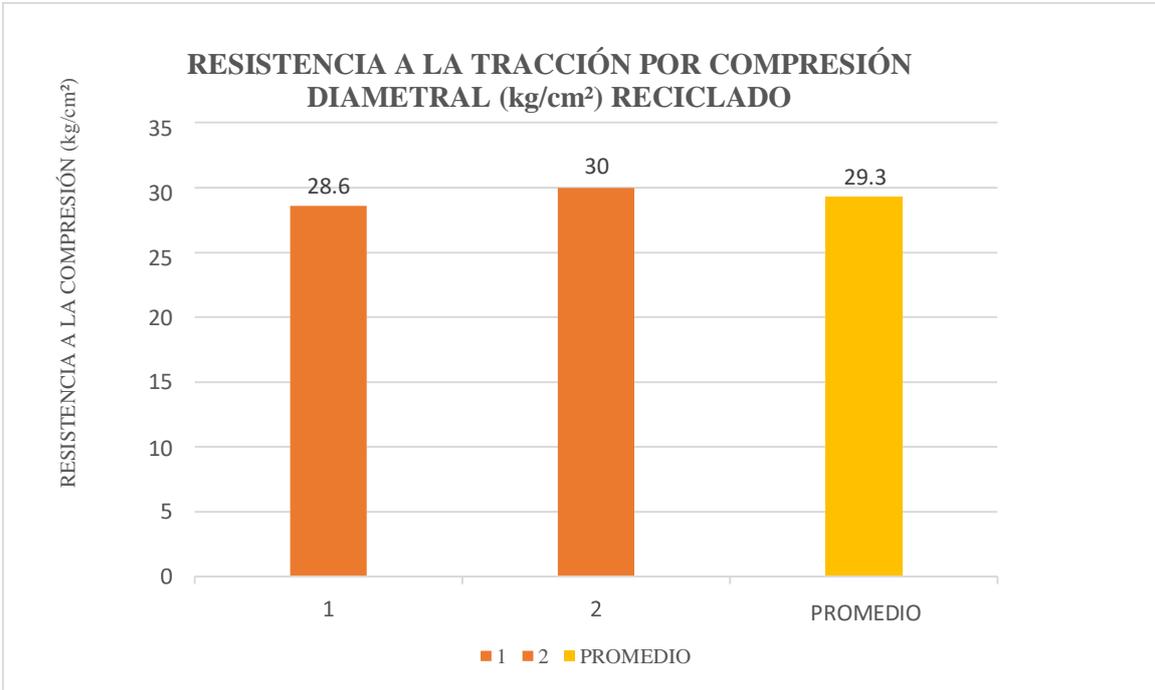
- **Ensayo a la tracción por compresión diametral** ASTM C496/C496M-17

**Tabla 64:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	$F'c = 175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	07/11/19	14 días	20.8	10.23	9572.5	28.6 kg/cm <sup>2</sup>
2	$F'c = 175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	07/11/19	14 días	20.7	10.43	8020.3	30 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 16:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



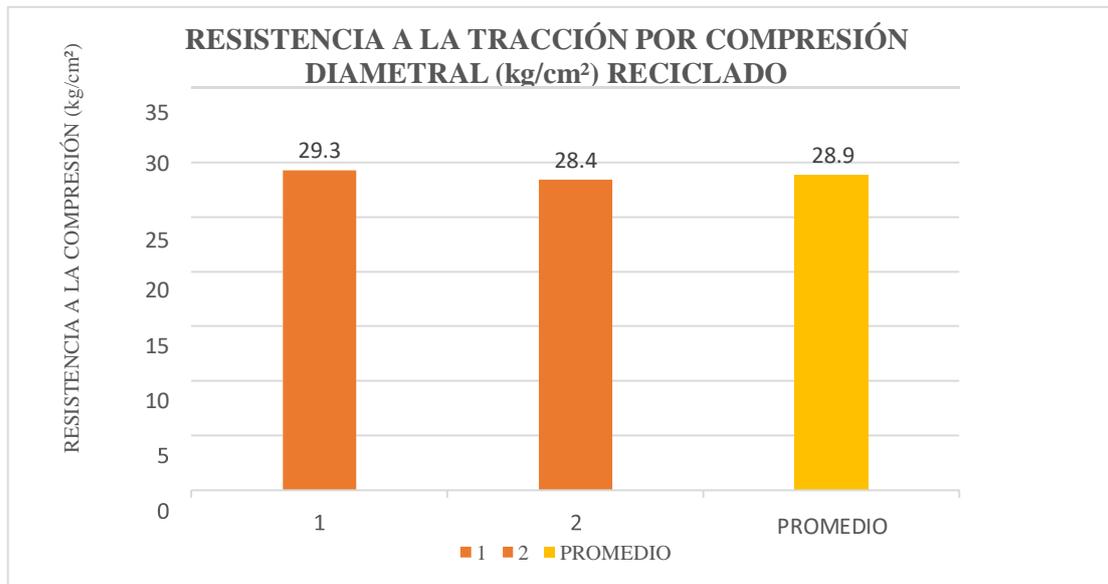
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 65:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

Nº	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	$F'c=175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	30/11/19	14días	20.11	9.88	9148.9	29.3 $\text{kg/cm}^2$
2	$F'c=175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	30/11/19	14 días	20.2	10.21	9192.9	28.4 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

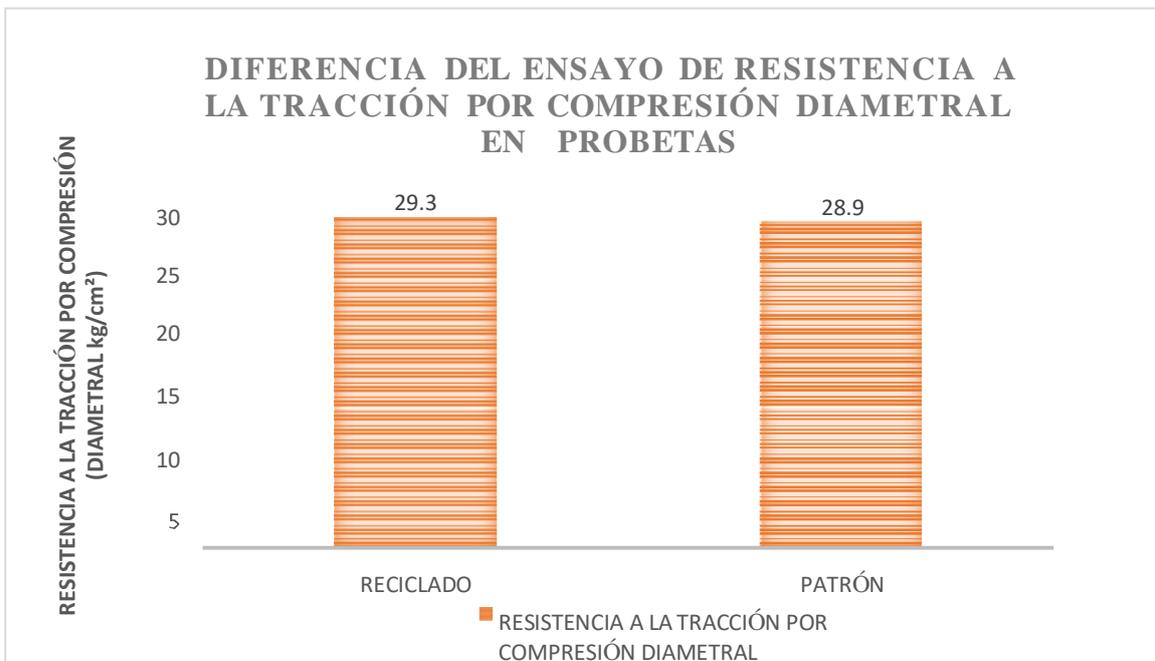
**Gráfico 17:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 18, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a tracción por compresión diametral con agregado reciclado y el ensayo a tracción por compresión diametral con agregado natural.

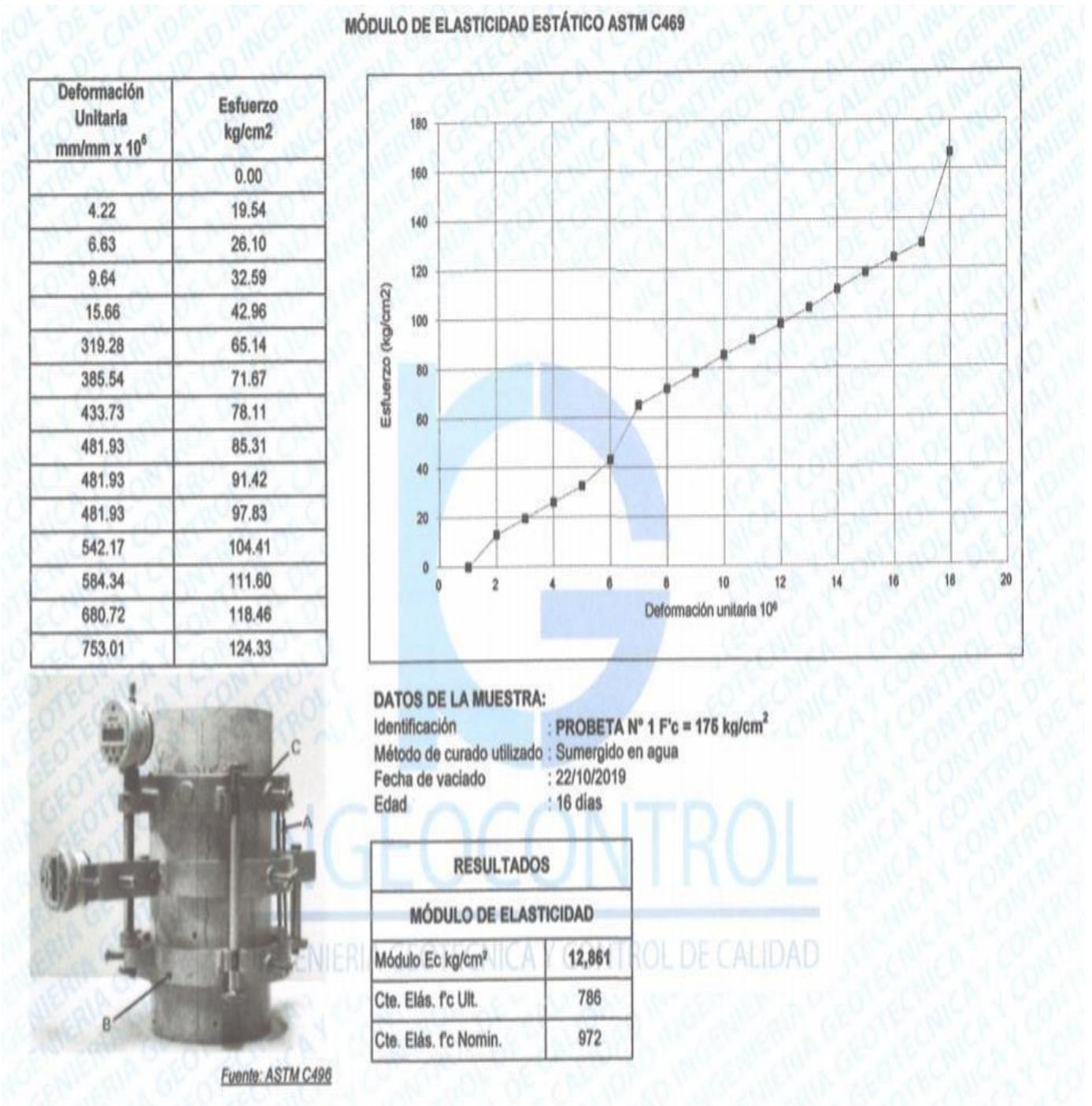
**Gráfico 18:** Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de  $175\text{kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia

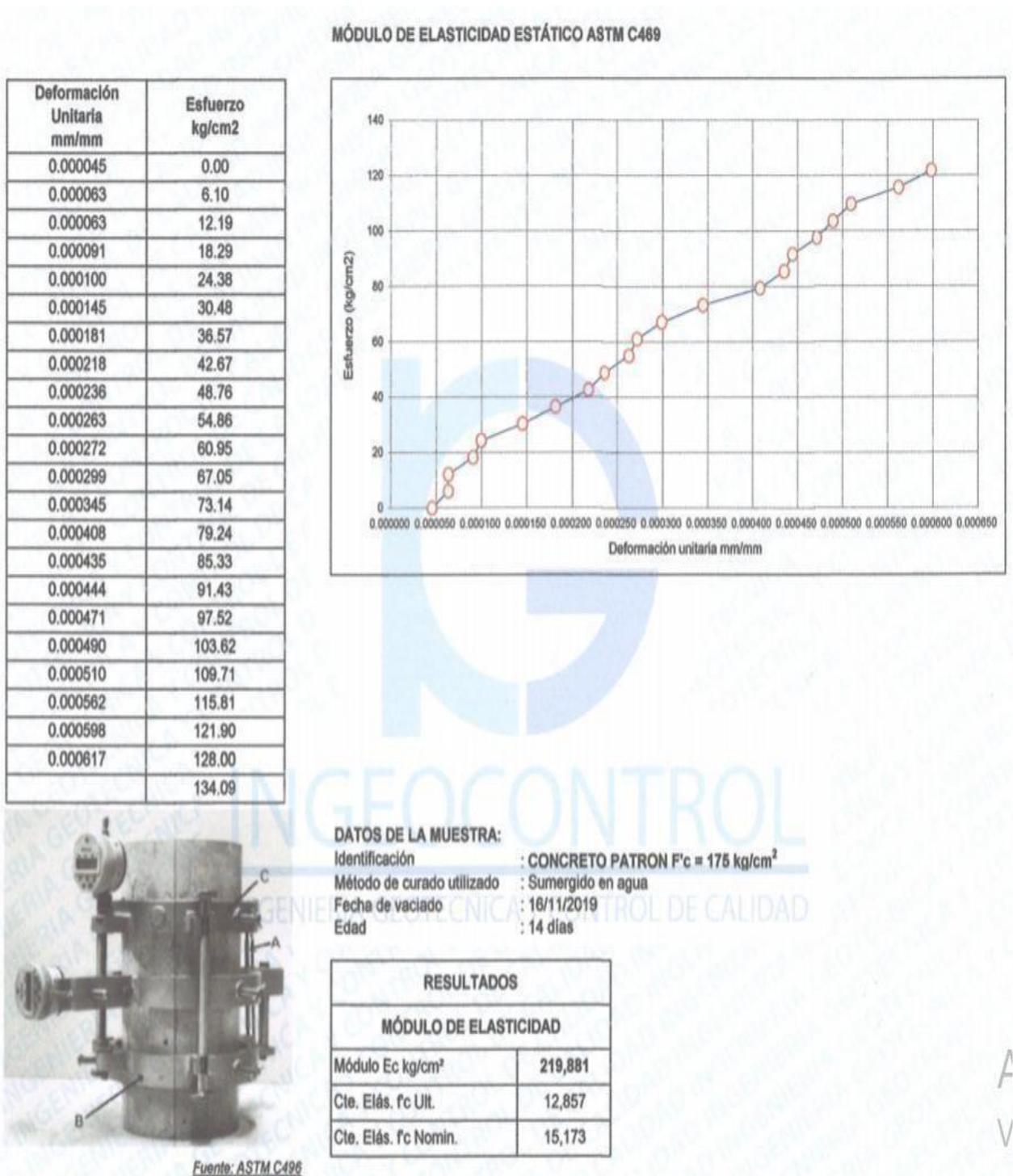
- **Ensayo de Modulo de Elasticidad: ASTM C469**

**Figura 26:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm<sup>2</sup> para 14 días de curado con agregado reciclado



Fuente: Laboratorio

**Figura 27:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm<sup>2</sup> para 14 días de curado con agregado natural



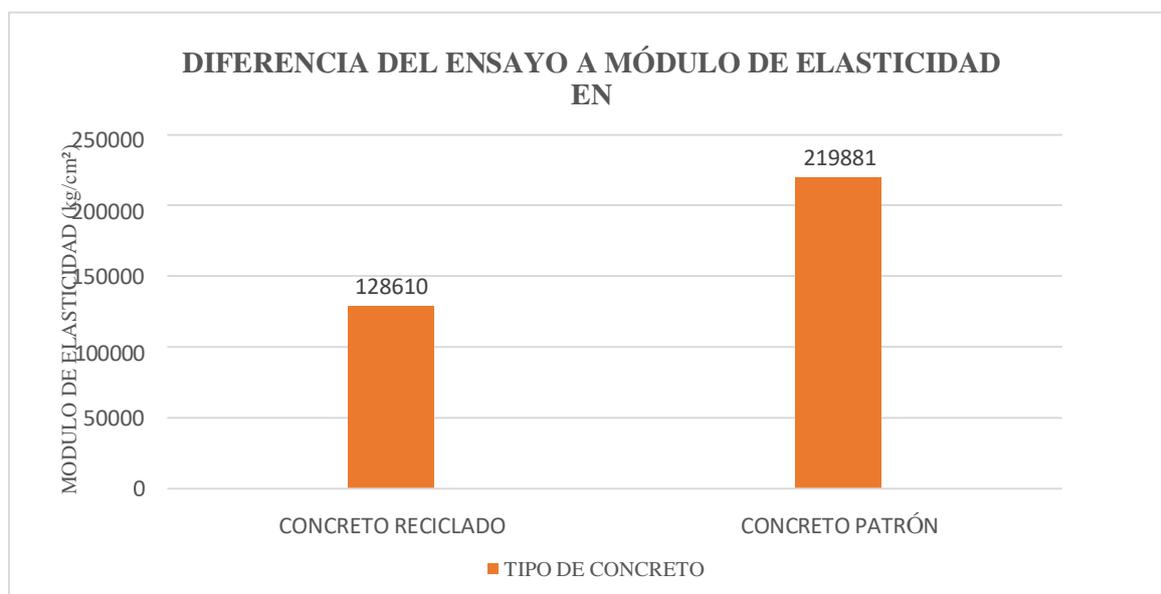
Fuente: Laboratorio

**Tabla 66:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural

TIPO DE CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm <sup>2</sup> )
CONCRETO RECICLADO $f'c=175\text{kg/cm}^2$	128 610 000 kg/cm <sup>2</sup>
CONCRETO PATRÓN $f'c=175\text{kg/cm}^2$	219 881 000 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 19:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural



Fuente: Elaboración propia

- **Ensayo a Flexión:** ASTM C78

**Tabla 66:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c=175\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	04/11/2019	18/11/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45	26 kg/cm <sup>2</sup>

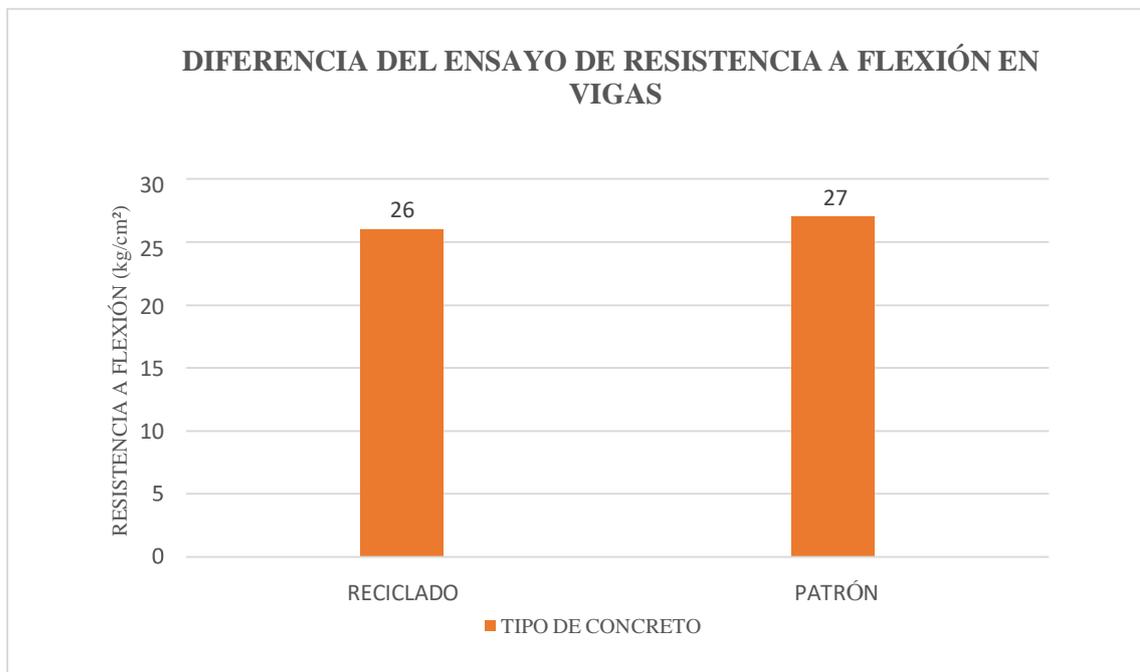
Fuente: Laboratorio

**Tabla 67:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	30/11/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45	27 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 20:** Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de  $175 \text{ kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 20 nos dice que el ensayo a flexión con 14 días de edad para concreto reciclado es menor al concreto patrón la diferencia entre ambos resultados es de  $11\text{kg/cm}^2$ , pero ambos cumplen la resistencia según el ASTM C78.

**Ensayo de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , con 28 días de curado, que tiene un resultado de un 100% de resistencia, los ensayos son:**

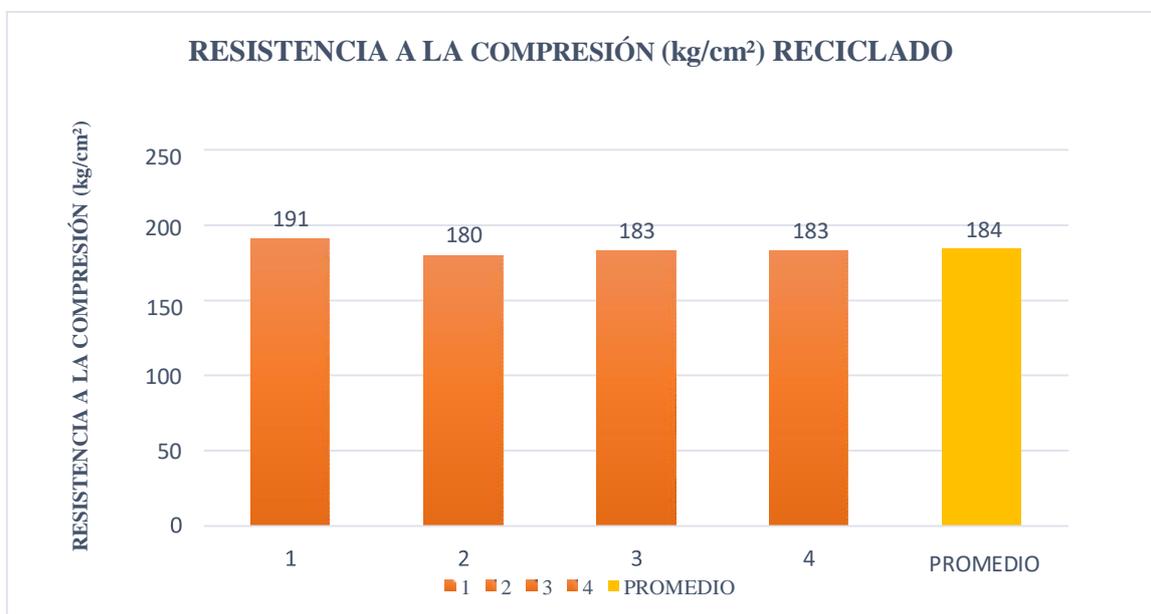
- **Ensayo a la compresión:** ASTM C 39

**Tabla 68:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	PROBETA $f'c=175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	19/11/19	28días	9.94	20.09	Tipo 5	2.02	191kg/cm <sup>2</sup>	109.10 %
2	PROBETA $f'c=175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	19/11/19	28días	10.33	20.08	Tipo 2	1.94	180kg/cm <sup>2</sup>	102.70 %
3	PROBETA $f'c=175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	19/11/19	28días	9.9	20.08	Tipo 5	2.03	183kg/cm <sup>2</sup>	104.60 %
4	PROBETA $f'c=175\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	19/11/19	28días	9.97	20.08	Tipo 2	2.01	183kg/cm <sup>2</sup>	104.60 %

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 21:** Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.



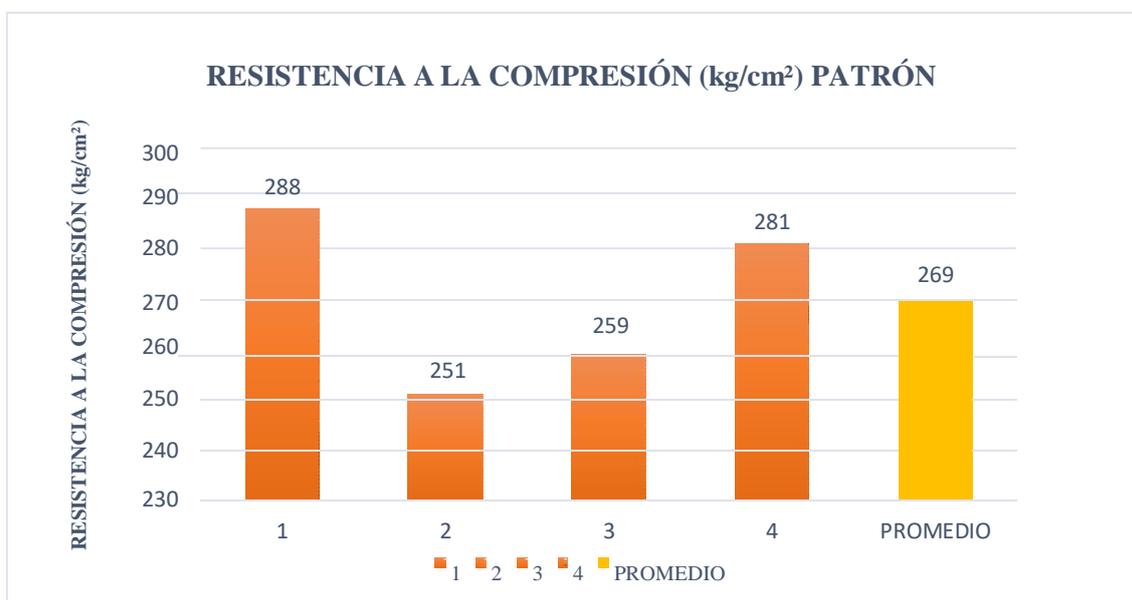
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 69:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIAMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	9.96	20.11	Tipo 5	2.02	288kg/cm <sup>2</sup>	164.70 %
2	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	10.1	20.11	Tipo 5	1.99	251kg/cm <sup>2</sup>	143.70 %
3	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	10.11	20.14	Tipo 5	1.99	259kg/cm <sup>2</sup>	147.80 %
4	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	10.1	20.06	Tipo 5	1.99	281kg/cm <sup>2</sup>	133.80 %

Fuente: Laboratorio

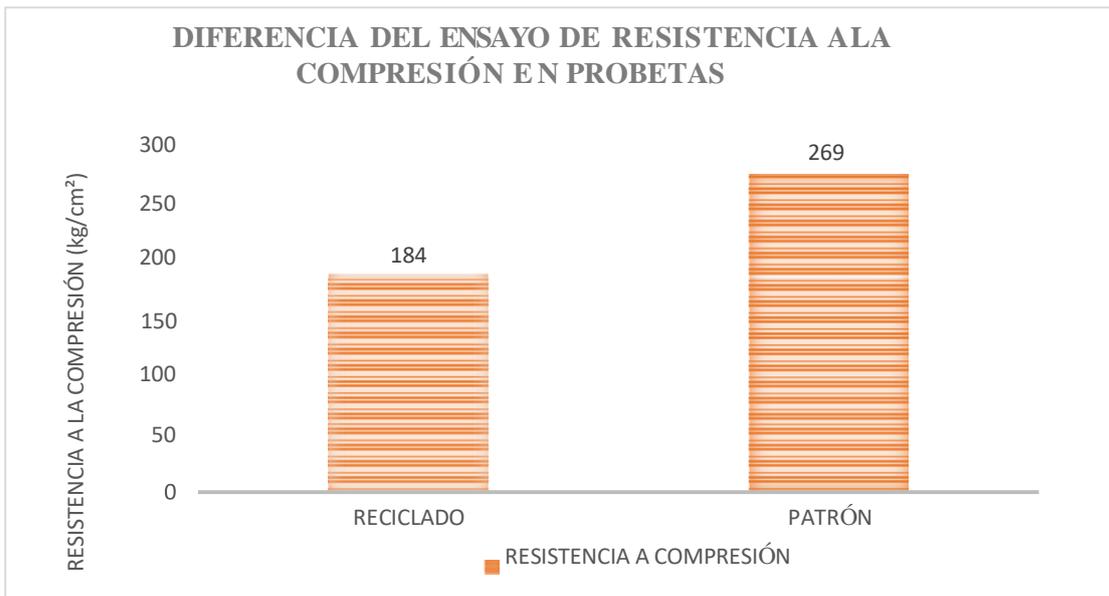
**Gráfico 22:** Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 23, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a compresión con agregado reciclado y el ensayo a compresión con agregado natural.

**Gráfico 23:** Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de 175kg/cm<sup>2</sup> entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

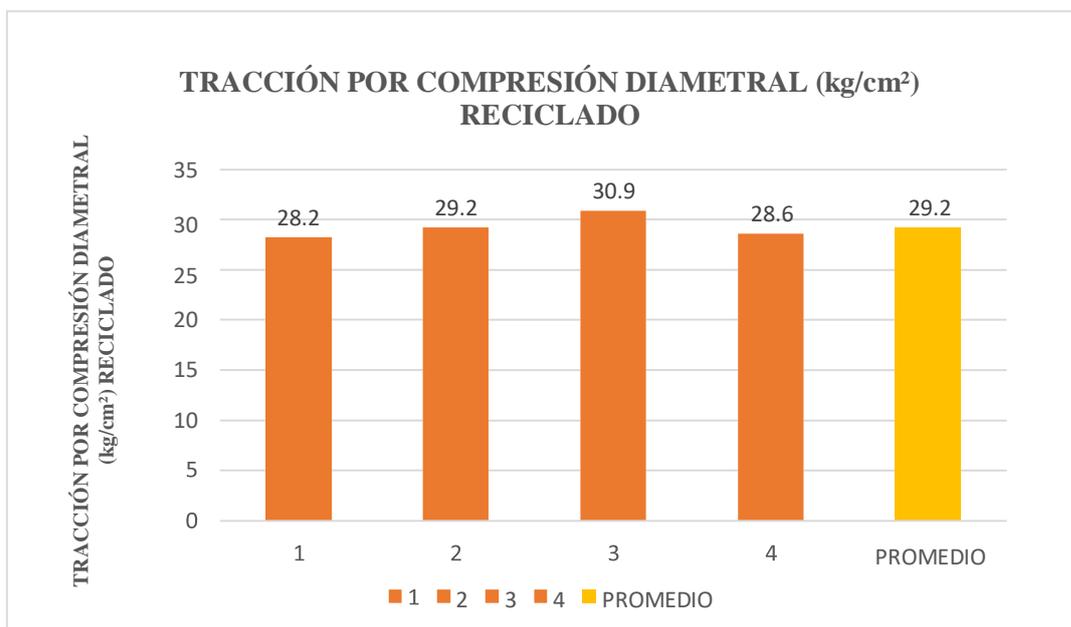
- **Ensayo a la tracción por compresión diametral ASTM C496/C496M-1**

**Tabla 70:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/010/2019	19/11/2019	28	20.8	9.84	9056.2	28.20%
2	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/10/2019	19/11/2019	28	20.8	9.82	9353.8	29.20%
3	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/10/2019	19/11/2019	28	20.8	9.83	9922.5	30.90%
4	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/10/2019	19/11/2019	28	20.8	9.84	9210.6	28.60%

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 24:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



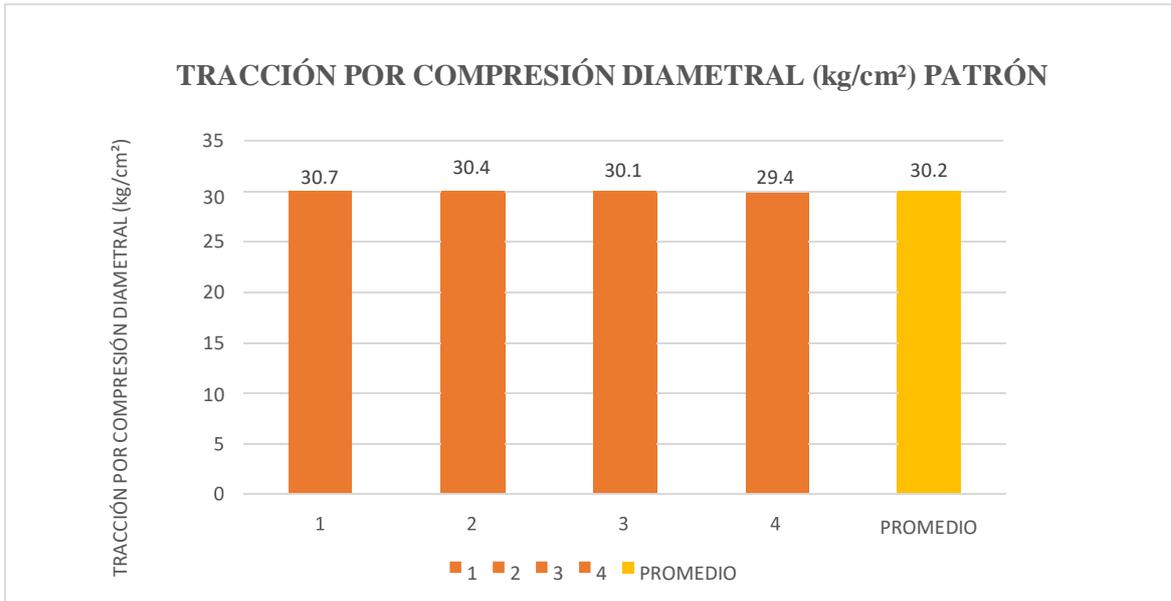
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 71:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/010/2019	14/12/2019	28	20.04	9.98	9632.1	30.70%
2	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/10/2019	14/12/2019	28	20.15	10.11	9712.4	30.40%
3	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/10/2019	14/12/2019	28	20.15	10.11	9621.6	30.10%
4	$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/10/2019	14/12/2019	28	20.11	10.12	9412.7	29.40%

Fuente: Laboratorio

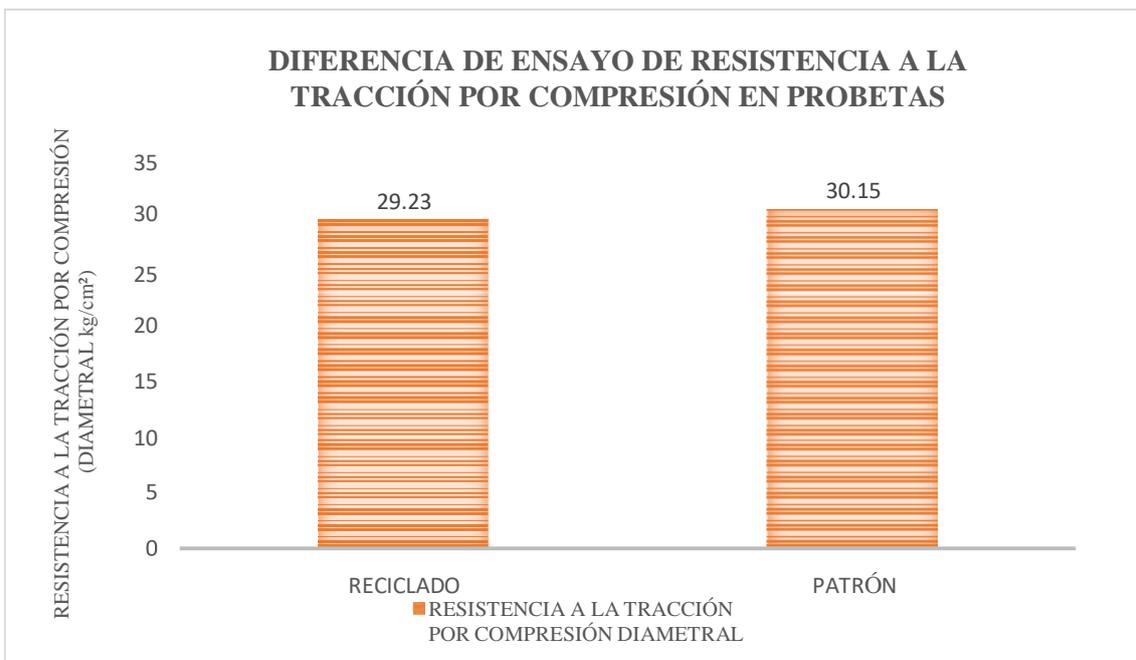
**Gráfico 25:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 26, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a tracción por compresión diametral con agregado reciclado y el ensayo a tracción por compresión diametral con agregado natura

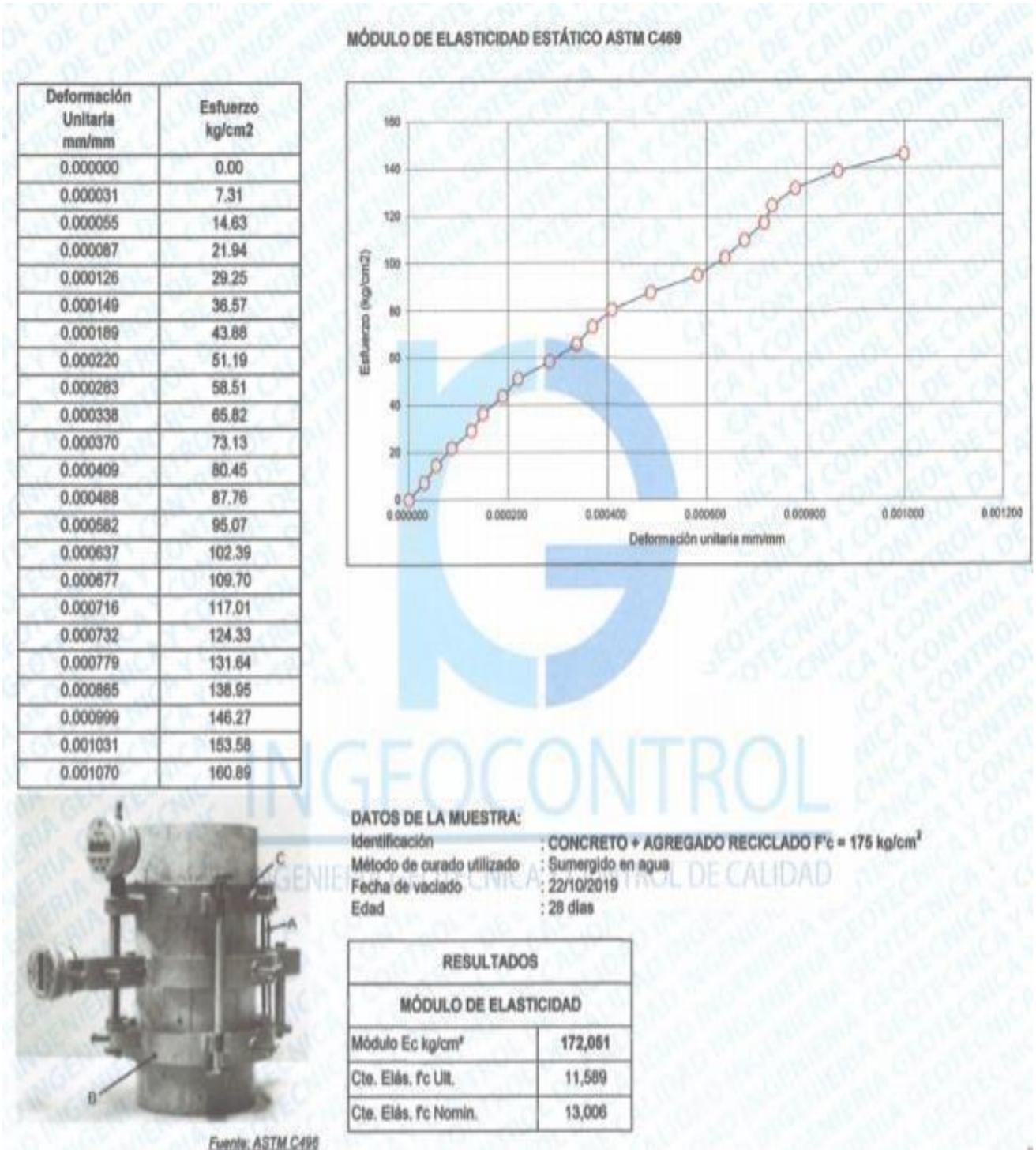
**Gráfico 26:** Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de  $175\text{kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

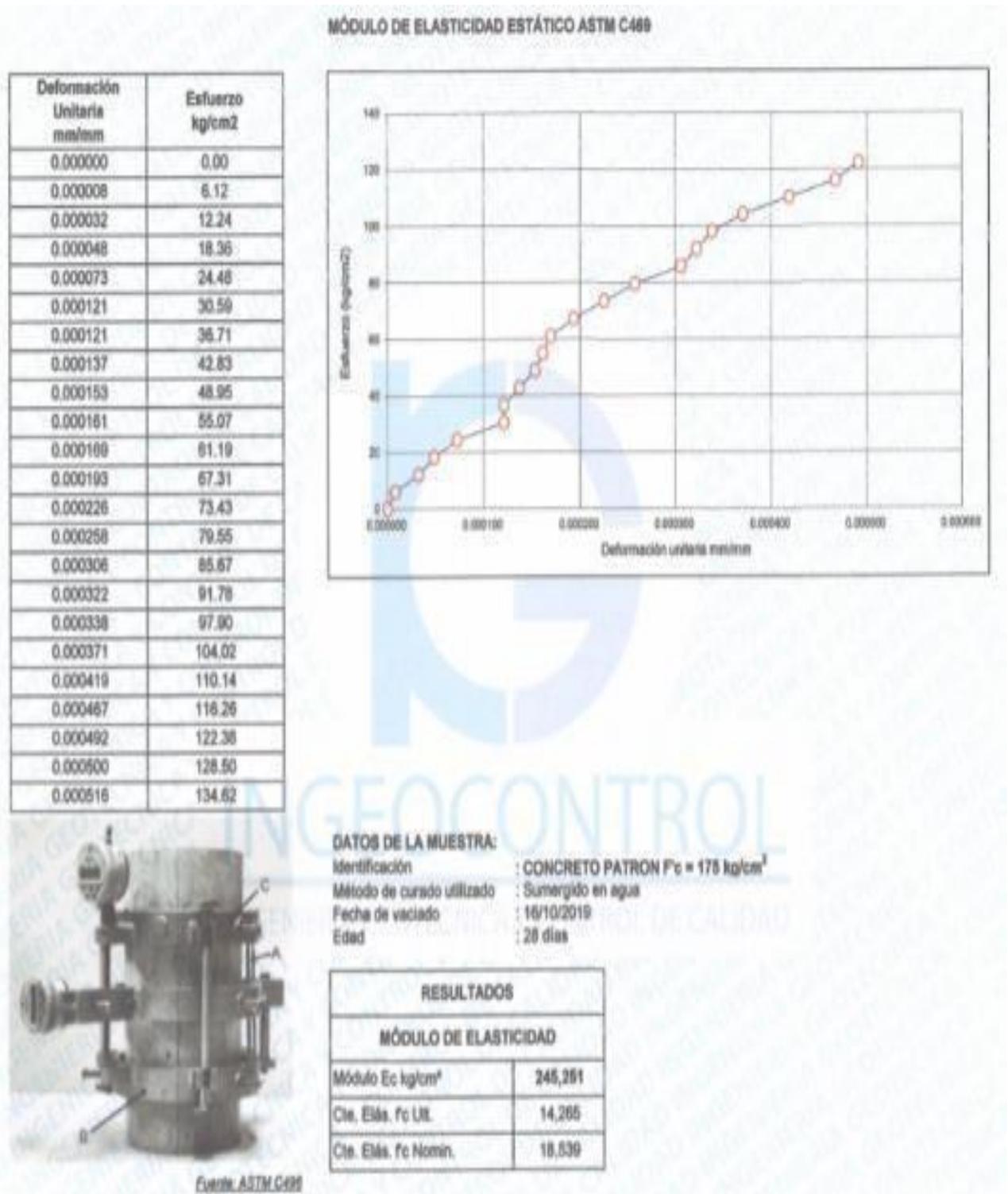
- **Ensayo de Módulo de Elasticidad: ASTM C469**

**Figura 28:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm<sup>2</sup> para 28 días de curado con agregado reciclado



Fuente: Laboratorio

**Figura 29:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 175kg/cm<sup>2</sup> para 28 días de curado con agreado natural



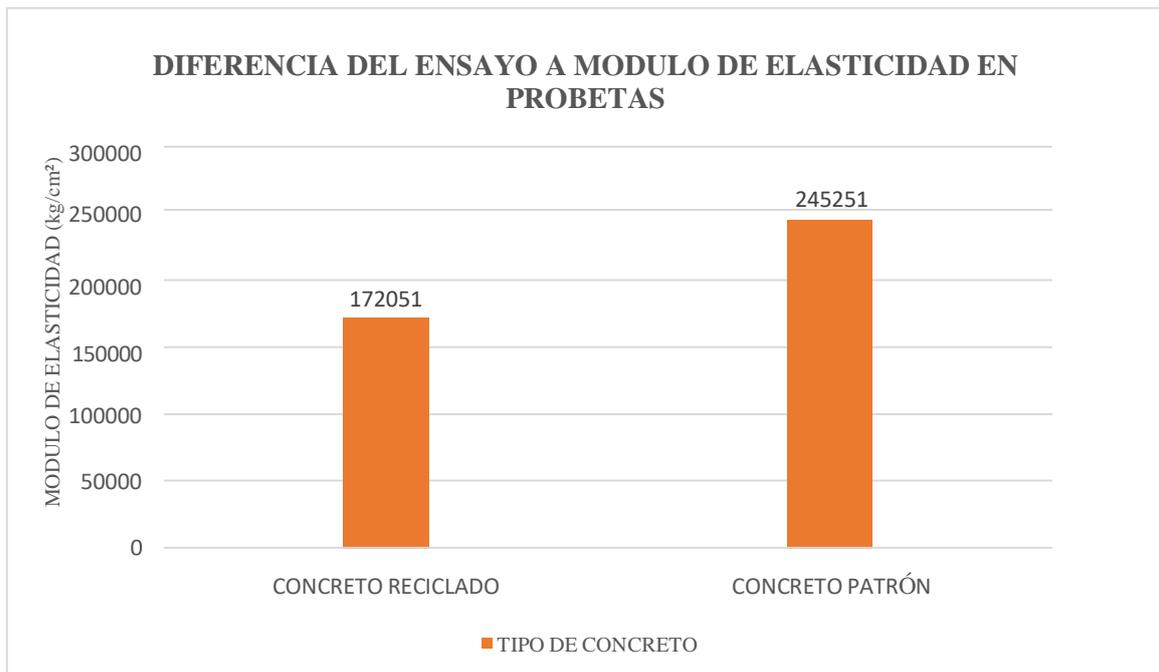
Fuente: Laboratorio

**Tabla 72:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural

TIPO DE CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD ( $\text{kg/cm}^2$ )
CONCRETO REICLADO $f'c=175\text{kg/cm}^2$	172,051 $\text{kg/cm}^2$
CONCRETO PATRÓN $f'c=175\text{kg/cm}^2$	245,251 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 27:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural



Fuente: Elaboración propia

- **Ensayo a Flexión:** ASTM C78

**Tabla 73:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c=175\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	04/11/2019	02/12/2019	28 días	TERCIO CENTRAL	45	28 $\text{kg/cm}^2$

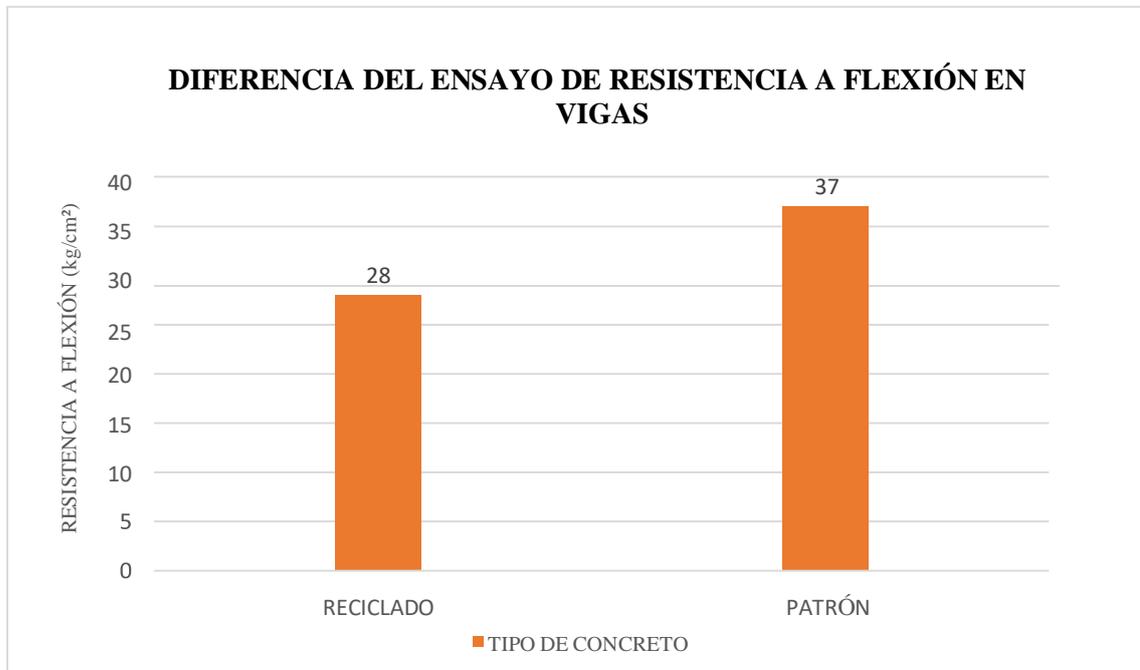
Fuente: Laboratorio

**Tabla 74:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c=175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	14/12/2019	28 días	TERCIO CENTRAL	45	37 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 28:** Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de  $175\text{kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

**Ensayo de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 7 días de curado, que tiene un resultado aproximado de un 70% de resistencia, los ensayos son:**

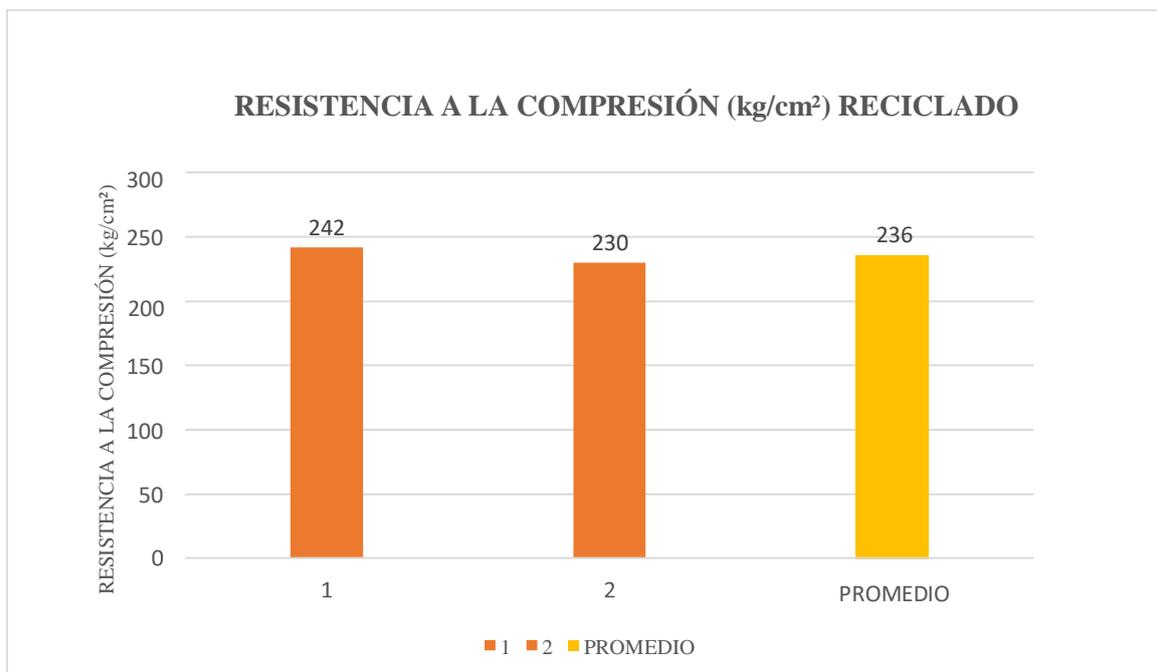
- **Ensayo a la compresión: ASTM C39**

**Tabla 75:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FRACTURA
1	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	16/11/2019	23/11/2019	7 días	78.9	19,065	242	Tipo 3
2	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	16/11/2019	23/11/2019	7 días	79.3	18,239	230	Tipo 3

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 29:** Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

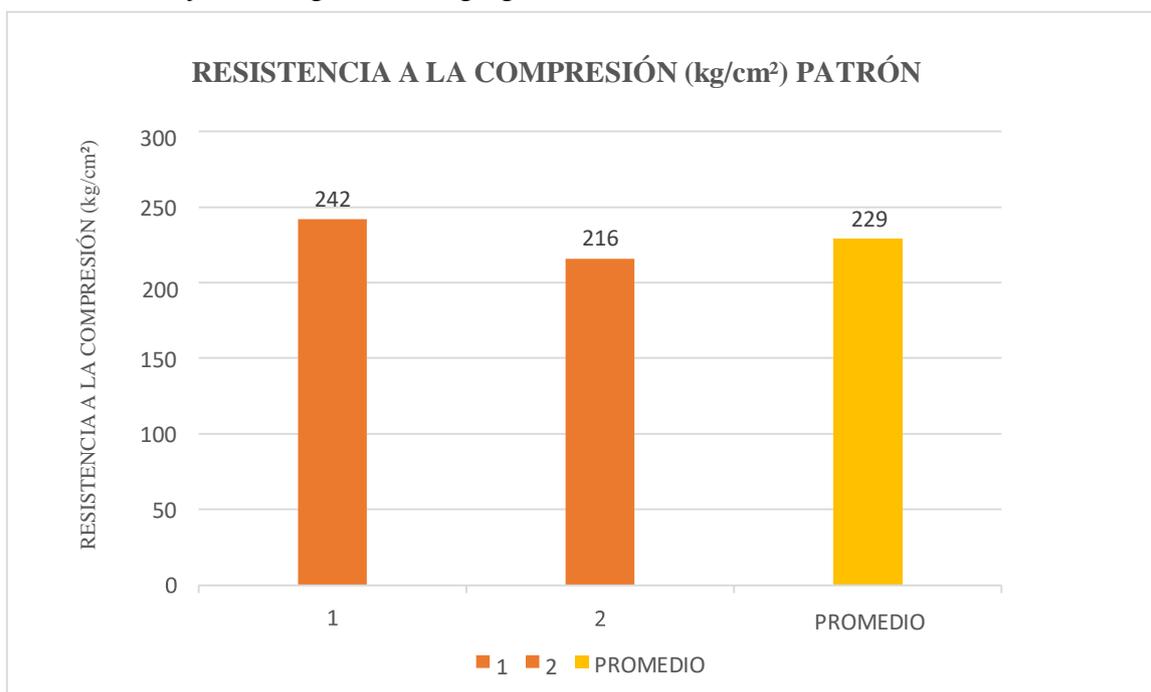
El grafico 29, describe el promedio de 3 probetas ensayadas a compresión que nos dio un resultado de resistencia mayor a lo realizado y que es óptimo.

**Tabla 76:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado natural

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	%F'c
F'c =210kg/cm <sup>2</sup> PATRÓN	16/11/19	23/11/19	7	9.9	20.08	5	2.03	242 kg/cm <sup>2</sup>	138.5%
F'c =210kg/cm <sup>2</sup> PATRÓN	16/11/19	23/11/19	7	10.3	20.08	5	1.95	216 kg/cm <sup>2</sup>	123.2%

Fuente: Laboratorio

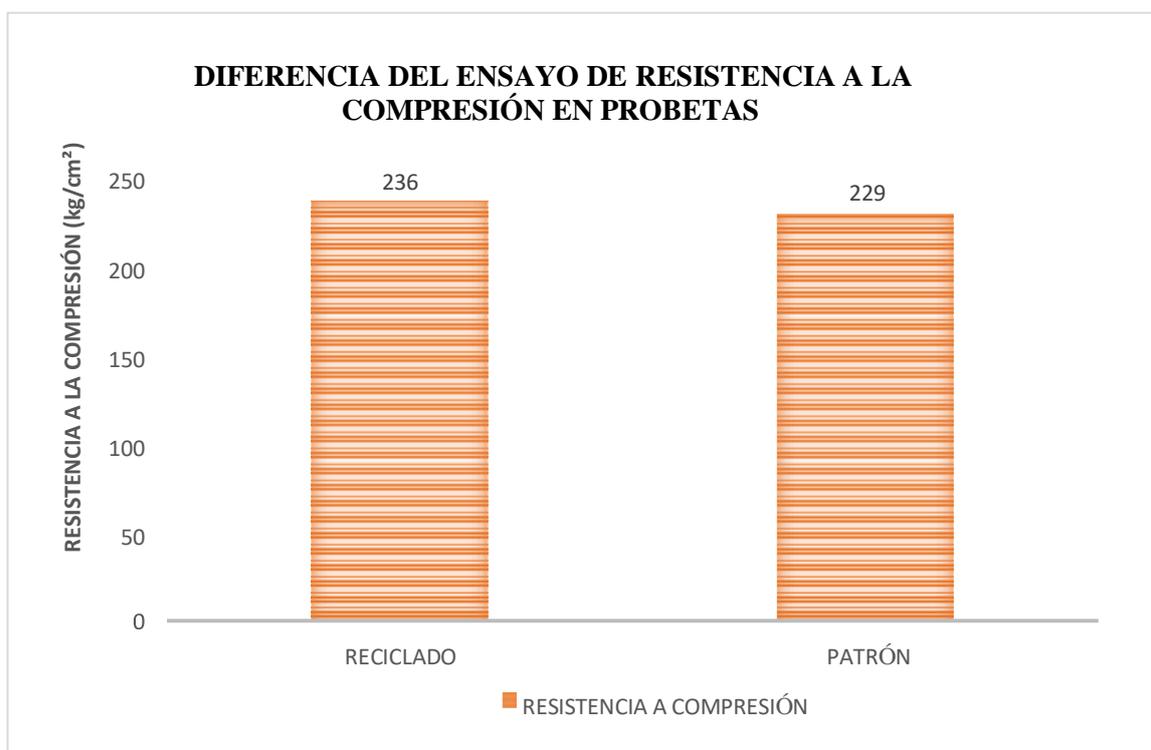
**Gráfico 30:** Resistencia a la compresión de 3 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con agregado natural



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el grafico 31, se tiene la diferencia de resultados entre de ensayo a compresión con agregado reciclado y el ensayo a compresión con agregado natural.

**Gráfico 31:** Diferencia del ensayo de resistencia a la compresión de 210kg/cm<sup>2</sup> entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado



Fuente: Elaboración propia

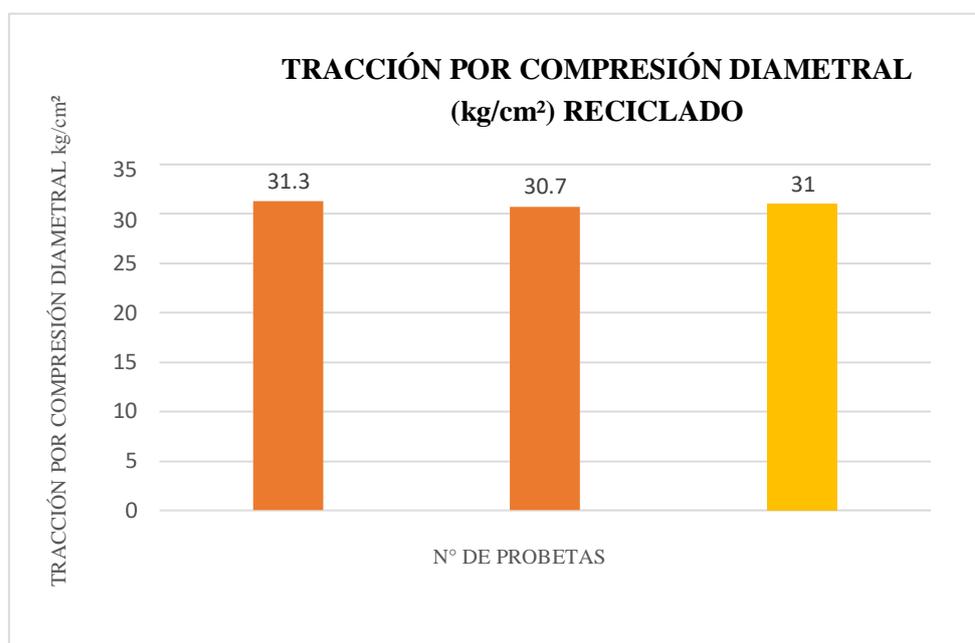
- **Ensayo a la tracción por compresión diametral** (Norma Técnica Peruana NTP 399.084)

**Tabla 77:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO O (cm)	ALTURA (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P1-210-1R	22/10/2019	30/10/2019	10.08	20.4	10105	31.3
2	P1-210-1R	22/10/2019	30/10/2019	10.11	20.3	9882	30.7

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 32:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



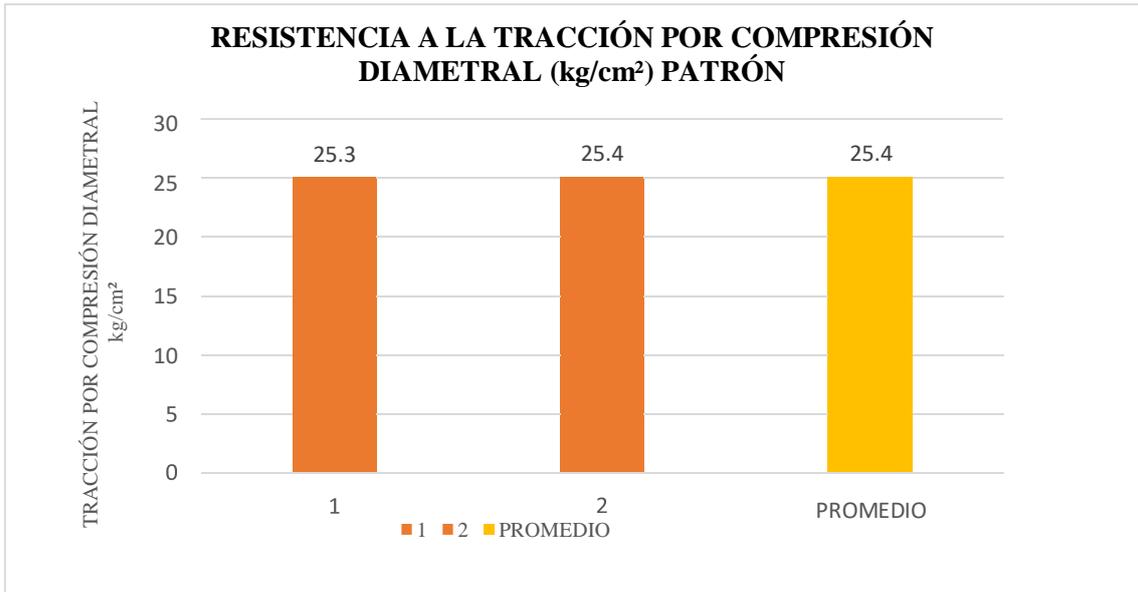
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 78:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 7 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm²)
$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	23/11/2019	7	20.7	10	8212.8	25.3kg/cm²
$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	23/11/2019	7	20.6	10.2	8382	25.4 kg/cm²

Fuente: Laboratorio

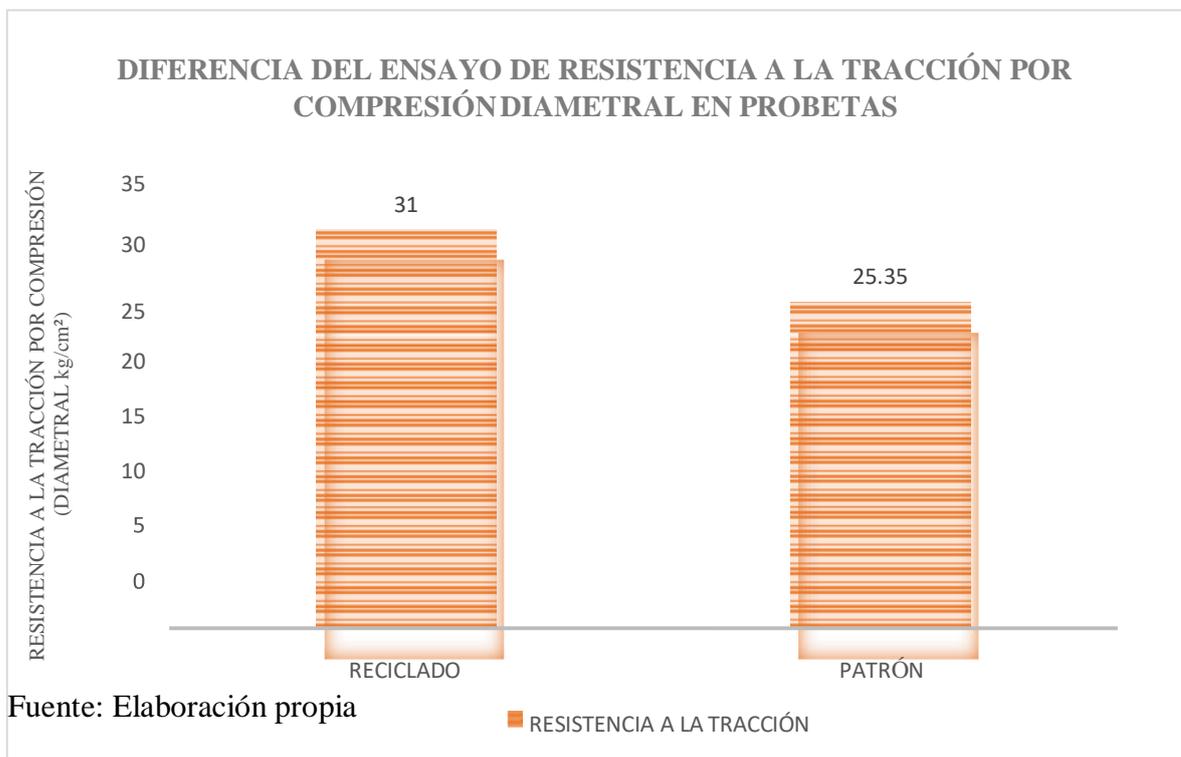
**Gráfico 33:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 34, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a tracción por compresión diametral con agregado reciclado y el ensayo a tracción por compresión diametral con agregado natural.

**Gráfico 34:** Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de  $210\text{kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 7 días de curado



Fuente: Elaboración propia

**Ensayo de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 14 días de curado, que tiene un resultado aproximado de un 80% de resistencia, los ensayos son:**

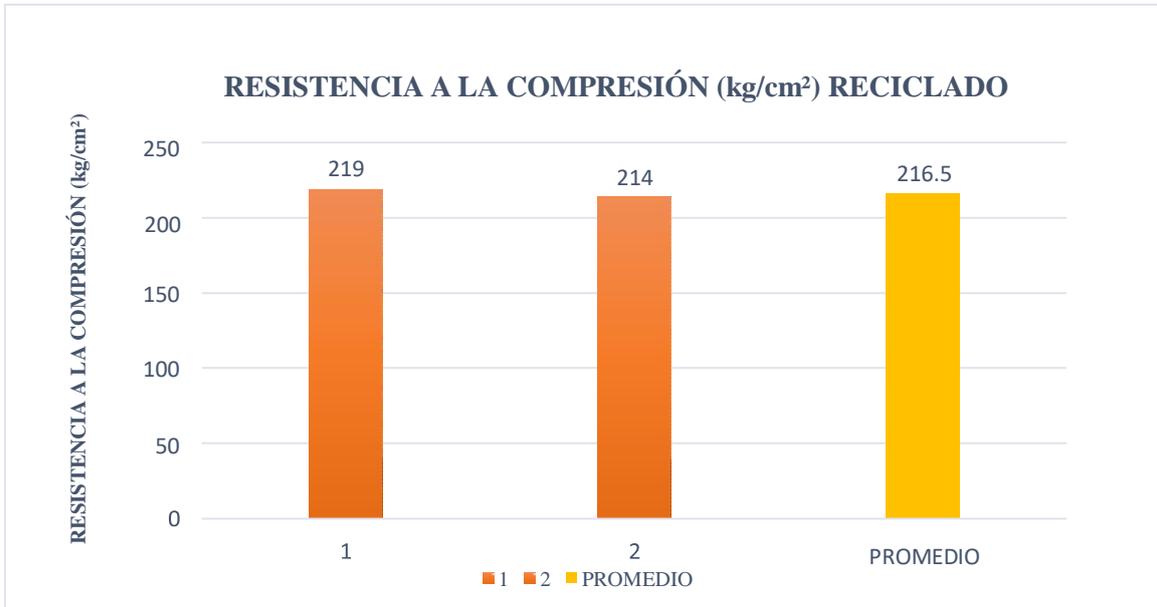
**Ensayo a la compresión: ASTM C 39**

**Tabla 79:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIAMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	07/11/19	14 días	9.88	20.08	Tipo 2	2.03	219kg/cm <sup>2</sup>	104.3%
2	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	07/11/19	14 días	10.24	20.08	Tipo 2	1.96	214kg/cm <sup>2</sup>	102.0%

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 35:** Resistencia a la compresión de 2 probetas para un curado de 7 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



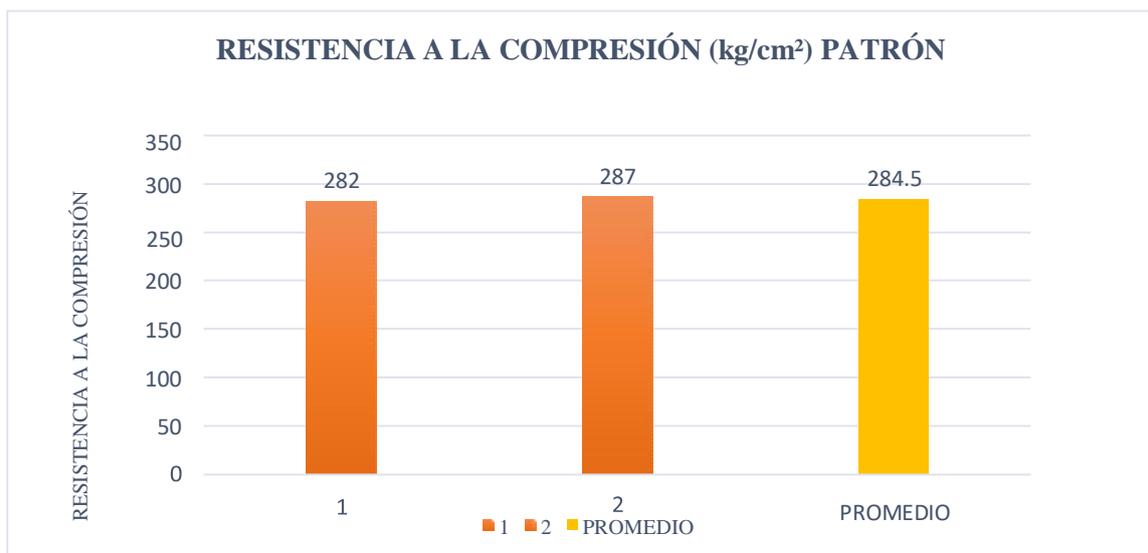
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 80:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIAMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	30/11/19	14	10.16	20.11	Tipo 1	1.98	282kg/cm <sup>2</sup>	134.4%
2	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	30/11/19	14	10.2	20.14	Tipo 1	1.97	287kg/cm <sup>2</sup>	136.5%

Fuente: Laboratorio

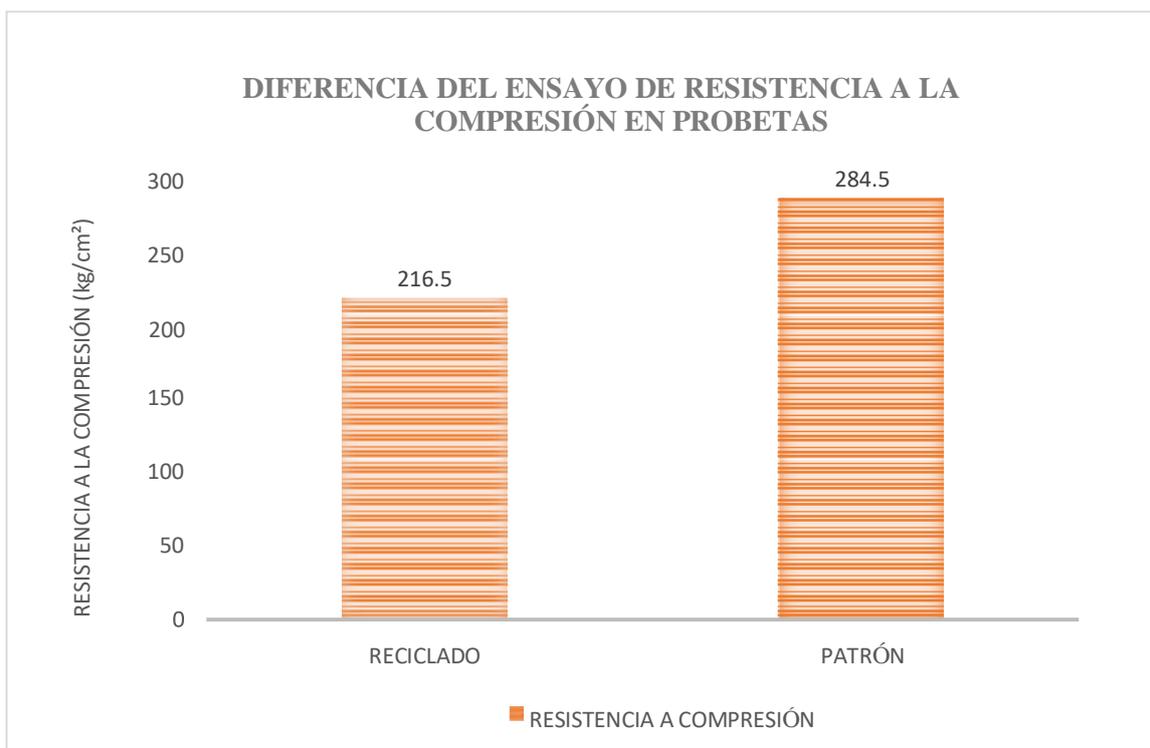
**Gráfico 36:** Resistencia a la compresión de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 37, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a compresión con agregado reciclado y el ensayo a compresión con agregado natural.

**Gráfico 37:** Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de 210kg/cm<sup>2</sup> entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia

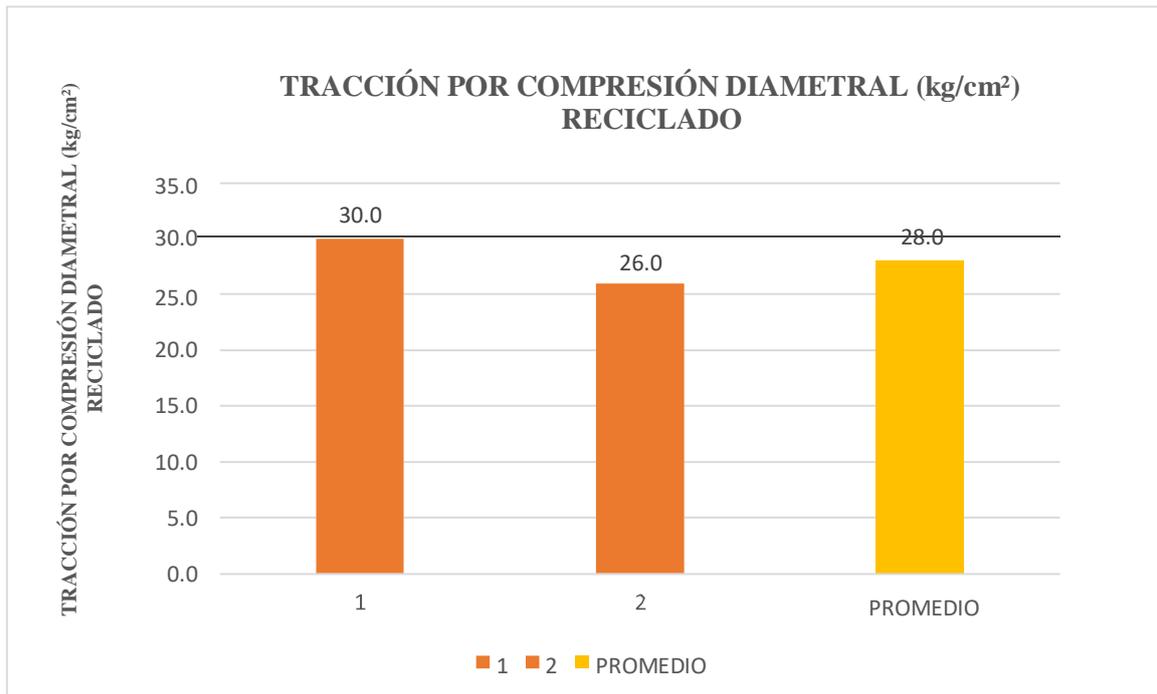
- **Ensayo a la tracción por compresión diametral ASTM C496/C496M-17**

**Tabla 81:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	F'c =210kg/cm <sup>2</sup> R 100%	22/10/19	07/11/19	14días	20.8	9.87	9286.3	30.0 kg/cm <sup>2</sup>
2	F'c =210kg/cm <sup>2</sup> R 100%	22/10/19	07/11/19	14 días	20.7	9.82	8317.3	26.0kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 38:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



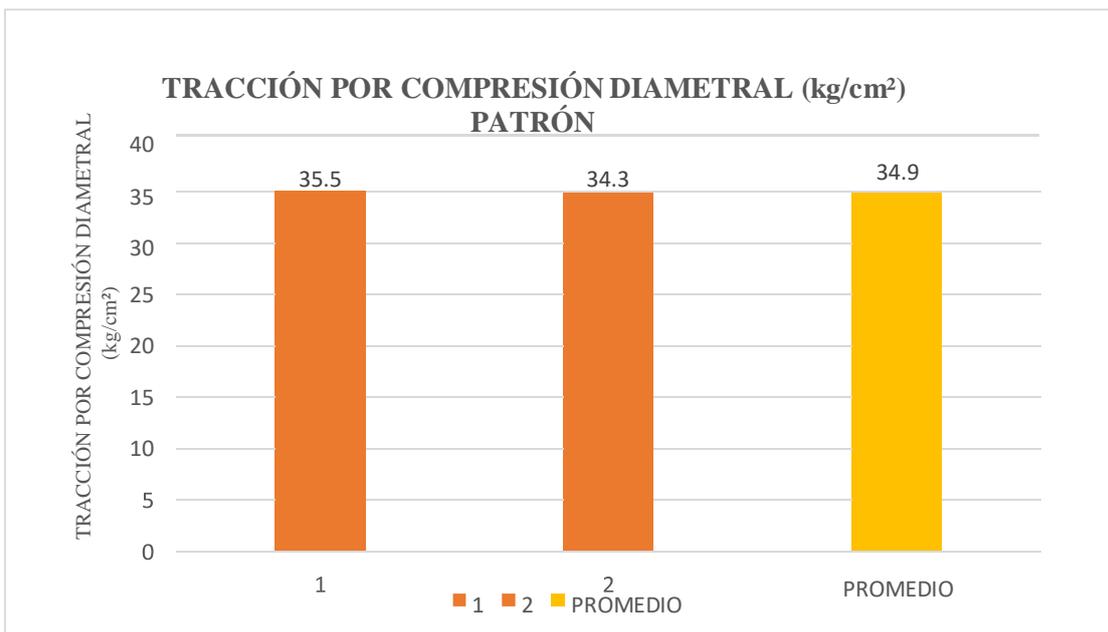
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 82:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	$F'c = 210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	30/11/2019	14 días	20.16	9.83	11062	35.5 kg/cm <sup>2</sup>
2	$F'c = 210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	30/11/2019	14 días	20.15	9.83	10665.3	34.3 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Laboratorio

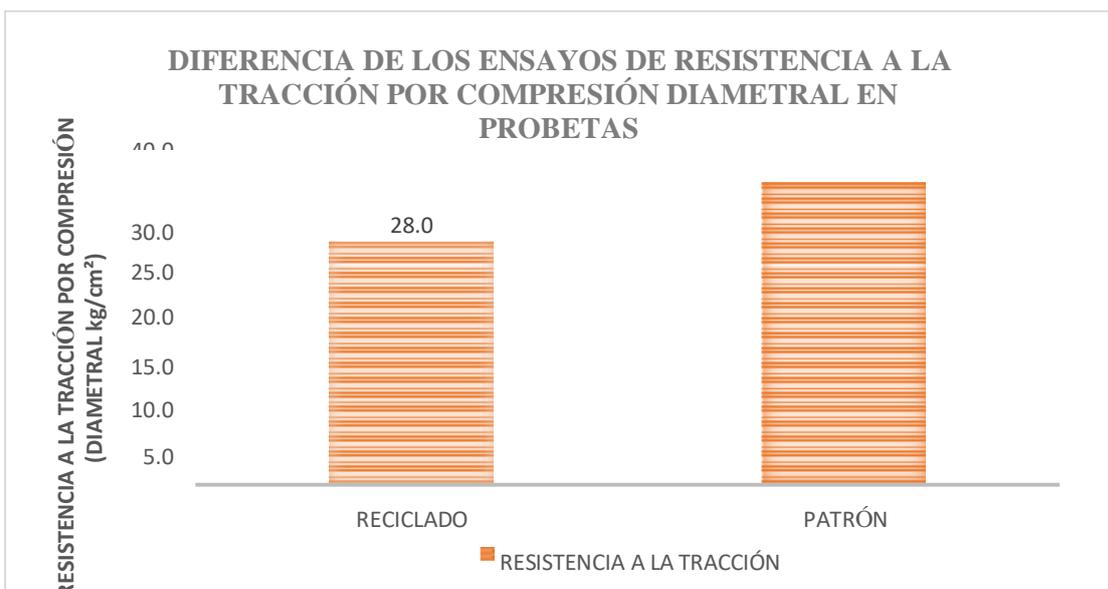
**Gráfico 39:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 2 probetas para un curado de 14 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 40 se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a tracción por compresión diametral con agregado reciclado y el ensayo a tracción por compresión diametral con agregado natural.

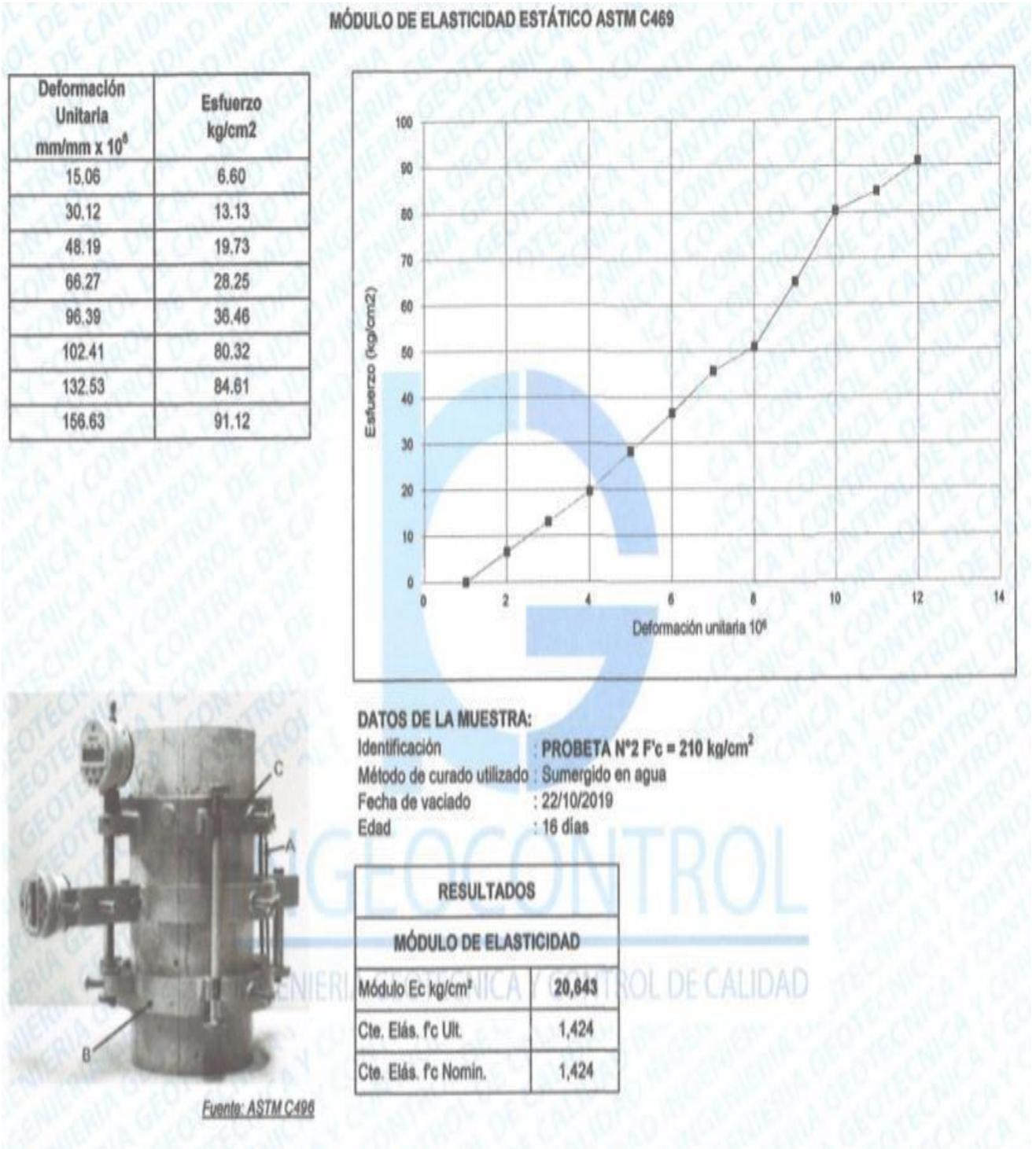
**Gráfico 40:** Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de  $210\text{kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia

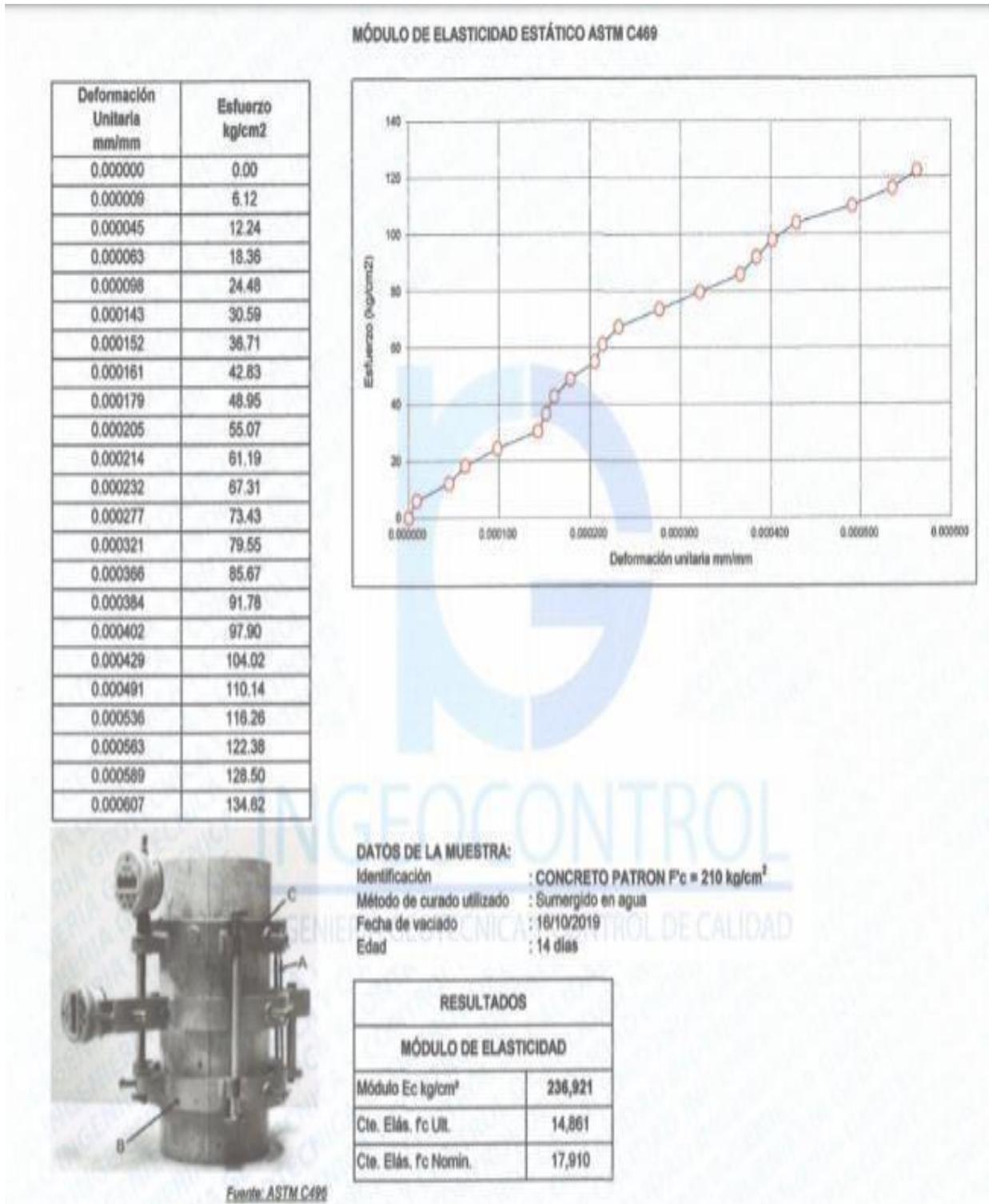
- **Ensayo de Módulo de Elasticidad: ASTM C469**

**Figura 30:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 210kg/cm<sup>2</sup> para 14 días de curado con agregado reciclado



Fuente: Laboratorio

**Figura 31:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> para 14 días de curado con agreado natural



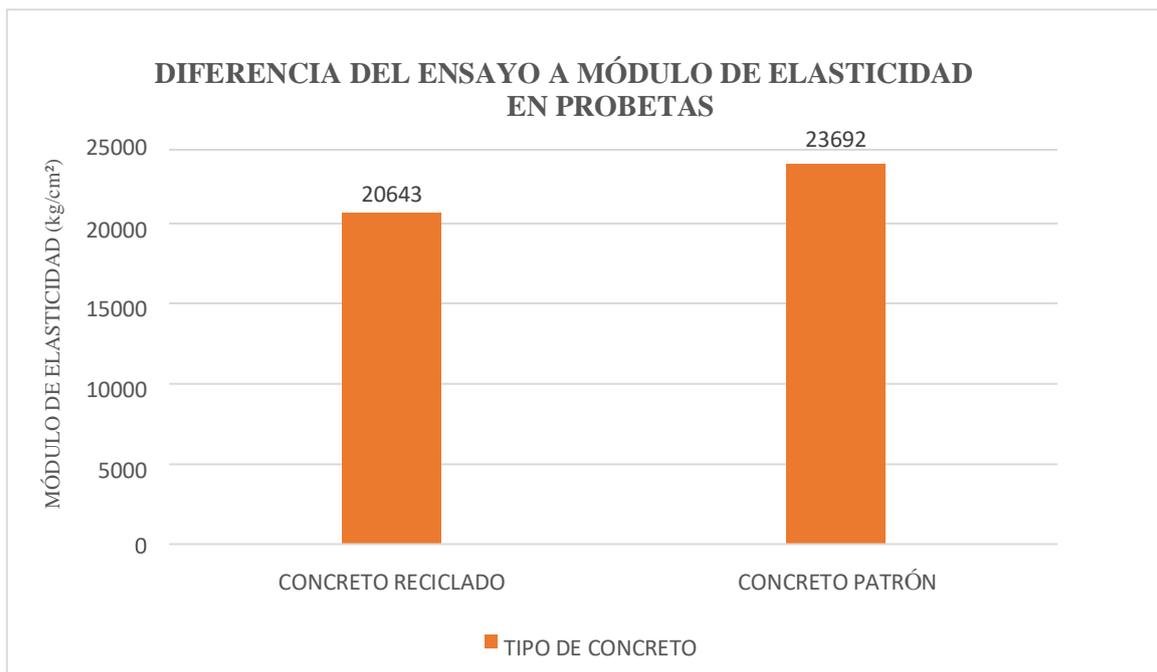
Fuente: Laboratorio

**Tabla 83:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural

TIPO DE CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD ( $\text{kg/cm}^2$ )
CONCRETO REICLADO $f'c=210\text{kg/cm}^2$	206,43 $\text{kg/cm}^2$
CONCRETO PATRÓN $f'c=210\text{kg/cm}^2$	236,921 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 41:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural



Fuente: Elaboración propia

- **Ensayo a Flexión:** ASTM C78

**Tabla 84:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	04/11/2019	18/11/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45	35 $\text{kg/cm}^2$

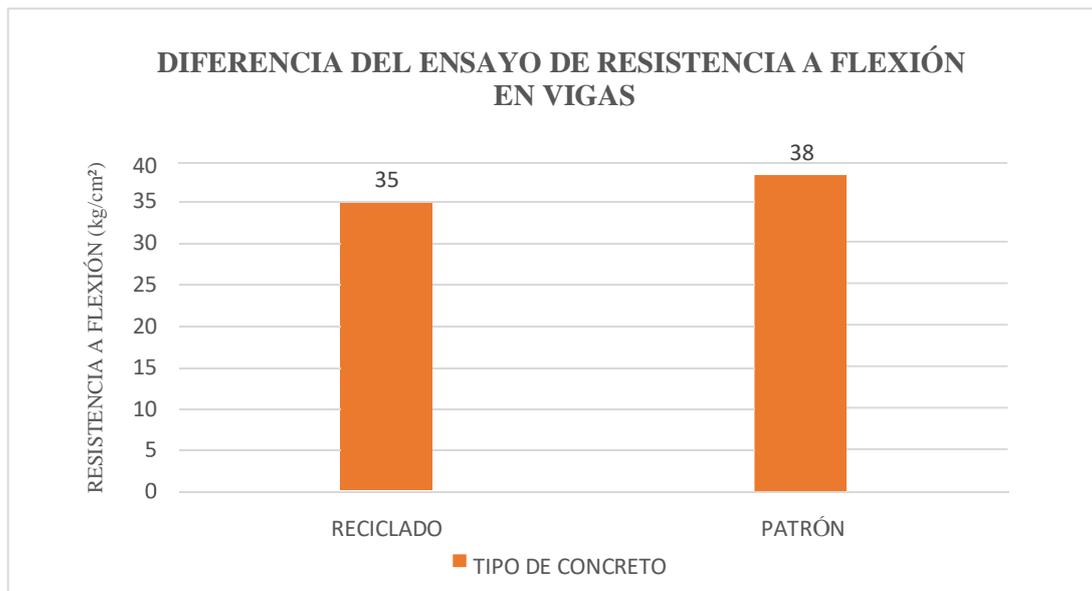
Fuente: Laboratorio

**Tabla 85:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

identificación	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	30/11/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	46	38 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 42:** Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de  $210 \text{ kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia

Ensayo de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 28 días de curado, que tiene un resultado de un 100% de resistencia, los ensayos son:

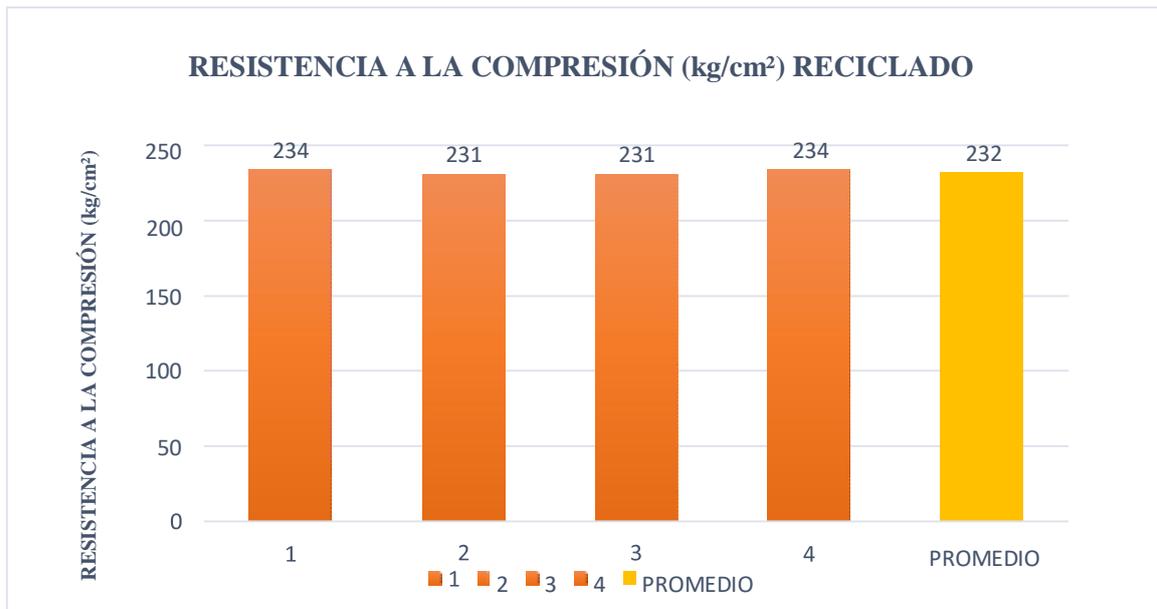
- Ensayo a la compresión: ASTM C 39

**Tabla 86:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 14 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	19/11/19	28 días	10.24	20.1	Tipo 3	1.96	234g/cm <sup>2</sup>	111.3 %
2	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/09	19/11/19	28 días	9.96	20.09	Tipo 2	2.02	231kg/cm <sup>2</sup>	109.8 %
3	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	19/11/19	28 días	10.22	20.08	Tipo 2	1.96	232kg/cm <sup>2</sup>	110.6 %
4	PROBETA $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ R 100%	22/10/19	19/11/19	28 días	9.9	20.09	Tipo 5	2.03	234kg/cm <sup>2</sup>	111.3 %

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 43:** Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.



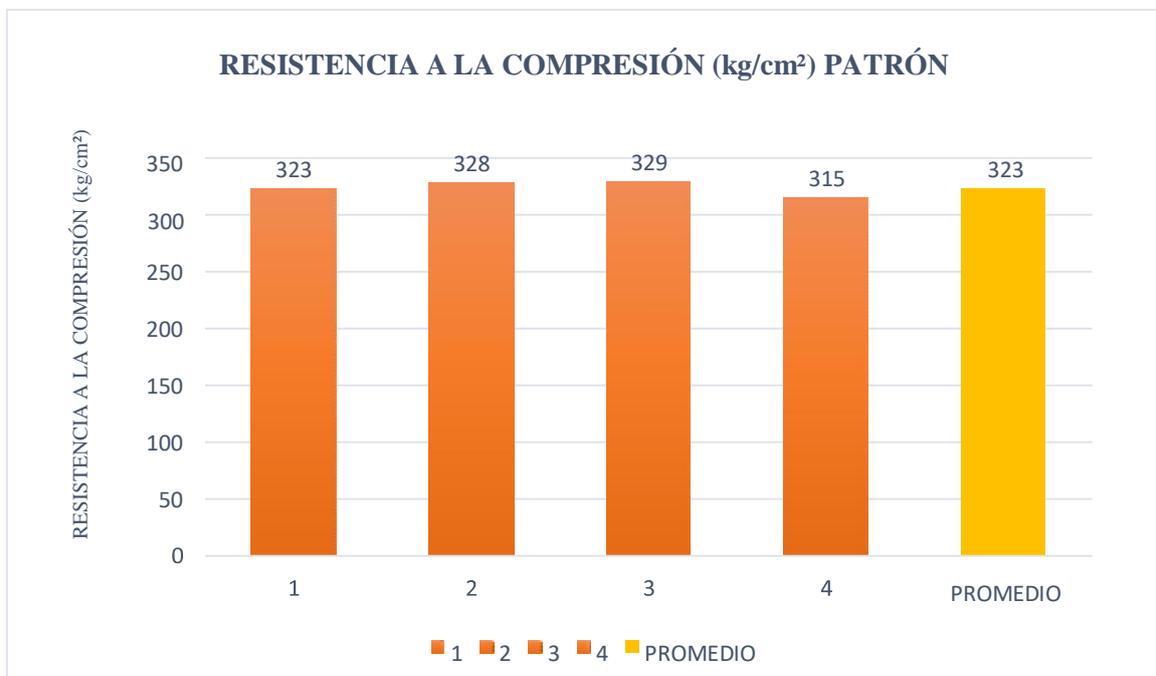
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 87:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIAMETRO	ESFUERZO	% F'c
1	$f'c=210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	10.12	20.11	Tipo 3	1.99	323kg/cm <sup>2</sup>	153.80 %
2	$f'c=210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	10.14	20.14	Tipo 3	1.99	328kg/cm <sup>2</sup>	156.00 %
3	$f'c=210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	10.06	20.16	Tipo 3	2.00	329kg/cm <sup>2</sup>	159.60 %
4	$f'c=210\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/19	14/12/19	28	10.12	20.11	Tipo 3	1.99	315kg/cm <sup>2</sup>	150.00 %

Fuente: Laboratorio

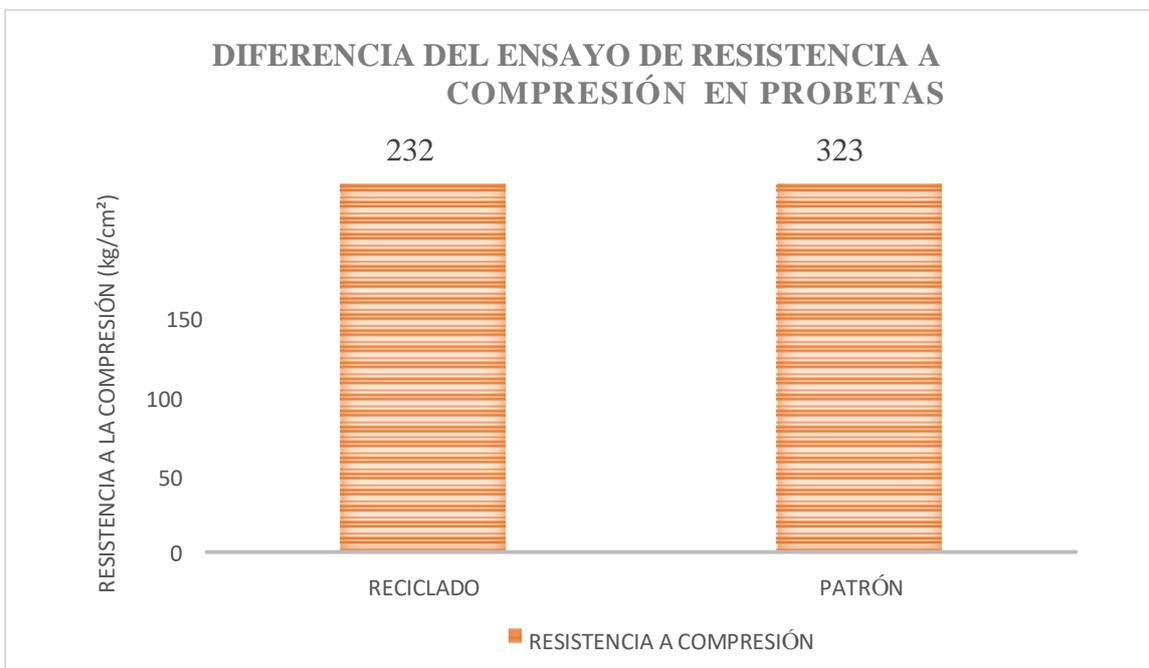
**Gráfico 44:** Resistencia a la compresión de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 45, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a compresión con agregado reciclado y el ensayo a compresión con agregado natural.

**Gráfico 45:** Diferencia del ensayo de resistencia a compresión de 210kg/cm<sup>2</sup> entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

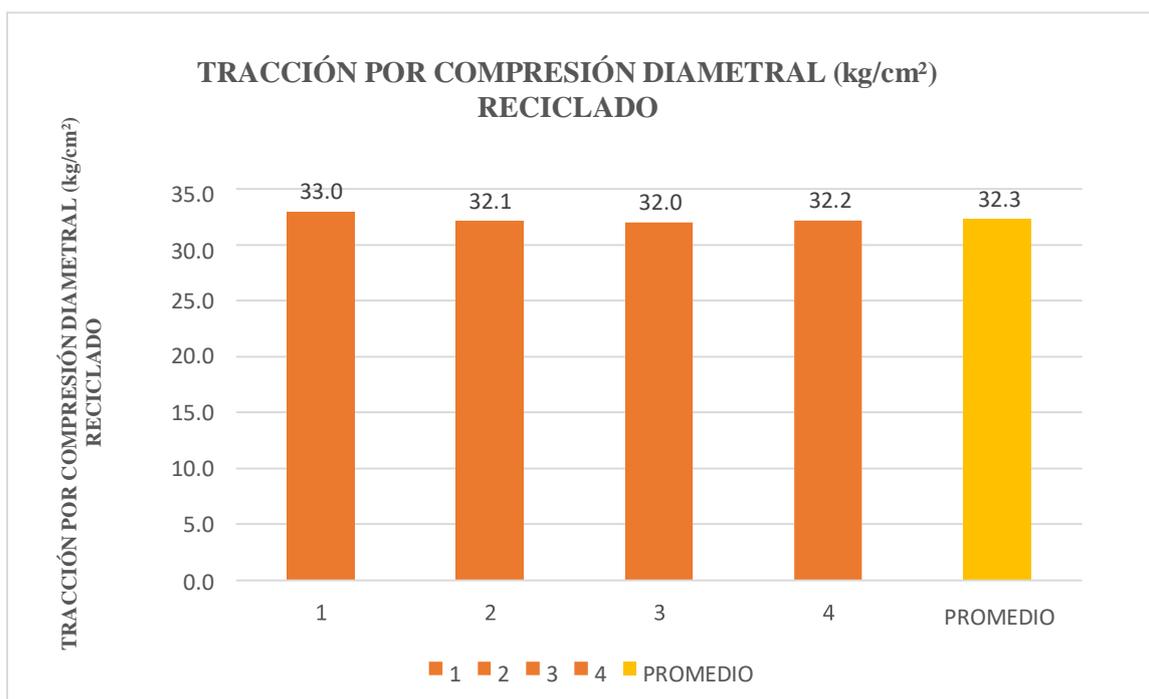
- **Ensayo a la tracción por compresión diametral ASTM C496/C496M-17**

**Tabla 88:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado.

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/010/19	19/11/19	28	20.8	9.92	10707.2	33.0%
2	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/10/19	19/11/19	28	20.8	10.33	10821.6	32.1%
3	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/10/19	19/11/19	28	20.8	10.28	10752.4	32.0%
4	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ 100% RECICLADO	22/10/19	19/11/19	28	20.8	10.23	10774.2	32.2%

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 46:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



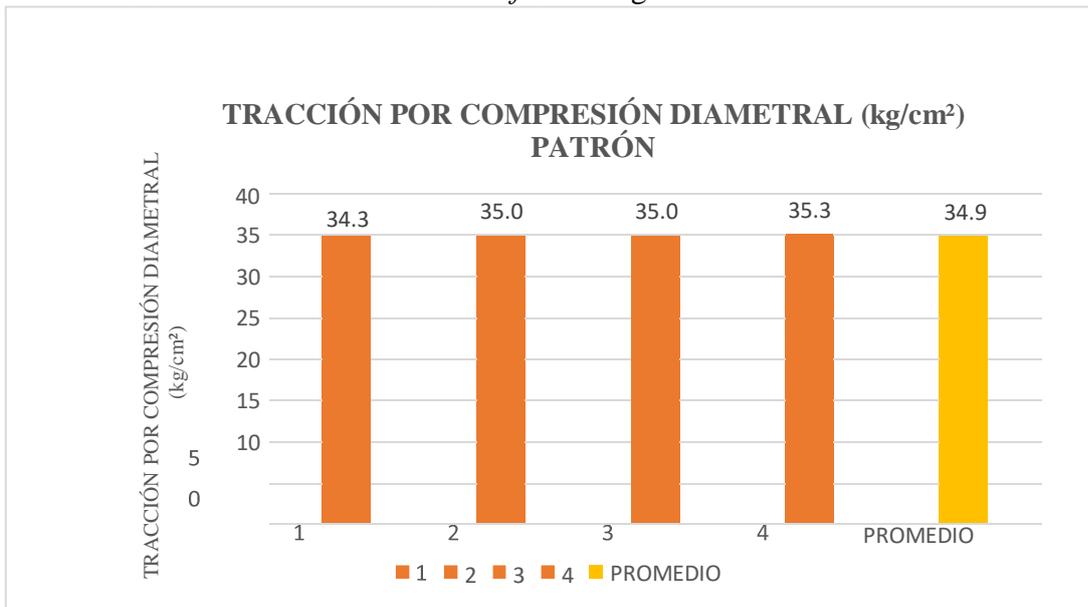
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 89:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
1	$f'c=175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/010/19	14/12/19	28	20.16	10.14	11023.4	34.3%
2	$f'c=175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/10/19	14/12/19	28	20.09	10.07	11112.3	35.0%
3	$f'c=175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/10/19	14/12/19	28	20.14	10.04	11103.7	35.0%
4	$f'c=175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	22/10/19	14/12/19	28	20.11	9.97	11115.1	35.3%

Fuente: Laboratorio

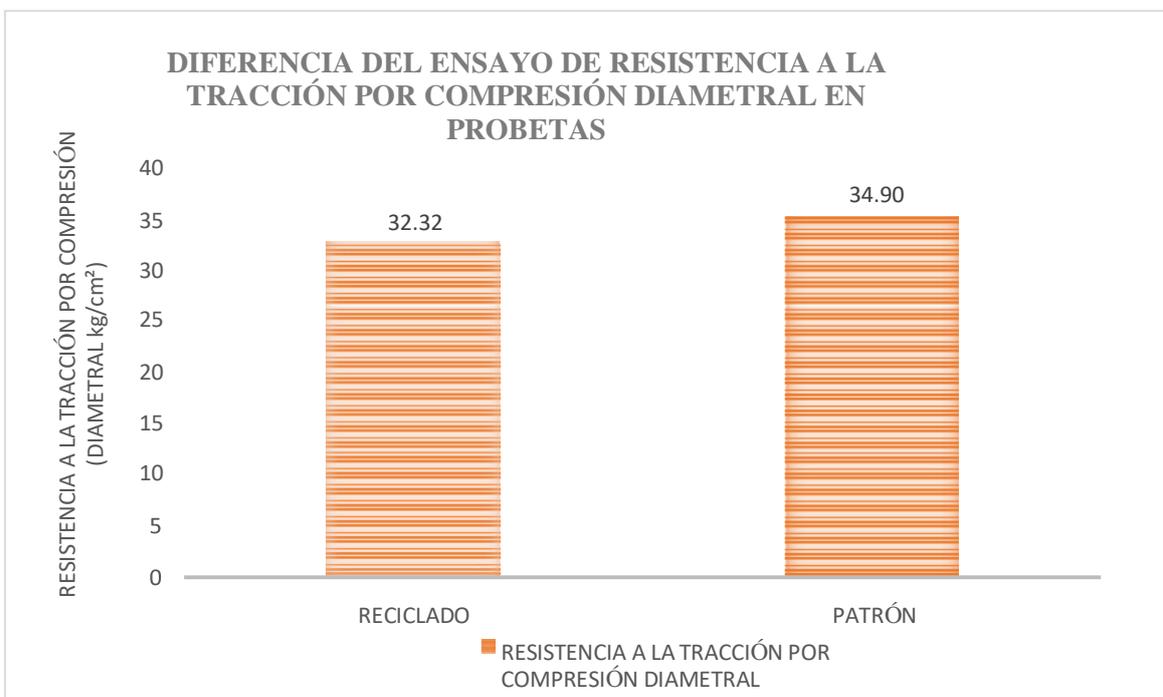
**Gráfico 47:** Resistencia a la tracción por compresión diametral de 4 probetas para un curado de 28 días de resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 48, se tiene la diferencia de resultados entre ensayo a tracción por compresión diametral con agregado reciclado y el ensayo a tracción por compresión diametral con agregado natural.

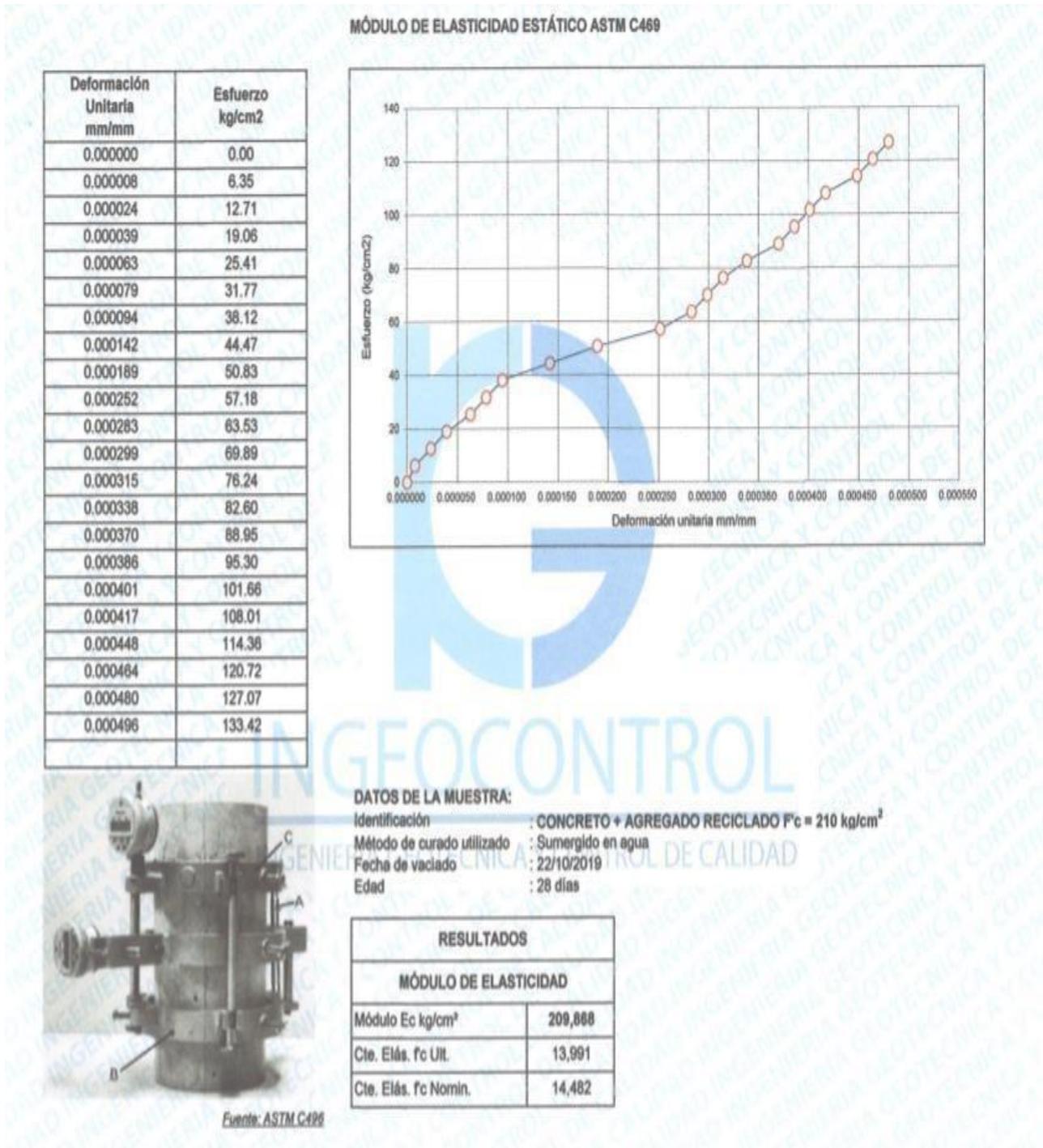
**Gráfico 48:** Diferencia del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de  $210\text{kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

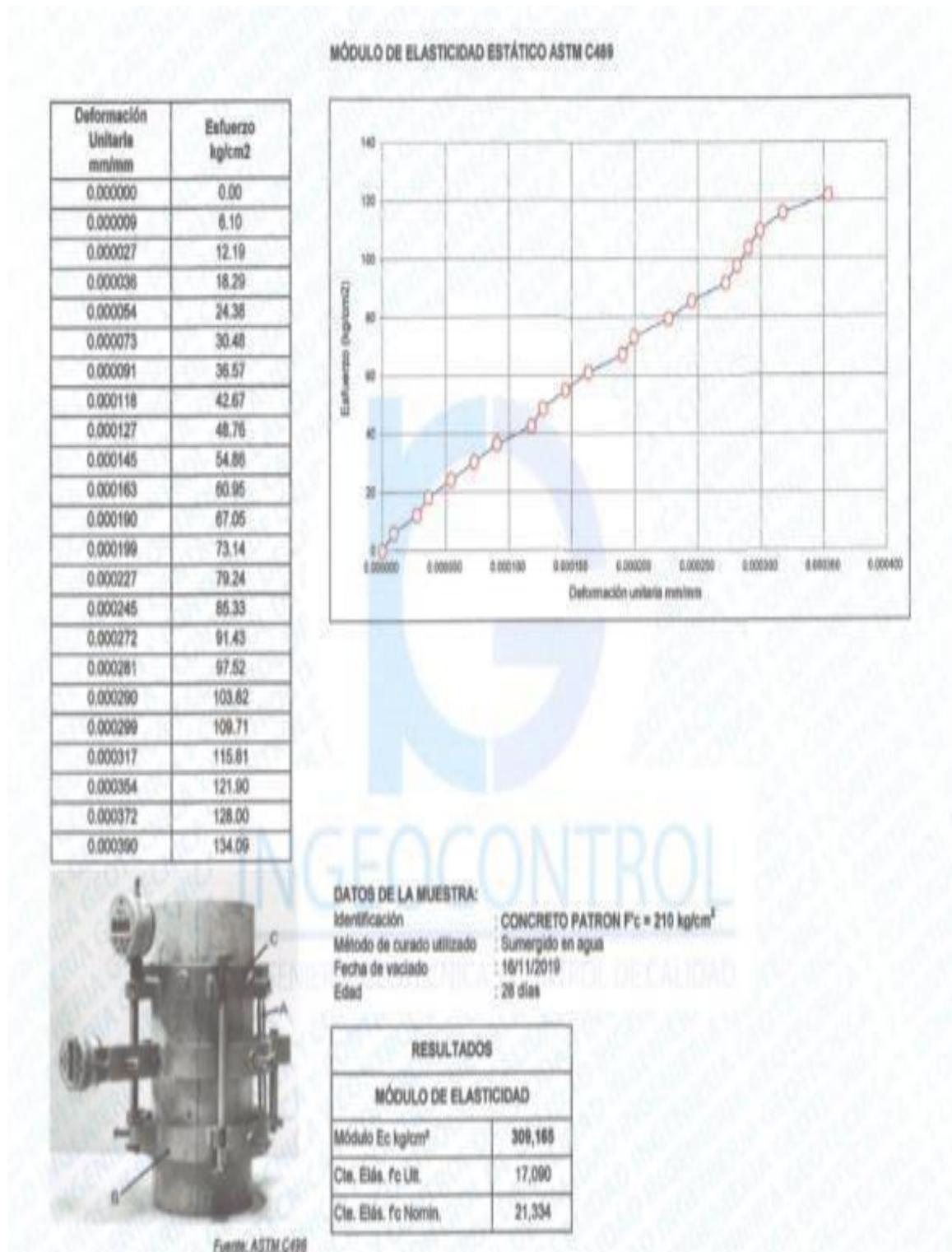
- **Ensayo de Módulo de Elasticidad: ASTM C469**

**Figura 32:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 210kg/cm<sup>2</sup> para 28 días de curado con agregado reciclado



Fuente: Laboratorio

**Figura 31:** Ensayo de Módulo de elasticidad de resistencia 210kg/cm<sup>2</sup> para 28 días de curado con agregado natural



Fuente: Laboratorio

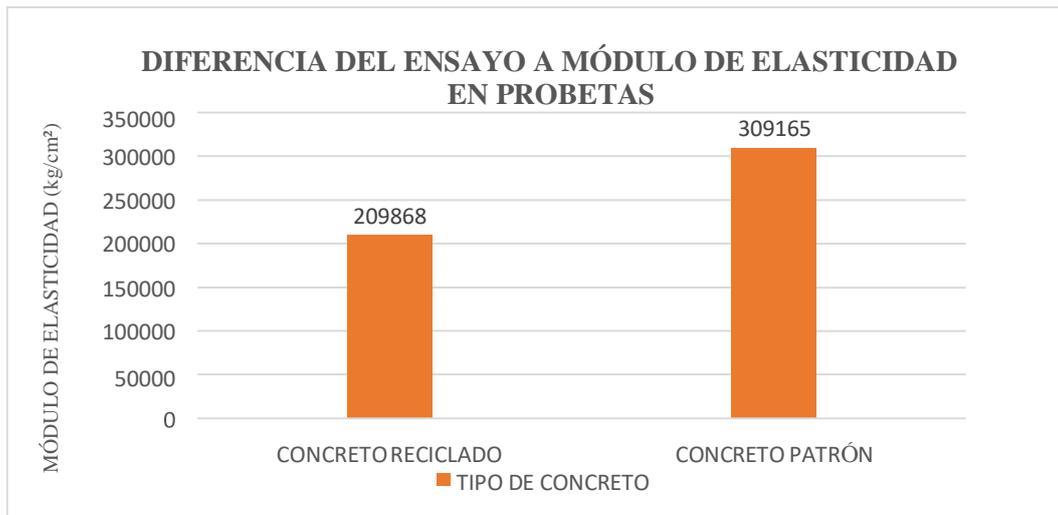
- **Ensayo a Flexión: ASTM C78**

**Tabla 90:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural

TIPO DE CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD ( $\text{kg/cm}^2$ )
CONCRETO REICLADO $f'c=210\text{kg/cm}^2$	209868 $\text{kg/cm}^2$
CONCRETO PATRÓN $f'c=210\text{kg/cm}^2$	309165 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 49:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado y natural



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 91:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ 100% REICLADO	04/11/2019	02/12/2019	28 días	TERCIO CENTRAL	46	37 $\text{kg/cm}^2$

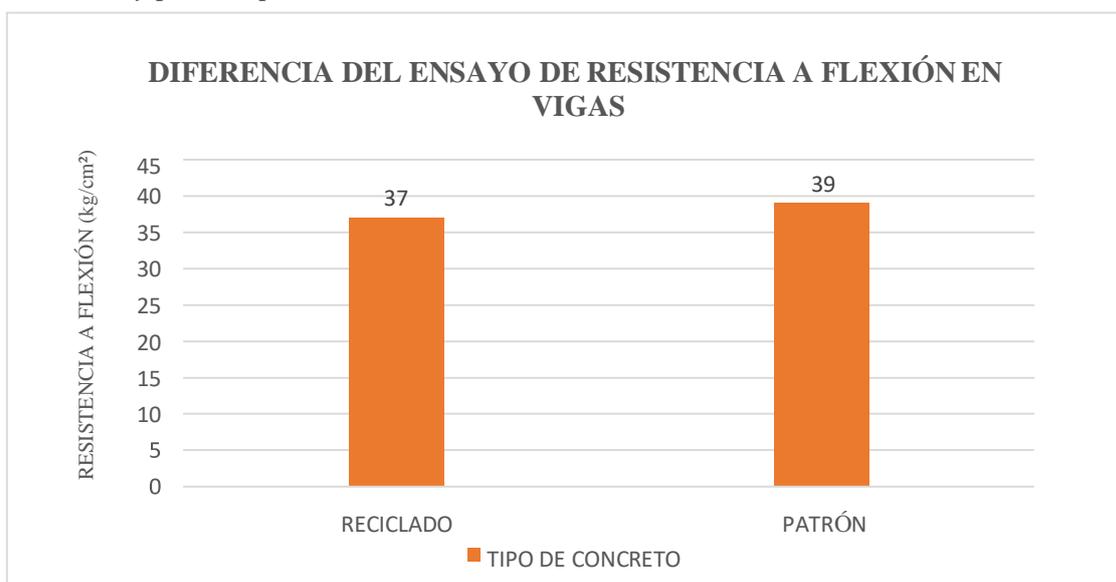
Fuente: Laboratorio

**Tabla 92:** Resultados de los ensayos de laboratorio, con curado de 28 días para una  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
$f'c = 175\text{kg/cm}^2$ PATRÓN	16/11/2019	14/12/2019	28 días	TERCIO CENTRAL	46	39 $\text{kg/cm}^2$

Fuente: Laboratorio

**Gráfico 50:** Diferencia de resistencia del ensayo a Flexión de  $210\text{ kg/cm}^2$  entre concreto reciclado y patrón, para 28 días de curado



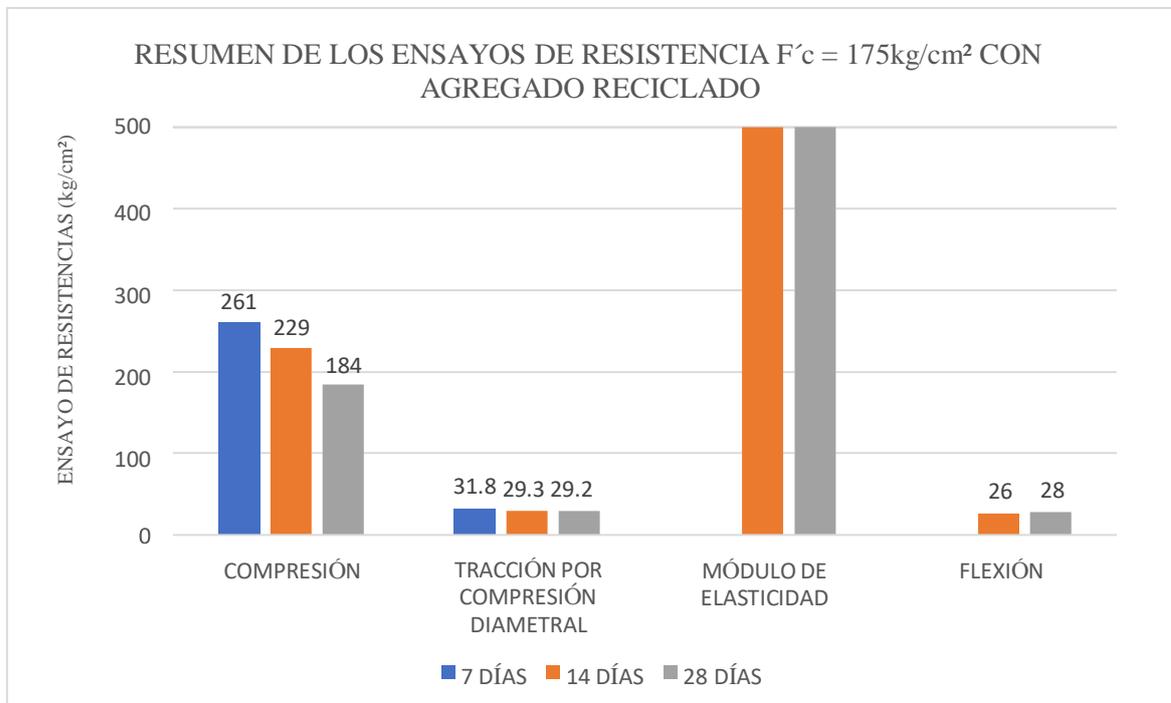
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 93:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO				
	TIEMPO DE CURADO (días)	ENSAYO A COMPRESIÓN (kg/cm²)	ENSAYO A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm²)	ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm²)	ENSAYO A FLEXIÓN (kg/cm²)
RESISTENCIA $F'c = 175\text{ kg/cm}^2$ CON 100% AGREGADO RECICLADO	7 días	261	31.8		
	14 días	229	29.3	12861	26
	28 días	184	29.23	172051	28

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 51:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 51, nos describe los resultados de los ensayos que se realizó con concreto reciclado para este proyecto de investigación:

- Para los 7 días de curado el concreto reciclado tiene una mayor resistencia a la compresión, a los 14 días de curado el ensayo a compresión disminuye menor al resultado de curado a 7 días, a 28 días de igual forma disminuye la resistencia a compresión menor al resultado de curado de 14 días
- El resultado del ensayo a tracción por compresión diametral que nos da respuesta de una forma dispersa de acuerdo a los días de curado: para curado de 7 días tenemos una resistencia alta, para curado de 14 días de edad tenemos una respuesta un poco baja que para el curado de 7 días y para 28 días de edad tenemos que el ensayo incremento la resistencia que un ensayo a 14 días.
- El ensayo de módulo de elasticidad nos dice que el ensayo a 14 días de curado es menor que el ensayo en 28 días, esto conlleva a una buena respuesta a favor de la investigación

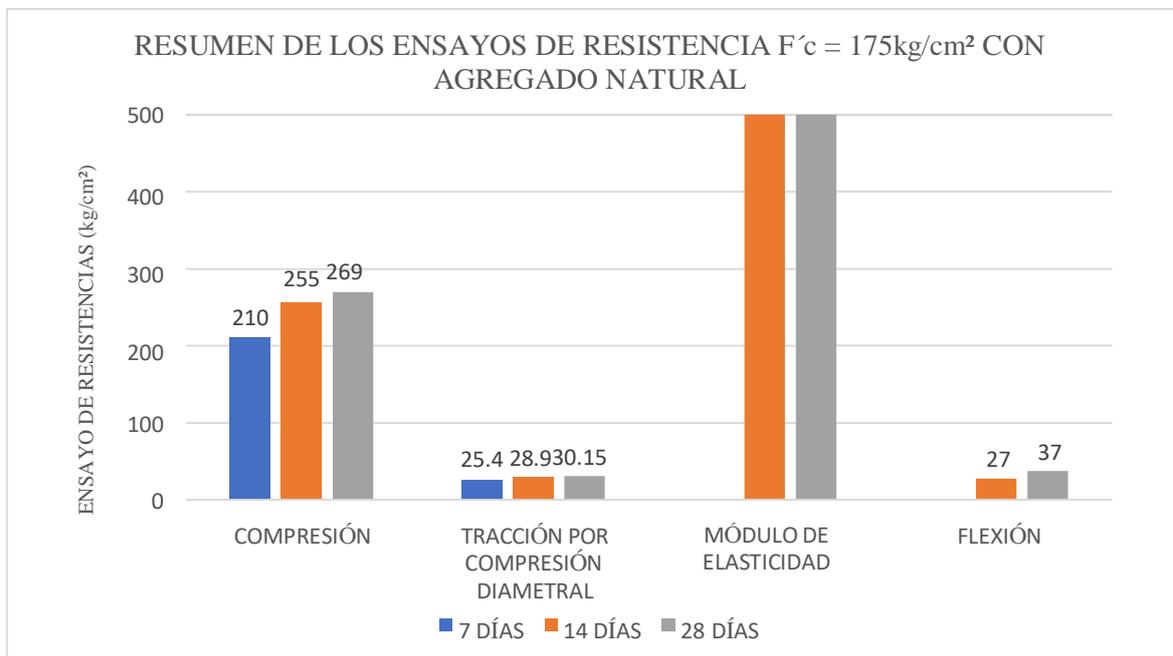
- En el ensayo de resistencia a flexión nos describe que a los 14 días de edad tiene una menor resistencia que un ensayo a 28 días de curado.

**Tabla 94:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO				
	TIEMPO DE CURADO (días)	ENSAYO A COMPRESIÓN	ENSAYO A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL	ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD	ENSAYO A FLEXIÓN
RESISTENCIA $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ CON AGREGADO PATRÓN	7 días	210	25.4		
	14 días	255	28.9	219881	27
	28 días	269	30.15	245261	37

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 52:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con agregado patrón



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 52, describe los resultados de laboratorio que se realizó con agregado natural para esta investigación: Para el ensayo a compresión se tuvo una buena resistencia porque:

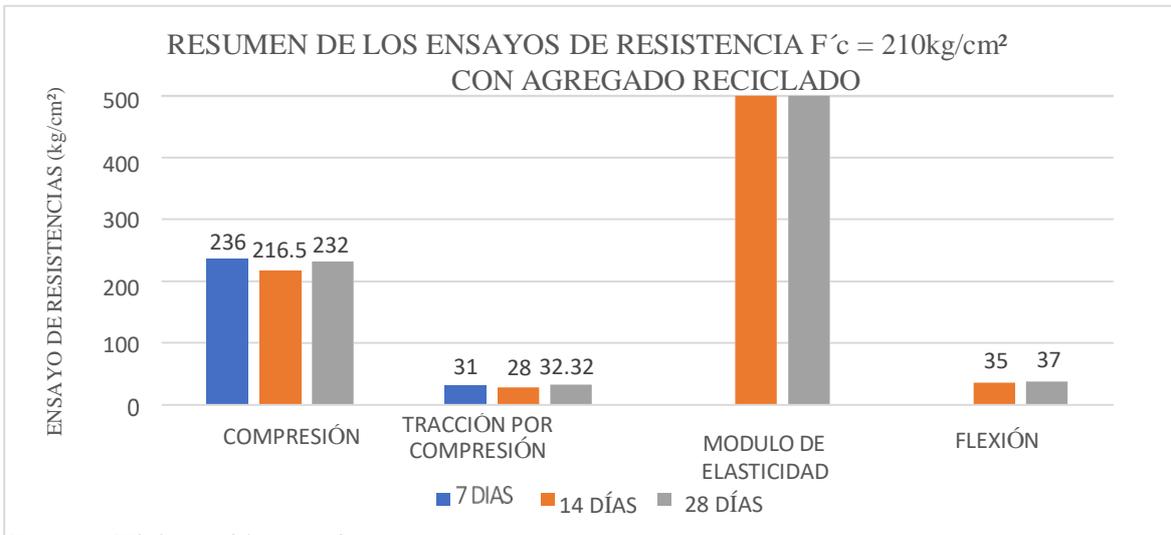
- A los 7 días la resistencia es menor, a los 14 incremento y a los 28 incremento más y llegando a la resistencia adquirida durante el diseño de mezcla.
- El ensayo de tracción por compresión diametral de igual forma tuvo buenos resultados desde los 7 días de curado el concreto tuvo una buena resistencia, a los 14 días de incremento y a los 28 aumentó más que los demás días de edad.
- El ensayo a módulo de elasticidad a los 14 días de curado tuvo una resistencia adecuada y a los 28 días incremento más que los de 14 días.
- El ensayo de resistencia a flexión a los 14 días está en el parámetro según la normativa y a los 28 días llegó a una resistencia óptima.

**Tabla 95:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado

	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO				
	TIEMPO DE CURADO (días)	ENSAYO A COMPRESIÓN	ENSAYO A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL	ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD	ENSAYO A FLEXIÓN
RESISTENCIA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON 100% AGREGADO RECICLADO	7 días	236	31		
	14 días	216.5	28	20643	35
	28 días	232	32.32	209888	37

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 53:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado reciclado



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 53, describe los resultados de laboratorio para 7, 14 y 28 días de curado teniendo como respuesta lo siguiente:

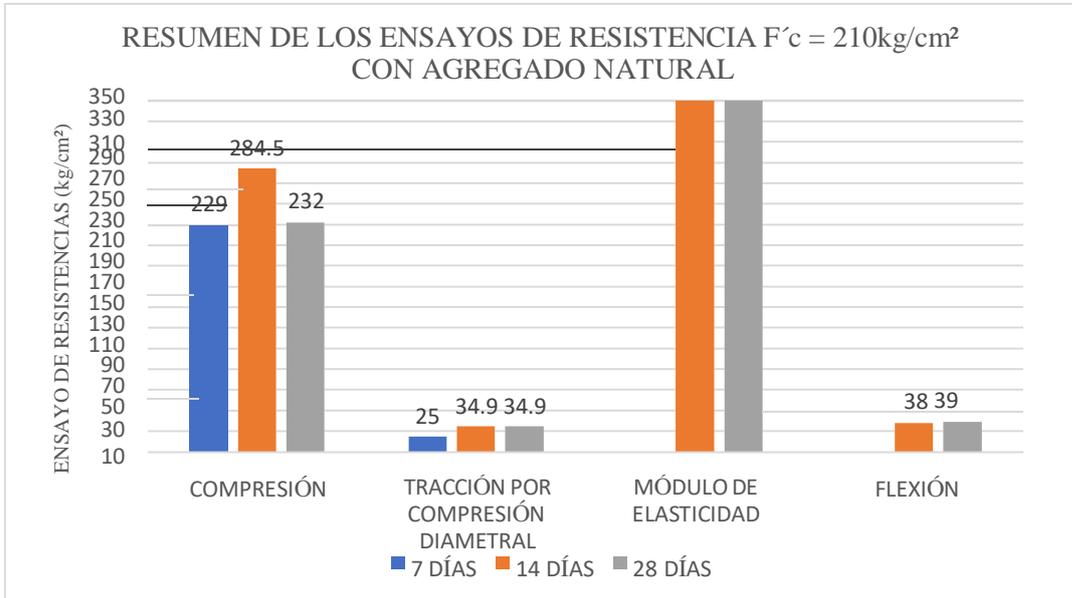
- Para el ensayo a compresión a los 7 días la resistencia es alta, a los 14 días la resistencia disminuye y a los 28 días incrementa, es por ellos que se dice que los agregados reciclados son muy dispersos.
- Para el ensayo a tracción por compresión diametral tenemos: a los 7 días la resistencia es alta, a los 14 días disminuye y a los 28 días incrementa.
- Para el ensayo a módulo de elasticidad nos describe que a los 14 días la resistencia es menor que la resistencia a los 28 días de edad.
- Para el ensayo a resistencia a flexión nos dice que para 14 días de curado la resistencia es menor que a la resistencia para 28 días.

**Tabla 96:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado natural

	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO				
	TIEMPO DE CURADO (días)	ENSAYO A COMPRESIÓN	ENSAYO A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL	ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD	ENSAYO A FLEXIÓN
RESISTENCIA $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ CON AGREGADO PATRÓN	7 días	229	25		
	14 días	284.5	34.9	236921	38
	28 días	232	34.90	309165	39

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 54:** Resumen de los ensayos de laboratorio, con curado de 7,14 y 28 días para un diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado patrón



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 54, nos describe que los resultados de los ensayos del laboratorio para concreto patrón teniendo como tiempo de curado 7,14 y 28 días de edad los resultados son lo siguiente:

Ensayo a compresión para 7 días de curado la resistencia es menor, para 14 días la resistencia incrementa y para los 28 incremento aún más que los demás días

Ensayo a tracción por compresión diametral a los 7 días de curado la resistencia es menor, a los 14 y 28 días la resistencia llegó a un mismo resultado.

Ensayo a módulo de elasticidad nos dice que a los 14 días la resistencia es menor que a los 28 días, pero si están en el parámetro adecuado

Ensayo a flexión, tenemos que a los 14 días de curado la resistencia es menor y a los 28 días la resistencia aumento.

### **III. DISCUSIÓN**

#### **DISCUSIÓN 1**

Los resultados obtenidos por el autor Choque, D (2011) siendo su objetivo analizar los comportamientos óptimos de los parámetros físico-mecánicos de diversas mezclas de agregado grueso artificial, con la finalidad de establecer su conveniencia o no de ser utilizados en la construcción de elementos no estructurales. En sus conclusiones manifiesta: Se realizó ensayos de concretos elaborados con la intervención del agregado grueso reciclado en 50%, 75% y 100%, de los cuales los ensayos indican que, llevándolos en porcentajes menores, se utilizara para la producción de pavimentos rígidos de bajo tránsito. Cabe indicar también que, no obstante que los resultados no sean semejantes, pero son muy aceptables para su uso. Respecto al desempeño durable de los reciclados, se visualiza un comportamiento muy optimo y semejante al del concreto natural usado en pavimentos rígidos (ensayos de rotura), y de acuerdo a las especificaciones de norma nacional CE.010 pavimentos urbanos, indica que se tendrá que cumplir que la resistencia será igual o mayor de 175 Kg/cm<sup>2</sup>, para su uso en pavimentos rígidos, cabe indicar que consecuentemente esto vaya acompañado con la resistencia del suelo. Mientras que en esta investigación dada tenemos resultados casi parecidos al del autor que menciona en su objetivo y conclusión de su tesis ,para este caso añadiendo el 100% de agregado reciclado se tiene resultados muy favorables para realizar proyectos de construcción ,los ensayos que se realizaron con resistencia de mezcla de 175 Kg/cm<sup>2</sup> y 210 Kg/cm<sup>2</sup> tuvieron optimas resultados para ensayo de compresión ,tracción por compresión diametral, módulo de elasticidad y la resistencia a flexión ,cabe recalcar de la resistencia máxima para uso de pavimentos rígidos es de 110 Kg/cm<sup>2</sup> según el CE.010 con un concreto patrón ,pero en este investigación se realizó diseño de mezclas con alta resistencias ,para que así pueda llegar a un resultado adecuada ,con resistencia de 175 Kg/cm<sup>2</sup> se puede decir que favorablemente que puede realizar las construcciones de pavimentos y más aun con un diseño de mezcla de 210 Kg/cm<sup>2</sup> hasta se puede utilizar en edificaciones de bajos niveles.

#### **DISCUSIÓN 2**

Los resultados obtenidos por el autor Venegas, J y Robles, J (2008) siendo su objetivo determinar algunas de las características físicas y mecánicas de combinaciones de concreto, empleando concreto reciclado como agregado grueso, comparándolo con un concreto de la misma dosificación con agregado convencional. En sus conclusiones manifiesta: A los siete

días se observó que los cilindros y viguetas alcanzaron el 63% y 66% de la resistencia máxima para condición curada, mientras que la no curada los porcentajes son para compresión 55 % a 67 % y para flexión esta entre 64% y 83%. Mientras que en esta investigación con 100% de agregado reciclado para 7 días de curado ,con un diseño de mezcla de 175 Kg/cm<sup>2</sup> con reciclado alcanzo una resistencia para el ensayo a compresión de 124.29% y con agregado patrón se dio una resistencia de 100%.por otra parte está el diseño de mezcla de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, con agregado reciclado nos dio un resultado de 103.26% y para concreto patrón que es de 100%.

### **DISCUSIÓN 3**

Los resultados obtenidos por el autor Rodrich, S y Silva, J (2016) Su objetivo es describir el efecto del agregado reciclado sobre las propiedades mecánicas en una mezcla convencional. En sus conclusiones manifiesta: Que se compararon los datos obtenidos por influencia del agregado de concreto reciclado con un concreto convencional según las relaciones agua/cemento en las propiedades del concreto concluyendo que la mejor opción para la fabricación de concreto estructural es utilizar una  $R/a/c = 0.65$  con 30% de agregado de concreto reciclado ya que en los 28 días de curado alcanzó la resistencia a tracción por compresión diametral de 16 kg/cm<sup>2</sup>, y para el diseño patrón  $R/a/c = 0.65$  (con 0% de agregado de concreto reciclado) alcanzó una resistencia a la tracción por compresión diametral de 18.2 kg/cm<sup>2</sup>, es decir incrementa en 2.2 kg/cm<sup>2</sup> para patrón. Mientras que en esta investigación se incluyó el 100% de agregado reciclado para un diseño de mezcla de 175 kg/cm<sup>2</sup> con relación  $a/c=0.73$ , se obtuvo resultado de 28 kg/cm<sup>2</sup> y con agregado natural es de 37kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado esta los resultados para un diseño de mezcla 210 kg/cm<sup>2</sup> con agregado reciclado que salió de 37 kg/cm<sup>2</sup> y 39kg/cm<sup>2</sup> para concreto convencional.

### **DISCUSIÓN 4**

Los resultados obtenidos por el autor Laverde, J (2014) siendo su objetivo es identificar los distintos comportamientos de concreto con diversas dosis de agregado reciclado, para ello se evaluará varias de sus diferentes propiedades tales como las eléctricas y mecánicas; así como también se evaluará su durabilidad de dicho material. En sus conclusiones manifiesta: Suplantando agregado convencional por agregado reciclado hasta un 25%, adquiere un comportamiento idéntico al del concreto natural, se demuestra en esta investigación realizado ya que la reducción a la compresión es un aproximado de 10%, por ende, demuestra

que es óptimo para diferentes usos en la construcción. El módulo de elasticidad disminuye en porción en que se añade el porcentaje de ACR en las mezclas. La disminución del módulo de elasticidad para el tipo de ACR utilizado en este estudio está entre un 18% a un 25% cuando el porcentaje de reemplazo de agregado de concreto reciclado para la mezcla es del 100%. Mientras que en esta investigación se utilizó el 100% de agregado reciclado grueso y fino para diseño de  $175 \text{ Kg/cm}^2$ , se tuvo resultados de módulo de elasticidad de un  $172\,051\,000 \text{ Kg/cm}^2$  menor al de un ensayo con concreto patrón que es de  $245\,251\,000 \text{ Kg/cm}^2$ , pero está por encima de la resistencia de diseño y es por ello que se puede utilizar en construcciones de pavimentos de tránsito peatonal sin ningún inconveniente. Por otro lado, para un diseño de mezcla de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  el módulo de elasticidad es de  $209\,868\,000 \text{ Kg/cm}^2$  para reciclado y  $309\,165\,000 \text{ Kg/cm}^2$  para patrón, la diferencia entre ambos resultados es de  $992\,970\,000$ , se puede decir que es útil para cualquier tipo de estructuras que pidan resistencia a  $210 \text{ kg/cm}^2$  como máximo.

## **DISCUSIÓN 5**

Los resultados obtenidos por el autor Elodía et al (2016) siendo su objetivo es evaluar el desempeño de dos mezclas de concreto con agregado reciclado, reforzadas con tres diferentes cuantías de un tipo de fibras de acero, con base en los parámetros de Resistencia especificados por la normativa. En conclusión, se manifestó: La Resistencia a la compresión de los concretos con adición de agregado grueso reciclado, se ve afectada con base a los niveles teóricos que presentan los concretos. El ensayo a flexión con carga en el centro de la luz (3 puntos) tiene una predominancia por lo general fisuras en forma vertical, en el caso del ensayo a flexión con cargas en los tercios de la luz, los resultados son bastantes dispersos, sin permitir concluir nada. Mientras que en esta investigación tenemos resultados a ensayos a flexión a tercio de luz, que tienen resistencias óptimas la diferencia entre un concreto con agregado reciclado y un concreto patrón no varía de mucho, y se puede decir que es válido para realizar una construcción de pavimentos u otras estructuras, teniendo como resultado para una diseño de mezcla de  $175 \text{ Kg/cm}^2$  con agregado reciclado y agregado natural es de 15% y 18%, para un diseño de mezcla de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  el ensayo a flexión con agregado reciclado y natural es de 17% y 18.33%.

## IV. CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN 01

Se concluyó, que según a la hipótesis general “Determinar las propiedades físico-mecánicas de concreto reciclado respecto al concreto convencional en la construcción, de pavimentos de tránsito peatonal”, se logró determinar que reemplazando agregado reciclado al 100% en un diseño de mezcla para resistencia de 175 Kg/cm<sup>2</sup> con relación a/c=0.73, su ensayo de densidad es de 1884.13 kg/m<sup>3</sup>, y con resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup> con relación a/c= 0.69 su ensayo de densidad es de 1898.74 kg/m<sup>3</sup> se puede decir que la densidad es baja con respecto al concreto convencional su densidad es de 2264.71 kg/m<sup>3</sup> y 2298.10 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, pero esto no hace que baje la resistencia de los ensayos a compresión, módulo de elasticidad, tracción por compresión diametral y la resistencia a flexión. Siendo así los resultados obtenidos por el laboratorio y según la ASTM nos dice que el diseño que se utilizó es óptimo para la ejecución de pavimentos de tránsito peatonal, esta construcción no necesita de alta resistencia para que pueda ser elaborada, se puede utilizar también obra civil que no sean mayor a la resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, cabe recalcar que los agregados reciclados durante un diseño de mezcla necesitan alta proporción de agua para que la mezcla tenga una trabajabilidad y que el slump este entre 3'' a 4'', se tiene que tomar en cuenta el origen del material que no contenga sales u otros residuos que pueda afectar al concreto, la resistencia final de los ensayos se obtiene en el tiempo de curado de 28 días donde el concreto alcanza su 100% de resistencia. Se puede decir que si trabajamos reutilizando concreto de desmontes de edificios o de cualquier otra obra civil mejoramos el medio ambiente y le damos un buen uso al agregado reciclado ya que tiene un costo bajo de 8.00 soles el saco según la empresa CAJAS ECOLÓGICAS.

### CONCLUSIÓN 02:

Según los resultados que se obtuvieron mediante los ensayos realizados, se pudo dar respuesta a la hipótesis específica “H1: Conocer la diferencia de la resistencia a la compresión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal “se concluye que según el ASTM C39 para resistencia de 175 Kg/cm<sup>2</sup> reemplazando el 100% de agregado reciclado tenemos como resultado de ensayo a compresión de 184 Kg/cm<sup>2</sup> y para un ensayo con agregado natural el ensayo a compresión es 269 Kg/cm<sup>2</sup> la diferencia de ambos resultados varía en 85 Kg/cm<sup>2</sup>. De igual forma para un diseño de 210 Kg/cm<sup>2</sup> el ensayo a compresión con agregado

reciclado es de 232Kg/cm<sup>2</sup> y con agregado natural es de 323Kg/cm<sup>2</sup> estos resultados varia en 91Kg/cm<sup>2</sup>, pero no obstante esta resistencia a compresión está por encima del diseño de resistencia de ambos concreto.

#### CONCLUSIÓN 03:

Se concluye que según el ASTM C496, nos dice que para una resistencia de 175 Kg/cm<sup>2</sup> con agregado reciclado nos da una resistencia a tracción por compresión diametral de 29.23 Kg/cm<sup>2</sup>, para un concreto con agregado natural la resistencia es de 30.15 Kg/cm<sup>2</sup>, la diferencia es de 0.92 Kg/cm<sup>2</sup>. Para una resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup> el ensayo de tracción por compresión diametral es de 32.32 con concreto reciclado y para 210 Kg/cm<sup>2</sup> con agregado natural es 34.90, la diferencia varia en 2.58, los resultados son óptimos por encima de la resistencia de diseño de ambos análisis.

#### CONCLUSIÓN 04:

Se concluye que según el ASTM C469, que para una resistencia de 175 Kg/cm<sup>2</sup> de concreto reciclado el módulo de elasticidad es de 172 051 000 Kg/cm<sup>2</sup> para concreto convencional su módulo de elasticidad es de 245 261 000 la diferencia entre ambos es de 732 100 000, para una resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup> con agregado reciclado su módulo de elasticidad es de 209 888 000 y el convencional es de 309 165 000 la variancia entre estos resultados es de 99 277 00, las resistencias de ambos diseños de mezcla tienen un buen módulo de elasticidad y es óptimo para esta investigación.

#### CONCLUSIÓN 05:

Se concluye que según el ASTM C 78, para una resistencia de diseño de 175 Kg/cm<sup>2</sup> la resistencia a flexión con agregado reciclado es de 28 Kg/cm<sup>2</sup> con agregado natural es de 37 Kg/cm<sup>2</sup> la diferencia entre ambos es de 9 Kg/cm<sup>2</sup>, para una resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup> el ensayo a tracción con concreto reciclado es de 37 Kg/cm<sup>2</sup> con agregado natural el ensayo a flexión es de 39 Kg/cm<sup>2</sup> la diferencia entre ambos no varía de mucho con un aproximado de 2 Kg/cm<sup>2</sup>, esto quiere decir que los ensayos de ambos diseños son utilizables para cualquier estructura pero que la resistencia no sea mayor a 210 Kg/cm<sup>2</sup>

## **V. RECOMENDACIONES**

### **RECOMENDACIÓN 1:**

Realizar el diseño de mezcla por ACI 211, puesto que, es la mejor alternativa para un diseño de concreto de mediana resistencia. De igual forma, se sugiere que para el óptimo desempeño de una mezcla se utilizara el método de Agregado Global, con la finalidad de obtener una mejor resistencia sin que tener consecuencias durante el proceso.

### **RECOMENDACIÓN 2:**

Se recomienda en cuanto a los ensayos de laboratorio, que las probetas y vigas estén en todo tiempo sumergido al agua según el tiempo de curado al que se va estudiar, para que así pueda tener un mejor resultado en cuanto a su resistencia y que el estudio sea óptimo para una obra requerida

### **RECOMENDACIÓN 3:**

Se recomienda reutilizar estos agregados para una mezcla de resistencias medianas de 175 Kg/cm<sup>2</sup> y 210 Kg/cm<sup>2</sup>, para ser empleados en pavimentos de tránsito peatonal y edificaciones que no contengan resistencias muy altas

### **RECOMENDACIÓN 4:**

Se recomienda realizar un buen estudio de los agregados reciclados, ya que estos son provenientes de destrucciones de escombros, de pavimentos en mal uso, entre otros, es por ello que se debe de tener en cuenta que estos materiales no contengan sales ni residuos tóxicos para así tener un buen resultado en cuanto a los ensayos que se van a realizar.

### **RECOMENDACIÓN 5:**

Se recomienda reutilizar el concreto como agregado reciclado de un lugar que sea cercano a la obra en ejecución, para así poder economizar el precio de transporte.

## REFERENCIAS

- USE of methodologies to improve the mechanical properties of structural concrete manufactured with recycled aggregates. Letelier, Viviana, y otros. 2014. 179-195, Chile: Ingeniería Y Ciencias, 2014, Vol. x.  
ISSN:1794-9265.
- VELÁSQUEZ, Lucio. Propiedades físico mecánicas del concreto reciclado para Lima metropolitana. Lima: s.n., 2015.  
Disponible:  
[http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4860/1/284\\_CONCRETO%20RECC](http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4860/1/284_CONCRETO%20RECC)
- CICLO. Residuos de construcciones y demoliciones. Lima,2018.
- Metodología de la Investigación por Hernández [et al.]. 5ta. Ed. México D. F: McGRAW-HILL. 2010. 656 pp.  
ISBN: 978-607-15-0291-9
- SALINAS, Pedro. Metodología de la Investigación Científica. Mérida, 2012. 182 pp.
- TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4ta. Ed. México D. F: Limusa, 2004. 431 pp.  
ISBN: 9681858727
- TAFUR, Gester. Estudio del peso específico, porcentajes de humedad, peso específico del agregado grueso y fino. Tarapoto: s.n., 2015.  
Disponible:  
<https://www.studocu.com/es/document/universidad-europea-de-madrid/tecnologia-de-materiales/ejercicios-obligatorios/prueba-de-ensayo-de-peso-unitario-porcentaje-de-humedad-peso-especifico-del-agregado-grueso-y-fino/2456935/view>.
- GARCÉS, Hugo. Investigación científica. Quito Abya-Yala. 2000. 197 pp.  
ISBN: 9978-046410
- A COMPARATIVE study of recycled aggregates from concrete and mixed debris as material for unbound road sub-base. Jimenez, J, y otros. 2011. España: Materiales de Construcción, 2011, Vols. 61,302,289-302.  
ISSN:0465-2746.

- AFECTACIÓN de la resistencia a la flexión en concretos modificados con reciclado de concreto. Ospina Lozano, Sandra Elodia, y otros. 2016. 31, Colombia: Revista Infraestructura Vial, 2016, Vol. 18.  
ISSN:2215-3705.
- ALKALI silica reaction in concrete induced by mortar adhered to recycled aggregate. Etxeberria, M y Vásquez, E. 2010. España: Materiales de Construcción, 2010, Vols. 60,297,47-58.  
ISSN:0465-2746.
- CUALIDADES físicas y mecánicas de los agregados reciclados de concreto. Aplicación en concretos. Gómez, José, Agullo, Luis y Vásquez, Enric. 5, España: Concreto y Tecnología, 2015.
- EVALUACIÓN de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado. García Pérez, Natalia, Garnica Anguras, Paul y Rivera, Araceli. 2018. 514, México: Sanfandila, 2018.  
ISSN:0188-7297.
- Recycled concrete with coarse recycled aggregate por Gonsales [et al.]. An overview and analysis. España: Materiales de Construcción, 2018.  
ISSN-L:0465-2746.
- LIU, Yan. Behaviour of recycled aggregate concrete under combined compression and shear stresses. China: Materiales de Construcción, 2018.  
ISSN-L:0465-2746.
- PROPERTIES in fresh state of mortars with recycled aggregate concrete and effect of c/a a relation. Cabrera Covarrubias, Guadalupe Francisca, y otros. 2017. 1, España: Ingeniería y Desarrollo, 2017, Vol. 35.  
ISSN:0122-3461.
- CHARACTERIZATION and influence of fine recycled aggregates on masonry mortars properties por Saiz Martinez [et al.]. Madrid: Materiales de Construcción, 2015.  
ISSN-L:0465-2746.

- SÁNCHEZ, Eduardo. Diseño de hormigón con áridos ligeros reciclados. Análisis de su resistencia a compresión frente a la densidad. España: Anuario de jóvenes investigadores, 2016.
- SHEAR friction capacity of recycled concretes por Gonzales Fonteboa [et al.]. España: Materiales de Construcción, 2010, Vols. 60,299,53-67. ISSN:0465-2746.
- SIZE grading methods to characterize construction and demolition waste for its use in structural concrete por Martínez Morales [ et al . ]. España: Materiales de Construcción, 2013, Vols. 63,310,235-249. ISSN:0465-2746.
- American Concrete Institute. ACI Comité 211. Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto. 2002.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 334.009:2013. Cemento Portland Requisitos. 2013.
- Cemento Pacasmayo (2015). clasificación de los tipos de cemento.2015
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400.037:2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2013.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339.034:2015. Determinación de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª edición. 2015.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400.022. Determinación el peso específico y porcentaje de absorción de los agregados 2ª edición. 2013.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339. 185.Determinacion del contenido de humedad 1ª edición. 2002.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400. 017.Determinacion del peso unitario suelto y compactado 1ª edición. 2002.
- MEZA Bernuy, EDUARDO Celso. Proceso de corrosión en concreto de mediana a baja resistencia por acción de sulfato de magnesio, usando cemento portland tipo I. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2003.
- RIVVA, Enrique. Naturaleza y Materiales del Concreto. 1ª edición. Lima: Aci Perú, 2000.

- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400. 011.Determinacion de los porcentajes de agregados 2ª edición. 2008.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339. 088.Determinacion del agua de mezclado 2ª edición. 2006.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339. 035.Determinacion del asentamiento y trabajabilidad 2ª edición. 2009.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339. 047.Determinacion a la densidad 2ª edición. 2014.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339. 046.Determinacion del peso unitario del concreto 2ª edición. 2008.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339. 084.Determinacion de la resistencia a la tracción por compresión diametral 4ª edición. 2012.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339. 075.Determinacion de resistencia a la flexión 3ª edición. 2012
- - OTTAZZI PASINO, G. (2004). Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento de Concreto Armado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú.
- ASOCIACIÓN Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 33, estudios de agregados
- ASOCIACIÓN Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 39, ensayo a la compresión.
- ASOCIACIÓN Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 496, ensayo a tracción por compresión diametral
- ASOCIACIÓN Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 469, ensayo a módulo de elasticidad
- ASOCIACIÓN Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 78, ensayo a flexión.

# ANEXOS

**Tabla 16: Matriz de consistencia**

PROPIEDADES FÍSICO -MECÁNICAS DEL CONCRETO RECICLADO DE MEDIANA RESISTENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE TRANSITO PEATONAL CIENEGUILLA-LIMA 2019							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es la diferencia de las propiedades físico-mecánicas entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>De qué manera las propiedades físico-mecánicas de concreto reciclado varia respecto al concreto convencional en la construcción, de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Las propiedades físico-mecánicas de concreto reciclado tienes resultados significativos respecto al concreto convencional en la construcción, de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.</p>	<p><b>PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO RECICLADO DE MEDIANA RESISTENCIA</b></p>	<p>Son todo los agregados finos o gruesos que son obtenidos mediante los procesos de demolición en planta especializadas de reciclados que se encargan de obtener un nuevo concreto</p>	<p>Estudio de los agregados reciclados</p>	<p>Granulometría</p> <p>-Módulo de finura</p> <p>-Tamaño máximo</p> <p>-Tamaño máximo nominal</p> <p>-Peso unitario</p> <p>-Peso específico</p> <p>-Absorción</p>	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>experimental</p>
					<p>diseño de mezcla de mediana resistencia (175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>)</p>	<p>Proporciona miento o dosificación</p>	
					<p>Propiedades Físicas</p>	<p>Ensayo de trabajabilidad "Slump "</p> <p>-Ensayo de densidad</p> <p>-Ensayo del peso unitario del concreto</p>	
<p><b>ESPECIFICO</b></p> <p>¿Cuál es la diferencia de la resistencia a la comprensión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?</p> <p>¿Cuál es la diferencia de la resistencia a la tracción por comprensión diametral entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019?</p> <p>¿Cuál es la diferencia de módulo de elasticidad entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla- Lima 2019?</p> <p>¿Cuál es la diferencia de la resistencia a la flexión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla- Lima 2019?</p>	<p><b>ESPECIFICO</b></p> <p>Conocer la diferencia de la resistencia a la comprensión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.</p> <p>Identificar la diferencia de la resistencia a la tracción por comprensión diametral entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima2019.</p> <p>Demostrar la diferencia de módulo de elasticidad entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla- Lima 2019.</p> <p>Analizar la diferencia de la resistencia a la flexión entre el concreto reciclado respecto al concreto convencionales en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla- Lima 2019.</p>	<p><b>ESPECIFICO</b></p> <p>El concreto reciclado tiene una óptima resistencia a la comprensión en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.</p> <p>El concreto reciclado tiene una óptima resistencia a la tracción por comprensión diametral en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.</p> <p>El concreto reciclado tiene un óptimo módulo de elasticidad en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.</p> <p>El concreto reciclado tiene una óptima resistencia a la flexión en la construcción de pavimentos de tránsito peatonal, Cieneguilla-Lima 2019.</p>	<p><b>CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE TRANSITO PEATONAL</b></p>	<p>Es una obra de ingeniería ya sea pública o privada, con parámetros y procesos constructivos según Reglamentos pueden realizarse de forma formal e informal.</p>	<p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Ensayo de compresión</p> <p>Ensayo de flexión</p> <p>Ensayo de tracción por la compresión diametral</p> <p>Ensayo de módulo de elasticidad</p>	<p><b>Población:</b> Todas las edificaciones y probetas quegeneran gran cantidad de escombros o residuos</p> <p><b>Muestra:</b> 100 probetas y vigas</p> <p><b>Técnica de recolección de datos</b> : Se utilizará las fichas técnicas para la recolectar los datos obtenidos del ensayo en el laboratorio.</p>
					<p>Mediana resistencia (175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>)</p>	<p>Resistencia a la compresión de kg/cm<sup>2</sup></p>	
					<p>Análisis de resultados</p>	<p>Análisis de resultado a la compresión</p> <p>Análisis de resultado a la flexión</p> <p>Análisis de resultado a la tracción por la compresión diametral</p> <p>Análisis de resultado de módulo de elasticidad</p>	

Fuente: Elaboración propia

