

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

HUANCABELICA

TESIS



**“INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL
NEUMÁTICO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A
FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

PRESENTADO POR:

Bach. CAHUANA TAIPE, Marisabel

Bach. CASTRO MOLLEHUARA, Marianela

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCABELICA, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 29 días del mes de diciembre del año 2022, a horas 2:30 p.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Ing. Carlos GASPAS PACO
<https://orcid.org/0000-0002-3594-0815>
DNI N° 23261897

SECRETARIO : Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA
<https://orcid.org/0000-0003-0247-7737>
DNI N° 19878788

VOCAL : Mg. Jorge Luis ORTEGA VARGAS
<https://orcid.org/0000-0003-3028-6014>
DNI N° 21549765

Designados con Resolución de Decano N° 234-2019-FCI-UNH, de fecha 27 de noviembre del 2019, a fin de proceder el acto académico de evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO", presentada por las Bachilleres **Marianela CASTRO MOLLEHUARA** con DNI N° 46475101 y **Marisabel CAHUANA TAIPE** con DNI N° 42241522; con presencia del M.Sc. Marco Antonio López Barrantes, <https://orcid.org/0000-0002-7481-650X> y DNI N° 21441702, Asesor de la presente tesis a fin de optar el Título **Profesional de Ingeniero Civil**; Finalizado la evaluación a horas 3:30 P.M., se invitó al público presente y a las sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

Bach. Marianela CASTRO MOLLEHUARA

APROBADO ☒ POR... UNANIMIDAD

DESAPROBADO ☐ POR.....

Bach. Marisabel CAHUANA TAIPE

APROBADO ☒ POR... UNANIMIDAD

DESAPROBADO ☐ POR

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vº Bº Decano

Vocal

TÍTULO

**“INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO
TRITURADO EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS DE
CONCRETO”**

AUTORES

Bach. CAHUANA TAIPE, Marisabel

Bach. CASTRO MOLLEHUARA, Marianela

ASESOR

M. Sc. LÓPEZ BARRANTES, Marco Antonio

CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7481-650X>

DNI N° 21441702

DEDICATORIA

A mis padres Florencia y Pedro, quienes me inspiraron, enseñaron valores, principios y a luchar por mis metas.

A mis hermanas Amelia y Julie, que han sido mi ejemplo para seguir adelante.

A mi abuela Antonia y sobrina Danira Yaitza, quienes con su alegría me motivaron a cumplir mis sueños.

Marisabel

A mis padres Brigida y Aniceto, quienes impulsan mi vida, por ser mi motivación, más que nada, por su amor que me brindan.

A mis hermanos, por creer en mí, porque son paradigmas de superación, motivación para cumplir mis metas.

A mis amigos por las experiencias vividas y por estar siempre presentes.

Marianela

AGRADECIMIENTO

A Dios por otorgarnos paciencia y constancia, que hizo que culminemos con esta investigación.

A nuestra alma máter Universidad Nacional de Huancavelica, por formar profesionales competentes.

A nuestro asesor, M. Sc. Ing. Marco Antonio López Barrantes, por su valiosa guía, por sus aportes y su rigor, que fueron clave para realizar una satisfactoria investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica, por el impulso a buscar nuevos conocimientos para el desarrollo de nuestra vida profesional.

A los profesionales encargados de los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica, por su disponibilidad, apoyo y colaboración en la etapa de ejecución de nuestra investigación.

A nuestros padres, hermanos y familia en general por su motivación e inquebrantable confianza hacia nosotras, para la culminación de nuestra investigación.

A nuestros amigos, compañeros y todas las personas que contribuyeron en la ejecución de la investigación, compartiendo sus conocimientos, experiencias y por sus palabras de aliento.

Las tesis

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
TÍTULO	iii
AUTORES	iv
ASESOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
TABLA DE CONTENIDO	viii
TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS	xi
TABLA DE CONTENIDO DE GRÁFICAS	xv
TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I.....	22
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.1. Descripción y formulación del problema	22
1.2. Formulación del problema	23
1.2.1. Problema general.....	23
1.2.2. Problemas específicos.....	23
1.3. Objetivos.....	23
1.3.1. Objetivo general	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
1.4. Justificación	23

1.5. Limitaciones	25
CAPÍTULO II	26
MARCO TEÓRICO	26
2.1. Antecedentes	26
2.1.1. Antecedentes internacionales	26
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	35
2.1.3. Antecedentes locales	41
2.2. Bases teóricas	45
2.2.1. Concreto	45
2.2.2. Agregados.....	49
2.2.3. Resistencia del concreto	50
2.2.4. Neumático.....	56
2.3. Bases conceptuales.....	65
2.3.1. Propiedades del neumático triturado	65
2.3.2. Usos en la construcción	68
2.3.3. Resistencia a flexión en vigas de concreto	69
2.4. Definición de términos	70
2.5. Hipótesis	78
2.5.1. Hipótesis general.....	78
2.5.2. Hipótesis específicos	78
2.6. Variables.....	78
2.7. Operacionalización de variables	79
CAPÍTULO III.....	80
MATERIALES Y MÉTODOS.....	80
3.1. Ámbito de estudio	80
3.2. Tipo de investigación.....	80

3.3.	Nivel de investigación	81
3.4.	Método de investigación.....	81
3.5.	Diseño de investigación	81
3.6.	Población, muestra y muestreo	82
3.6.1.	Población	82
3.6.2.	Muestra.....	82
3.6.3.	Muestreo	83
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	83
3.7.1.	Técnicas de recolección de datos	83
3.7.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	84
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	85
CAPÍTULO IV		91
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		91
4.1.	Presentación de resultados	91
4.1.1.	Ensayos de laboratorio.....	92
4.1.2.	Resistencia a la compresión (NTP-339.034:2008).....	103
4.1.3.	Resistencia a la flexión (NTP 339.079:2012)	106
4.2.	Prueba de hipótesis.....	112
4.2.1.	Contrastación de la hipótesis general y específica.....	112
4.2.2.	Prueba de hipótesis para fuerza máxima, desplazamiento máximo y resistencia a flexión.	115
4.3.	Discusión de resultados	136
CONCLUSIONES.....		141
RECOMENDACIONES.....		143
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		144
APÉNDICE		147

TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS

Tabla 1: Operacionalización de variables dependientes e independientes.	79
Tabla 2: Muestras con adición de neumático triturado en porcentajes controlados.....	83
Tabla 3: Análisis granulométrico del agregado fino.....	92
Tabla 4: Límites granulométricos para el agregado fino.	93
Tabla 5: Verificación de límites de porcentajes que pasa para agregado fino... 	93
Tabla 6: Análisis granulométrico del agregado grueso.	95
Tabla 7: Límites granulométricos para el agregado grueso.....	95
Tabla 8: Verificación de límites de porcentajes que pasa para agregado grueso.	96
Tabla 9: Contenido de humedad del agregado fino.	98
Tabla 10: Contenido de humedad del agregado grueso.	98
Tabla 11: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	99
Tabla 12: Peso unitario suelto y compacto del agregado grueso.	100
Tabla 13: Datos del peso específico del agregado fino.....	101
Tabla 14: Resultados de peso específico y absorción del agregado fino.	101
Tabla 15: Datos del peso específico del agregado grueso.	102
Tabla 16: Resultados de peso específico y absorción del agregado grueso.....	102
Tabla 17: Resultados de rotura de probetas cilíndricas de muestra patrón (sin adición de neumático triturado).	103
Tabla 18: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 5% de neumático triturado.	103
Tabla 19: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 10% de neumático triturado.	104
Tabla 20: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 15% de neumático triturado.	104
Tabla 21: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 20% de neumático triturado.	105
Tabla 22: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 30% de neumático triturado.	105

Tabla 23: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 50% de neumático triturado.	106
Tabla 24: Muestra patrón 0% (sin adición de neumático triturado).	108
Tabla 25: Módulo de rotura de muestra patrón 0% (sin adición de neumático triturado).	108
Tabla 26: Muestra 5% (con adición de neumático triturado).	109
Tabla 27: Módulo de rotura de muestra 5% (con adición de neumático triturado).	109
Tabla 28: Muestra 10% (con adición de neumático triturado).	110
Tabla 29: Módulo de rotura de muestra 10% (con adición de neumático triturado).	110
Tabla 30: Muestra 15% (con adición de neumático triturado).	111
Tabla 31: Módulo de rotura de muestra 15% (con adición de neumático triturado).	111
Tabla 32 Resumen de fuerza máxima, desplazamiento máximo y resistencia a flexión.	112
Tabla 33: Prueba de normalidad.	113
Tabla 34: Resultados de fuerza máxima en muestra patrón al 0%, muestra experimental al 5%, 10% y 15%.	115
Tabla 35: Estadística de grupo - fuerza máxima (0% - 5%).	115
Tabla 36: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - fuerza máxima (0% - 5%).	115
Tabla 37: Igualdad de varianza - fuerza máxima (0% - 5%).	116
Tabla 38: Prueba T de Student - fuerza máxima (0% - 5%).	116
Tabla 39: Estadística de grupo - fuerza máxima (0% - 10%).	116
Tabla 40: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - fuerza máxima (0% - 10%).	117
Tabla 41: Igualdad de varianza - fuerza máxima (0% - 10%).	117
Tabla 42: Prueba T de Student - fuerza máxima (0% - 10%).	117
Tabla 43: Estadística de grupo - fuerza máxima (0% - 15%).	118
Tabla 44: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - fuerza máxima (0% - 15%).	118

Tabla 45: Igualdad de varianza - fuerza máxima (0% - 15%).	118
Tabla 46: Prueba T de Student - fuerza máxima (0% - 15%).	119
Tabla 47: Resumen de pruebas T de Student - fuerza máxima (muestra patrón al 0%, muestra experimental al 5%, 10 y 15%).	120
Tabla 48: Resultados del desplazamiento máximo en muestra patrón al 0%, muestra experimental al 5%, 10% y 15%.	122
Tabla 49: Estadística de grupo - desplazamiento máximo (0% - 5%).	122
Tabla 50: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - desplazamiento máximo (0% - 5%).	123
Tabla 51: Igualdad de varianza - desplazamiento máximo (0% - 5%).	123
Tabla 52: Prueba T de Student - desplazamiento máximo (0% - 5%).	123
Tabla 53: Estadística de grupo - desplazamiento máximo (0% - 10%).	124
Tabla 54: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - desplazamiento máximo (0% - 10%).	124
Tabla 55: Igualdad de varianza - desplazamiento máximo (0% - 10%).	124
Tabla 56: Prueba T de Student - desplazamiento máximo (0% - 10%).	125
Tabla 57: Estadística de grupo - desplazamiento máximo (0% - 15%).	125
Tabla 58: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - desplazamiento máximo (0% - 15%).	125
Tabla 59: Igualdad de varianza - desplazamiento máximo (0% - 15%).	126
Tabla 60: Prueba T de Student - desplazamiento máximo (0% - 15%).	126
Tabla 61: Resumen de pruebas T de Student - desplazamiento máximo (muestra patrón 0% y muestra experimental al 5%, 10 y 15%).	127
Tabla 62: Resultados del resistencia a flexión en muestra patrón al 0%, muestra experimental al 5%, 10% y 15%.	129
Tabla 63: Estadística de grupo - resistencia a flexión (0% - 5%).	130
Tabla 64: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - resistencia a flexión (0% - 5%).	130
Tabla 65: Igualdad de varianza - resistencia a flexión (0% - 5%).	130
Tabla 66: Prueba T de Student - resistencia a flexión (0% - 5%).	131
Tabla 67: Estadística de grupo - resistencia a flexión (0% - 10%).	131

Tabla 68: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - resistencia a flexión (0% - 10%).	131
Tabla 69: Igualdad de varianza - resistencia a flexión (0% - 10%).	132
Tabla 70: Prueba T de Student - resistencia a flexión (0% - 10%).	132
Tabla 71: Estadística de grupo - resistencia a flexión (0% - 15%).	132
Tabla 72: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - resistencia a flexión (0% - 15%).	132
Tabla 73: Igualdad de varianza – resistencia a flexión (0% - 15%).	133
Tabla 74: Prueba T de Student – resistencia a flexión (0% - 15%).	133
Tabla 75: Resumen de pruebas T de Student - resistencia a flexión (muestra patrón 0% y muestra experimental al 5%, 10 y 15%).	134
Tabla 76: Resumen de resultados de fuerza máxima (0%, 5%, 10% y 15%).	137
Tabla 77: Resumen de resultados de desplazamiento máximo (0%, 5%, 10% y 15%).	138
Tabla 78: Resumen de resultados de resistencia a flexión (módulo de rotura).	138
Tabla 79: Resistencia a flexión de muestra patrón y muestras experimentales.	141
Tabla 80: Fuerza máxima de muestra patrón y muestras experimentales.	142
Tabla 81: Desplazamiento máximo de muestra patrón y muestras experimentales.	142

TABLA DE CONTENIDO DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Representación gráfica de un espécimen apropiado para el experimento a flexión en concreto conforme al método de carga en el punto medio.	54
Gráfico 2: Carga en punto medio de la viga.	54
Gráfico 3: Esquema metodológico.	86
Gráfico 4: Curva granulométrica del agregado fino.	94
Gráfico 5: Curva granulométrica del agregado grueso.	97
Gráfico 6: Fuerza máxima Vs % de adición de neumático triturado.	137
Gráfico 7: Desplazamiento Vs % de adición de neumático triturado.	138
Gráfico 8: Resistencia a flexión (módulo de rotura) Vs % de adición de neumático triturado.	139

TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1: Rotura de probetas cilíndricas de muestra patrón, muestra de 5%,10%,15%,20%,30% y 50% con adición de neumático triturado.....	153
Figura 2: Encofrados de madera para vigas de concreto.	153
Figura 3: Vaciado de vigas de concreto.....	154
Figura 4: Curado de veinte vigas de concreto.	154
Figura 5: Traslado de vigas de concreto.	155
Figura 6: Ensayo de flexión de vigas de concreto.	155
Figura 7: Viga 01, muestra patrón elaborado sin adición.....	156
Figura 8: Rotura de viga 01, muestra patrón elaborado sin adición.	156
Figura 9: Viga 05, muestra patrón elaborado sin adición.....	157
Figura 10: Rotura de viga 05, muestra patrón elaborado sin adición.	157
Figura 11: Viga 01, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.....	158
Figura 12: Rotura de viga 01, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.....	158
Figura 13: Viga 05, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.....	159
Figura 14: Rotura de viga 05, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.....	159
Figura 15: Viga 01, elaborado con adición del 10% de neumático triturado... 	160
Figura 16: Rotura de viga 01, elaborado con adición del 10% de neumático triturado.....	160
Figura 17: Viga 05, elaborado con adición del 10% de neumático triturado... 	161
Figura 18: Rotura de viga 05, elaborado con adición del 10% de neumático triturado.....	161
Figura 19: Viga 01, elaborado con adición del 15% de neumático triturado... 	162
Figura 20: Rotura de viga 01, elaborado con adición del 15% de neumático triturado.....	162
Figura 21: Viga 05, elaborado con adición del 15% de neumático triturado... 	163
Figura 22: Rotura de viga 05, elaborado con adición del 15% de neumático triturado.....	163

RESUMEN

El objetivo de la investigación es determinar la influencia de las propiedades del neumático triturado en la resistencia a flexión en vigas de concreto.

Se empezó con la caracterización de las propiedades del neumático triturado, agregado fino y grueso, a través de ensayos de laboratorio; obtenidos los resultados, diseñamos una mezcla óptima para una sollicitación de 210 kg/cm^2 en conformidad a los procedimientos establecidos en la norma del Instituto Americano del Concreto (ACI), posteriormente se procede a sustituir al agregado fino con porcentajes controlados de neumáticos triturados en 5%, 10%, 15%, 20%, 30% y 50 %, para ser evaluadas en probetas cilíndricas (5 muestras de cada uno) sometidas a esfuerzo de compresión. De la misma manera, se elaboró 20 vigas rectangulares de dimensiones (0.25cmx0.25cmx0.80cm), distribuidas de la siguiente manera: 5 vigas sin adición de neumático triturado 0% que representa nuestra muestra patrón, 5 vigas con 5% de adición de neumático triturado, 5 vigas con 10% de adición de neumático triturado y 5 vigas con 15% de adición de neumático triturado, la adición de 5%, 10% y 15% de neumático triturado, corresponden a la sustitución en el agregado fino, una vez alcanzado su maduración en el período de 28 días, se sometieron al ensayo de resistencia a flexión.

Mediante la prueba de hipótesis, se determinaron que el grado de significancia en las muestras (MP – ME) es 0.001 para una muestra experimental con adición del 5% de triturado de neumático; 0.000000007 para una muestra experimental con adición del 10% de triturado de neumático y 0.0000000000039 para una muestra experimental con adición del 15% de triturado de neumático, en todos los casos los valores son inferiores a α , por lo tanto rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis de la investigación (H_1), la cual indica lo siguiente: **“Las propiedades del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión en vigas de concreto”**.

Palabras clave: influencia, neumático triturado, resistencia a la compresión, resistencia a flexión y viga de concreto.

ABSTRACT

The objective of the investigation is to determine the influence of the properties of the shredded tire on the flexural resistance of concrete beams.

It began with the characterization of the properties of the crushed tire, fine and coarse aggregate, through laboratory tests; Once the results were obtained, we designed an optimal mix for a request of 210 kg/cm^2 in accordance with the procedures established in the American Concrete Institute (ACI) standard, later we proceed to replace the fine aggregate with controlled percentages of tires crushed in 5%, 10%, 15%, 20%, 30% and 50%, to be evaluated in cylindrical specimens (5 samples of each one) subjected to compressive stress. In the same way, 20 rectangular beams of dimensions (0.25cmx0.25cmx0.80cm) were made, distributed as follows: 5 beams without addition of 0% shredded tire, which represents our standard sample, 5 beams with 5% addition of crushed tire, 5 beams with 10% addition of crushed tire and 5 beams with 15% addition of crushed tire, the addition of 5%, 10% and 15% of crushed tire, correspond to the substitution in the fine aggregate, one once they reached maturity in a period of 28 days, they were subjected to the flexural strength test.

Through the hypothesis test, it was determined that the degree of significance in the samples (MP - ME) is 0.001 for an experimental sample with the addition of 5% shredded tire; 0.000000007 for an experimental sample with the addition of 10% shredded tire and 0.000000000039 for an experimental sample with the addition of 15% shredded tire, in all cases the values are less than α , therefore we reject the null hypothesis (H_0) and we accept the research hypothesis (H_1), which indicates the following: "The properties of the shredded tire significantly influence the flexural strength of concrete beams."

Keywords: influence, shredded tire, compressive strength, flexural strength and concrete beam.

INTRODUCCIÓN

Una tasa constante de crecimiento del sector de la construcción, ha provocado incontables daños medioambientales, sumando a este problema encontramos algo mayor que es el crecimiento de desechos de neumáticos debido al aumento de vehículos, por lo que, necesariamente debe existir opciones de prácticas sostenibles, para ayudar a disminuir la degradación ambiental que día a día incrementa perjudicialmente.

En este escenario, el uso de concreto elaborado a partir de materiales reciclados permitirá una importante optimización y reducción notable de recursos a lo largo del proceso de fabricación de los componentes, en este contexto, el estudio desarrollado evalúa la viabilidad de incorporar residuos provenientes de neumáticos como materiales para la elaboración de concreto. De este modo, el material de desecho puede ser un sustituto parcial del agregado fino en el concreto.

En la ciudad de Huancavelica no hay investigaciones sobre la inclusión, adición de neumático triturado reciclado en concreto, por ello, surge la idea de adicionar triturado de neumáticos reciclados para la elaboración de concretos.

Nuestra investigación, estudia los valores de resistencia a flexión de concreto adicionado con triturado de neumático reciclado; con el fin, de obtener valores mayores en la resistencia a flexión con respecto a la resistencia a flexión de concreto sin adición de neumático triturado (muestra patrón).

La presente investigación tiene como fin realizar un análisis comparativo de concreto adicionado con triturado de neumático reciclado, en porcentajes controlados frente a un concreto patrón.

Hoy en día es una obligación reconocer que los recursos naturales no renovables se están agotando, por ello, nace la razón que nos motivó ha aprovechar la utilización de productos reciclados en la elaboración de nuevos materiales de construcción, y continuar produciendo obras de infraestructura de buena calidad, que con opciones distintas a lo tradicional se puedan lograr. Para lo cual, los nuevos

ofrecimientos que aparecen a escala internacional, al principio se enfrentarán a superar, el cómo deberán ser evaluadas. Las normas que existen en la actualidad, solo define condiciones y especificaciones de cómo evaluar un material en particular, pero, para poder analizar los materiales alternativos, estas normas y formas, no pueden ser usadas de la misma manera.

La investigación tiene como objetivo, incorporar el material obtenido posterior a un proceso de trituración de neumático reciclado en el proceso de elaboración de concretos u hormigón, con el fin de precisar sus peculiaridades, características y comportamiento a esfuerzos de flexión, para tal efecto se han evaluado en total 35 probetas cilíndricas de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 30% y 50 % de adición con neumático triturado para ser sometidas a ensayos de compresión, de igual forma, se han evaluado 20 probetas rectangulares de 0%, 5%, 10% y 15% para ser sometidas a ensayos de flexión.

La investigación abarca cuatro capítulos que son imprescindibles y se detalla de la siguiente forma:

Capítulo I. **Planteamiento del problema:** describimos y formulamos el problema principal, planteamos los objetivos general y específicos, de igual forma justificamos la parte fundamental de nuestra investigación y posterior a todo ello se da a conocer las limitaciones que en su momento dificultó el desarrollo de nuestra investigación (tesis).

Capítulo II. **Marco teórico:** se toma en consideración los fundamentos teóricos de la investigación, de tal forma partimos desde los antecedentes encontrados a nivel internacional, nacional y local; se sustentan bases teóricas, que son necesarios para contar con un enfoque preciso y así explicar los problemas que nos planteamos en esta tesis; de igual forma, en este capítulo encontramos las bases conceptuales de la investigación, bases tomadas a través de revisiones bibliográficas que son directamente relacionadas a nuestras variables; seguidamente se definen términos básicos involucrados a nuestra investigación, presentamos las hipótesis, variables y operacionalización de variables que son partes esenciales del estudio realizado.

Capítulo III. **Materiales y métodos:** el ámbito de estudio forma parte de este capítulo; de igual modo se desarrolló la metodología de la investigación que se rige científicamente, para identificar el tipo, nivel, método de investigación, para elegir el diseño de investigación; también, damos énfasis en este capítulo al estudio de población, muestra y muestreo de nuestra investigación, y por último encontramos las técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo IV. **Discusión de resultados:** Encontramos la presentación de resultados, que engloba ensayos realizados en los laboratorios, para la obtención de la caracterización de propiedades del agregado fino, grueso y neumático triturado; de igual forma se presenta el análisis de prueba de hipótesis; finalmente la discusión de resultados basados en los métodos estadísticos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

Actualmente, los neumáticos que están fuera de uso son reciclados para pasar por el proceso de trituración y así darle diversos usos en la rama o industria de la construcción, como en el relleno ligero de terraplenes, aprovechamiento de superficies para balsas de almacenamiento e infiltración, construcción de taludes, aplicación en ingeniería de vertederos, protección del revestimiento impermeable, material de drenaje, entre otros. Sin embargo, como parte de elementos estructurales aún no se ha evidenciado estudios, ni mucho menos se conoce su aplicación en el Perú.

Por ello, nace el interés de demostrar experimentalmente la proporción óptima que se debe adicionar a la mezcla del concreto u hormigón para alcanzar solicitaciones mayores en elementos estructurales, sujetos a esfuerzos de flexión.

Por todo lo mencionado, resulta innovador para nosotras realizar esta investigación, desarrollando el estudio sobre la influencia de su comportamiento de las propiedades o peculiaridades del neumático triturado reciclado, adicionando el mismo en la mezcla de concreto u hormigón en elementos estructurales y sujetos a esfuerzos de flexión, de esa forma verificaremos si la nueva mezcla con triturado de neumático reciclado es ventajosa para una estructura de concreto, que cumpla con los parámetros estipulados en la Norma Técnica Peruana y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

A partir de ello, podremos identificar el comportamiento de la adición del nuevo elemento (triturado de neumáticos reciclados) en especímenes estructurales sujetos a esfuerzos de flexión.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera influye las propiedades del neumático triturado en la resistencia a flexión en vigas de concreto?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera influye las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado en la fuerza máxima en vigas de concreto?
- ¿De qué manera influye las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado en el desplazamiento máximo en vigas de concreto?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de las propiedades del neumático triturado en la resistencia a flexión en vigas de concreto.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado en la fuerza máxima en vigas de concreto.
- Determinar la influencia de las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado en el desplazamiento máximo en vigas de concreto.

1.4. Justificación

Esta investigación es justificable técnicamente, puesto que basados a los resultados; se podrá identificar que las proporciones óptimas de adición de un nuevo elemento (triturado de neumático reciclado), permita obtener

solicitaciones superiores a lo convencional, y saber cómo será su comportamiento del elemento estructural (vigas rectangulares) sujeto a flexión.

Esta investigación es justificable socialmente, ya que de obtener resultados esperados a través de la incorporación del nuevo elemento (neumático triturado reciclado), se podría recomendar la masificación como un componente en elementos estructurales, por consiguiente tendríamos un impacto positivo en la mitigación ambiental dado que propiciaríamos la reutilización de estos elementos.

La viabilidad de la presente investigación, se respalda por contar, con materiales y equipos imprescindibles para la ejecución de los ensayos. Los mismos que serán realizados en los Laboratorios de Geotecnia (mecánica de suelos), tecnología del concreto, tecnología de los materiales, estructuras y antisísmica, las mismas que pertenecen a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, también es viable, ya que el material objeto de estudio es sumamente abundante, dado el desequilibrado crecimiento del parque automotor, y las políticas que actualmente se han implementado en lo que respecta a mitigación del impacto ambiental, que impulsan la reducción, el reciclaje y la reutilización.

Además de ello, es viable económicamente, ya que se empleará elementos (neumático triturado) que en definitiva proviene del reciclaje de neumáticos de vehículos.

Esta investigación se justifica por ser relevante, ya que, a través de la incorporación del triturado de neumático reciclado al concreto u hormigón, reduciría la contaminación ambiental, reduciría el costo de producción del concreto u hormigón y de demostrar nuestra hipótesis mejoraría el comportamiento de elementos estructurales frente a solicitaciones de flexión.

Así mismo, mediante la realización de la presente investigación se contribuirá al cuidado del medio ambiente, propiciando la reutilización de elementos contaminantes y de difícil degradación en nuestro entorno y su

aprovechamiento en elementos estructurales para mejorar su comportamiento frente a esfuerzos a flexión.

1.5. Limitaciones

- La investigación presenta como mayor limitante, por simple hecho, de no contar con antecedentes que hagan referencia al estudio del neumático triturado reciclado, mucho menos de su adición y análisis de su comportamiento en elementos estructurales para edificaciones.
- No se cuenta con laboratorio especializado para realizar estudios de otros elementos nuevos que se puedan adicionar al concreto u hormigón.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En este punto precisamos síntesis de investigaciones previas al estudio que hemos realizado, que son de nivel internacional, nacional y local; estos son de ayuda y guía para direccionar nuestra investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales

A continuación, se citan investigaciones de origen internacional que resultan relevantes para nuestra tesis:

a) Paredes, (2021), sustenta la tesis: **“Análisis de concreto adicionado con residuos de llanta de caucho para la elaboración de prefabricados para urbanismo”**, en la Universidad Militar Nueva Granada – Bogotá, sosteniendo como objetivo general: Determinar la viabilidad técnica de la mezcla de concreto con reemplazo parcial de agregado fino, por residuos de llantas de caucho para la elaboración de prefabricados en obras de urbanismo y con el fin de minimizar el impacto ambiental. Paredes precisó las conclusiones según los siguientes detalles:

1. Debido la escasa absorción del caucho en relación con la absorción de la arena a la que sustituye, el caucho produce un aumento del asentamiento.
2. La tasa de variación del asentamiento es de 0.75 mm por acrecentamiento unitario de porcentaje de caucho. Debido al incremento de fluidez en la mezcla con el agregado de caucho, los vacíos se reducen en inferiores proporciones hasta establecerse en un punto de inflexión siempre mayor al 10%, disminuye la resistencia del concreto, al tener mayor relación agua – material cementante.

3. Existe un enlace entre la resistencia a la compresión y el contenido de aire obstruido en la mezcla cuando se sustituye parcialmente el árido fino. Aun cuando exista una ligera disminución del 8% en la resistencia a la compresión se podrá estimar como despreciable si se hacen ajustes de diseño que equilibre ese 8 %.
 4. El descenso de resistencia a la compresión puede ser ocasionado por el acrecentamiento de relación A/C ya que el árido fino que absorbía líquido ya no lo hace al ser suplirse por el caucho. Al ejercer la resistencia a la flexión al caucho mezclado con el concreto, se obtiene como resultado un elevado impacto negativo lo que restringirá emplear el porcentaje del caucho a mínimas proporciones con el propósito de moderar el riesgo de los proyectos que requieren buenas resistencias de flexión.
 5. Conforme al reglamento colombiano de sismo resistencia del 2010 el uso de hormigón solo se restringe para resistencias mayores a 19 MPa y tal como se precisa en la investigación, la resistencia puede ser adecuada en el diseño si se toma en consideración la disminución provocada por el caucho, por tanto decimos que este tipo de concreto se dará uso sin ningún problema para estructuras que no exijan esfuerzos elevados, a lo mejor hasta un máximo de 25 MPa de resistencia.
- b) Acosta, (2018), sustenta la tesis: **“Análisis de las características mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con partículas de caucho de neumáticos reciclados y su incidencia en las propiedades mecánicas”**, en la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador, como fin general es: Examinar el análisis de las características mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con partículas de caucho de neumáticos reciclados y su incidencia en las propiedades mecánicas; los resultados obtenidos son los siguientes:

1. Se examinó la procedencia del material en composición para dicha propiedad mecánica promedio en función de la granulometría y la concentración volumétrica de las partículas de caucho de cada ensayo. En las propiedades a flexión, a medida que aumenta el contenido de partículas de caucho de neumáticos reciclados disminuye el esfuerzo máximo de flexión y módulo de elasticidad de flexión para los tres tamaños de granulometría (G1, G2 y G3). En las propiedades a compresión, a medida que aumenta el contenido de partículas de caucho de neumáticos reciclados, disminuye el esfuerzo máximo de compresión, el esfuerzo de fluencia y módulo de elasticidad de compresión para dos tamaños de granulometría, G2 y G3; estas propiedades para la granulometría G1 presentan un comportamiento creciente decreciente, es decir, las propiedades mecánicas del compuesto aumentan su valor al incrementar el contenido de las partículas de caucho de 30% a 35%, pero disminuyen al incrementa su contenido a 40% . Los valores de dureza presentan un comportamiento pérdida-ganancia para los tres tamaños de granulometría (G1, G2 y G3), es decir, el material compuesto pierde dureza al incrementar el contenido de las partículas de caucho de 30% a 35%, pero gana dureza al incrementa su contenido de 35% a 40%. • Se determinó por ponderación de los datos promedio que el mejor grupo con las mejores propiedades mecánicas fue la configuración con concentración volumétrica del 30% partículas de caucho de granulometría G1 y 70% resina poliéster: esfuerzo máximo de flexión de 13,16 *MPa*, módulo de elasticidad de flexión de 425,46 *MPa*, deformación máxima de 3,21%, esfuerzo máximo de compresión de 7,49 *MPa*, esfuerzo de fluencia de 1,94 *MPa*, módulo de elasticidad de compresión de 37,40 *MPa* , deformación por compresión de 20,29%, y dureza de 17,01 Rockwell.
2. Por medio de una comprobación de la hipótesis se decidió que la inclusión de partículas de caucho de neumáticos reciclados en una

matriz de resina poliéster inciden negativamente en las propiedades mecánicas como: esfuerzos máximos de flexión y compresión, los módulos de elasticidad de flexión y compresión, y dureza, ya que estas disminuyen significativamente. También, se determinó que incide positivamente en la de deformación, ya que soportaron mayores deformaciones tanto a flexión y compresión. Además, las partículas de caucho no influyeron en la característica mecánica de esfuerzo de fluencia debido a que no se obtuvo una diferencia significativa entre el esfuerzo de fluencia del material compuesto y el material de matriz pura.

3. Se analizó el comportamiento del material compuesto para cada propiedad mecánica promedio en función de la granulometría y la concentración volumétrica de las partículas de caucho de cada ensayo. En las propiedades a flexión, a medida que aumenta el contenido de partículas de caucho de neumáticos reciclados disminuye el esfuerzo máximo de flexión y módulo de elasticidad de flexión para los tres tamaños de granulometría (G1, G2 y G3). En las propiedades a compresión, a medida que aumenta el contenido de partículas de caucho de neumáticos reciclados disminuye el esfuerzo máximo de compresión, el esfuerzo de fluencia y módulo de elasticidad de compresión para dos tamaños de granulometría, G2 y G3; éstas propiedades para la granulometría G1 presentan un comportamiento creciente decreciente, es decir, las propiedades mecánicas del compuesto aumentan su valor al incrementar el contenido de las partículas de caucho de 30% a 35%, pero disminuyen al incrementa su contenido a 40% . Los valores de dureza presentan un comportamiento pérdida-ganancia para los tres tamaños de granulometría (G1, G2 y G3), es decir, el material compuesto pierde dureza al incrementar el contenido de las partículas de caucho de 30% a 35%, pero gana dureza al incrementa su contenido de 35% a 40%.

c) Luján, (2018), sustenta la tesis: **“Análisis del comportamiento de paneles prefabricados no estructurales de hormigón con inclusión de fibra de caucho reciclado de neumáticos fuera de uso (NFU)”**, en Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Ecuador. Logrando los resultados como sigue:

1. La aplicación de fibra de caucho de neumáticos fuera de uso en la producción del hormigón, ayuda a reducir el impacto ambiental provocado por estos desechos; por tal motivo es importante el uso de este elemento, por tener la capacidad de mitigar los efectos nocivos para la sociedad.
2. La inclusión de fibra de caucho en el hormigón, ayuda a la disminución de causar fisuras en los elementos de concreto.
3. Se comprobó que, al determinar la resistencia a la compresión del hormigón, la porción óptima de reemplazo en el agregado fino por la fibra de caucho de procedencia de los neumáticos fuera de uso es el 17 %.
4. La preparación de hormigón con la integración de las fibras de caucho provocan la disminución en el peso para luego aprovechar la reducción de la masa en la superestructura.
5. A medida que se va aplicando mayor cantidad de fibras procedentes de cauchos fuera de uso hacia la elaboración del hormigón, se puede observar que el módulo de elasticidad tiende a disminuir.
6. Se realizó la respectiva comparación, de un hormigón normal o convencional con un hormigón elaborado con inclusión de fibras con procedencia de cauchos fuera de uso, agregando en un 15 % dicho material mencionado líneas arriba; por la cual se obtuvo como efecto la reducción en su módulo de elasticidad en un 7.9 %, todo ello respecto al hormigón normal o convencional.

7. La proporción óptima de fibra proveniente de cauchos fuera de uso que es integrado en la elaboración de hormigón, con el que los paneles no estructurales resisten a la flexión debe ser en porciones controladas del 15 %.
 8. Los paneles de hormigón que son fabricados con la inserción de fibras aprovechadas de cauchos reciclados, exponen un incremento del 9 % de la resistencia a flexión.
 9. Los paneles no estructurales de hormigón con incorporación de fibras de caucho en un 15 %, tienen el efecto de reducir el peso en un porcentaje de 7.09 %, con respecto a la relación con los paneles elaborados con hormigón normal o tradicional.
 10. Para la instalación de cada tapa que son conformadas por el panel con inserción de fibra de caucho, se necesita de dos personas, todo ello para tener una adecuada colocación.
 11. Una vez adquiridas los datos decisivos de las pruebas realizadas a compresión a ejemplares cilíndricos de hormigón y pruebas sometidas a flexión de los paneles estructurales, se concluye que el porcentaje óptimo de reemplazo de arena por la fibra de caucho de los neumáticos fuera de uso es el 16 %.
 12. El objetivo del acabado de paletado o liso de los paneles no estructurales, tiende a la disminución de los costos en la construcción de los mismos.
 13. Existe una notoria disminución en los costos del hormigón tradicional o normal; si se elabora hormigones con la fibra de caucho provenientes de neumáticos fuera de uso, si dicho material es reemplazado al agregado grueso.
- d) Rodríguez y Villalba, (2015-2016), sustenta la tesis: **“Análisis a flexión en vigas de concreto armado, compuestas de hormigón modificado**

con fibrillas recicladas de neumático, y su influencia en la cuantía de acero en un hormigón estructural de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.”, en Universidad Nacional de Chimborazo – Riobamba - Ecuador. Llegando a las siguientes conclusiones:

1. El hormigón modificado con fibrillas elastoméricas influyen en una viga de concreto armado mediante el mejoramiento de algunas de sus características mecánicas como: el incremento de la ductilidad del hormigón, mayor capacidad de adherencia hormigón-acero que, en un hormigón convencional, un buen comportamiento postfisuración del hormigón mediante el control de las grietas en intervalos de tiempo prolongados, resistencia de altas cargas a flexión y deformaciones mayores.
 2. En los actuales códigos de diseño, la resistencia a la flexión del hormigón no se encuentra en las consideraciones de cálculo debido a su conducta frágil ante estas cargas; con la incorporación de la fibrilla elastomérica la resistencia a cargas de flexión incrementa, de tal manera que esta propiedad del hormigón puede ser considerada como un parámetro de diseño.
 3. En la actualidad, la utilización de las fibrillas de neumático como material reciclable en la construcción, no representa una economía, ya que en la localidad no se cuenta con proyectos y normativas encaminadas al reciclaje y reutilización de los neumáticos fuera de uso, y en el campo de la construcción es totalmente inexistente un proceso industrializado que permita producir fibras de determinadas características para su aplicación en hormigón estructural, debido a que este tema continúa en investigación.
- e) Castro, (2010), sustenta la tesis: **“Análisis mecánico para estructuras de retención hechas con llantas de desecho”**, en Universidad de Costa Rica – Costa Rica. Llegando a las siguientes conclusiones:

1. Se planteó una propuesta metodológica para el diseño de muros con llantas de desecho, procurando la extrapolación a otros de tipos de suelo no estudiados por el momento.
2. Al considerar los elementos constitutivos del muro, se determinó que el material más débil es la cuerda de nylon, este elemento gobierna los parámetros de diseño y determina la estabilidad interna del muro, tanto en el ámbito de la resistencia como en la deformación por su alta capacidad de elongación.
3. Al analizar la resistencia al cortante, la interfase suelo-llanta es más débil que la interfase suelo-suelo. Por esta razón el diseño del muro debe realizarse para una envolvente de resistencia suelo-llanta.
4. El presente trabajo únicamente obtuvo una ecuación envolvente para suelo-llanta debido a lo novedoso y especializado del ensayo requerido, el autor recomienda utilizar los resultados de la prueba de corte directo reducidos en un 35 % para extrapolar la experiencia a otros tipos de suelo.
5. La cuerda de nylon como elemento de amarre, no presenta un comportamiento creciente en cuanto a su capacidad de carga por unidad de área. Al aumentar el diámetro el esfuerzo resistente disminuye. El autor recomienda el uso de una cuerda de 12.70 mm como diámetro más adecuado para la construcción de un muro de llantas, por su resistencia y por su facilidad de manipulación.
6. La interfase llanta-cuerda muestra el desarrollo completo de la resistencia de la cuerda en tensión. Esta alcanza su punto de falla sin presentar problemas de corte o estrangulamiento al utilizar un nudo tipo gaza.
7. La llanta de desecho como material constructivo es el más resistente de los tres utilizados. Las pruebas de falla a tensión indican un valor

promedio superior a las 3 toneladas. Esto hace que sea un refuerzo a la tensión muy eficiente.

- f) Aguado, (2010), sustenta la tesis: **“Reciclado de neumáticos para la fabricación de láminas impermeabilizantes en la construcción”**, en Universidad Politécnica de Madrid - España. Llegando a las siguientes conclusiones:

LÁMINAS ASFÁLTICAS (Incorporación de polvo de NFU's)

1. Se puede utilizar la granza de caucho recuperado de neumático para hacer láminas impermeabilizantes bituminosas, sustituyendo parte del elastómero por el SBR.
2. El tamaño de la granza que mejor comportamiento tiene, tanto en máquina como en producto final, es el de 400 μ – 600 μ , preferiblemente el de 400 μ .
3. El origen de la granza, criogénico o mecánico, no influye apenas en las características finales del producto.
4. El producto obtenido tiene mejor comportamiento a la luz UV y mejor envejecimiento que las láminas impermeabilizantes bituminosas de betún-SBS.
5. Dependiendo de la instalación de la que se disponga, se puede utilizar una formulación con un mayor o menor contenido en SBR.
6. Cuanto mayor es el contenido de SBR mejor es la susceptibilidad térmica de la masa obtenida.
7. El manejo y almacenamiento de la granza de SBR procedente de neumáticos viejos debe ser muy cuidadoso debido al alto poder calorífico que tiene.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Citamos investigaciones de carácter nacional, relacionados a nuestra investigación:

- a) Farfán y Leonardo (2018), en la revista: **“Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante”** en la Universidad Cesar Vallejo Trujillo - Perú, sostuvieron el objetivo principal de evaluar resistencias a compresión y flexión en concreto de 210 Kg/cm² modificado con aditivo plastificante a edades 7, 14 y 28 días, empleando en su composición caucho reciclado de 5, 10 y 15%. Para dicho estudio se tiene las conclusiones, y es como sigue:
1. El promedio óptimo de caucho reciclado para conseguir la resistencia máxima a la compresión del concreto (218.452 Kg/cm²) es del 5%, a los 28 días. El porcentaje óptimo de caucho reciclado para lograr la máxima resistencia a la flexión del concreto (81.861 Kg/cm²) es 10%.
 2. Es probable utilizar caucho reciclado en composición con aditivo plastificante para reintegrar de modo significativo la resistencia mecánica incluso puede ser en un 10%, adicionalmente logra contribuir en la disminución de efectos negativos que ocasionan los desperdicios de caucho en nuestro entorno.
 3. El esfuerzo a la compresión es afectada al reemplazar agregado natural por agregado de caucho de neumáticos en desuso, simplificando alrededor de un 12% para una proporción de reemplazo del 15%. El caucho de llantas de desperdicio se conduce como sobresaliente alternativa de agregado en la preparación de concreto, y puede usarse en estructuras donde hay poca intensidad sísmica.

b) Taboada, (2018), sustenta la tesis: **“Influencia del polímero reciclado de neumáticos y los elementos de mezcla en la optimización de la resistencia a la compresión en unidades de albañilería”**, en Universidad Nacional de Trujillo – Trujillo - Perú. Llegando a las siguientes conclusiones:

1. Al adicionar polímero reciclado del neumático y los factores de mezcla inciden en el esfuerzo a la compresión de las unidades de mampostería al añadir el 2% de polímero reciclado de neumático, 50% de piedra y 38% de árido fino. El aumento superior de concentraciones de polímero aminoran dicha cualidad, con una medición frecuente de agua/cemento.
2. La regresión cúbica fué adoptado como el modelo matemático más acertado para este ejemplar de diseño de mezcla, exponiendo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la resistencia de unidades de mampostería.
3. La composición óptima que concedió extender la resistencia hasta $129,37 \text{ kg/cm}^2$ fué de valores de polímero del 2,4%, piedra en valores máximos del 50,0% y árido fino en valores de 47,6%.

c) Cabanillas, (2017), sustenta la tesis: **“Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado”**, en la Universidad de Cajamarca – Perú, presenta como fin principal: Analizar las características físico mecánico del hormigón procesado con partículas de caucho reciclado, que sustituye a una porción de árido fino, en estado fresco y endurecido; por tanto las conclusiones son:

1. El promedio de decrecimiento en el esfuerzo a la compresión alcanzada a los 28 días, del hormigón diseñado con reemplazo del 10% del árido fino por piezas de caucho reciclado es de 8.47% referente al concreto patrón, el hormigón diseñado con reemplazo del 15% del árido fino por piezas de caucho reciclado es de 38.15%

con respecto al concreto patrón y el hormigón diseñado con reemplazo del 20% del árido fino por piezas de caucho reciclado es de 46.13% en consideración al concreto patrón.

2. La desviaciones típicas de los esfuerzos a la compresión del concreto patrón a los 28 días es de 1.68 kg/cm^2 con un coeficiente de variación de pearson de 0.80%; con sustitución del 10% de árido fino por piezas de caucho reciclado a los 28 días es de 6.89 kg/cm^2 con un coeficiente de variación de pearson de 3.59%; con sustitución del 15% de árido fino por piezas de caucho reciclado a los 28 días es de 4.59 kg/cm^2 con un coeficiente de variación de pearson de 3.55% y con sustitución del 20% de árido fino por piezas de caucho reciclado a los 28 días es de 5.92 kg/cm^2 con un coeficiente de variación de pearson de 5.25%.
 3. La proporción de descenso del módulo de elasticidad del hormigón diseñado con la sustitución de diversos porcentajes del árido fino por piezas de caucho reciclado a los 28 días en cuanto al módulo de elasticidad del concreto patrón es de: 4.66% sobre el concreto elaborado con una sustitución del 10%, un 21.62% con una sustitución del 15% y un 26.87% con una sustitución de 20%.
 4. Al lograr un superior valor de esfuerzo mecánico a la compresión de 191.65 kg/cm^2 , se adquiere una proporción óptima de sustitución de árido fino por caucho reciclado de 10%.
 5. Al sustituir en 10, 15 y 20 % al árido fino con trozos de caucho reciclado se tiene un impacto negativo en el esfuerzo mecánico del concreto.
- d) Guzmán y Guzmán, (2015), sustenta la tesis: **“Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015.”**, en Universidad Nacional del

Santa - Chimbote - Perú. Por consiguiente se da a conocer las conclusiones:

1. Se constata mediante el modelado estructural de una edificación, donde mostró un comportamiento elástico aceptable, por tanto es recomendable usar una sustitución parcial de árido en porcentajes de C5%-FCR-G y C5%-FCR-F, ya que en estas proporciones obtuvo algunas mejoras con respecto a propiedades físicas y mecánicas del concreto; acerca de agregar las proporciones en porcentajes de C15%-FCR y C25%-FCR disminuye las propiedades físicas y mecánicas del concreto, por ende no es recomendable su uso.
2. Realizado los ensayos a los áridos del concreto para la elaboración de la mezcla patrón de acuerdo a la NTP y ASTM, se finaliza que los resultados conseguidos se localizan dentro de los parámetros y límites decretados por las normas ya mencionadas, en consecuencia se puede decir que los agregados se constituyen en elementos idóneos para poder producir los diseños de mezcla irreemplazables para los estudios.
3. En síntesis podemos decir que al elaborar la mezcla patrón de concreto para elegir la resistencia media requerida a una resistencia de diseño a compresión de 210 kg/cm^2 , a 28 días, debe alcanzar 294 kg/cm^2 (conforme al método ACI-211), al no contar con una desviación estándar, se logró una dosificación promedio de 282.7 kg/cm^2 , siendo un diseño suficientemente permisible.
4. De las particularidades físicas del concreto con FCR, se deduce:
 - Se puede decir que el caucho reciclado tuvo un impacto menor en la trabajabilidad y consistencia del hormigón con una tasa de inclusión del 5%, pero, un impacto mucho mayor con una tasa de inclusión del 15%; también se produjo una alteración considerable en el valor del asentamiento.

- No se observó segregación, en las mezclas hormigón-caucho, porque ocurre una distribución uniforme de las partículas de caucho dentro de la matriz, esto implica que el cemento, los agregados y el caucho no tienden a disgregarse, la cual refleja que existe una buena adherencia de este material reciclado a su matriz.
 - Ya que el caucho tiene una densidad bastante inferior a los áridos, por lo que la sustitución de éstos por caucho reduce la densidad seca del hormigón con FCR-F y FCR-G, al mismo tiempo aumenta paulatinamente la absorción y la porosidad, según se le incremente el caucho que va sustituyendo los áridos, y va originando propiedades de generar espacios intersticiales, por tanto provoca el incremento de capacidad de retener agua; puesto que permite atrapar el agua, entonces evita la pérdida de la misma en el transcurso del curado.
5. En el experimento térmico y/o comportamiento sometido al fuego, podemos concluir que el concreto con inclusión de caucho sometido a una temperatura de 300 °C, no se inflaman, pero, quedan afectados, dando como resultado una mayor pérdida de peso en las probetas con mayor porcentaje de caucho, debido a que éste es deformable cuando es sometido al fuego.
 6. En las pruebas de microestructura, muestra que el concreto con inclusión de caucho grueso no se adhiere bien a la pasta de cemento, pudiendo ser causa principal de la disminución de su resistencia, pero en tamaños pequeños su adherencia es más favorable.
 7. De las particularidades mecánicas del concreto con FCR, se deduce lo siguiente:
 - Dado que el esfuerzo a la compresión para el hormigón modelo y el hormigón con FCR, tiende a disminuir su resistencia

gradualmente, esta reducción se ve beneficiada por el tamaño de la trituración del caucho, es decir, según que se va aumentando, baja su resistencia.

- En los estudios del esfuerzo a la tracción indirecta del hormigón, tiene un incremento mínimo, para concretos de 5% de FCR-F y 5% de FCR-G, por lo afirmamos que los ejemplares con caucho revelan una alta capacidad para concentrar energía plástica, de tal forma, que el caucho tiene la habilidad de percibir enormes alteraciones elásticas antes de la falla.
 - En los experimentos de esfuerzos a la compresión y de tracción, al instante del proceso de rotura, se hizo el respectivo control de su conducta y se verificó que varía el comportamiento dependiendo a la cantidad de mezcla adiconada; las probetas que no contenían caucho producían un sonido estrepitoso, lo que no ocurría con los ejemplares con caucho (apreciación sonora).
 - En términos de módulo elástico estático, hay poca diferencia entre los hormigones que contienen un 5% de FCR-F y FCR-G; sin embargo, según va incrementando el porcentaje de sustitución por caucho, el módulo elástico disminuye en relación con CP-S/C; esto se debe a que el caucho se deforma fácilmente en presencia de una solicitud de carga de compresión.
8. De acuerdo a los resultados de los análisis con FCR-F y FCR-G de un edificio de hormigón armado, determinamos que el hormigón elaborado con fibras de caucho reciclado en un 5 % en el agregado grueso tiende a cambiar en un mínimo porcentaje en sus peculiaridades elásticas del edificio con respecto al hormigón sin caucho; del mismo modo se verifica que sus desplazamientos se conservan firmes a pesar, que su esfuerzo a la compresión y su módulo de elástico estático disminuyó. Por tanto las peculiaridades

elásticas del edificio con un C5%-FCR-F son permisibles a la fibrilla elastomérica con respecto a su resistencia de cargas de flexión incrementa, de tal manera que esta propiedad del hormigón puede ser considerada como un parámetro de diseño.

9. En la actualidad la utilización de las fibrillas de neumático como material reciclable en la construcción no representa una economía, ya que en la localidad no se cuenta con proyectos y normativas encaminadas al reciclaje y reutilización de los neumáticos fuera de uso, y en el campo de la construcción es totalmente inexistente un proceso industrializado que permita producir fibras de determinadas características para su aplicación en hormigón estructural, debido a que este tema continúa en investigación.

2.1.3. Antecedentes locales

A continuación nombramos estudios realizados que son de carácter local.

- a) Condor y Pariona, (2019), sustenta la tesis: **“Análisis comparativo de la resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con piedra chancada y canto rodado en la ciudad de Huancavelica - 2018”**, en Universidad Nacional de Huancavelica - Perú. Seguidamente presentamos las conclusiones señaladas por las investigadoras:

1. Basándose en una comparación de las resistencias a la flexión del hormigón que utiliza piedra triturada y del hormigón que utiliza canto rodado como árido grueso, $F'_c=210 \text{ Kgf/cm}^2$, puede concluirse que los esfuerzos a la flexión del hormigón que utiliza piedra triturada son significativamente diferentes de las del hormigón que utiliza canto rodado. El hormigón fabricado con piedra triturada tiene una resistencia media a la flexión de $29,33 \text{ Kgf/cm}^2$, mientras que el hormigón fabricado con cantos rodados sólo tiene una resistencia a la flexión de $21,38 \text{ Kgf/cm}^2$.

2. Del mismo modo, se comprobó que la carga máxima del hormigón $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, que es sometida a flexión y trabajada con piedra chancada es notablemente diferente a un hormigón trabajada con canto rodado, consiguiendo alrededor de un promedio de cargas máximas el 40.33 KN para un hormigón trabajado con piedra chancada y 29.37 KN para el hormigón trabajado con canto rodado.
 3. Para los desplazamientos de un hormigón $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, trabajado con piedra chancada no existe una diferencia considerable a un hormigón trabajado con canto rodado, porque tiene un grado de significancia de 0.984.
- b) Huamán y Rodrigo (2019), sustenta la tesis: **“Agregado con Neumático Triturado como Columna de grava para el control del asentamiento de suelo blando en el sector de Quintanilla Pampa”**, en la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú, siendo objetivo principal de determinar la influencia del agregado con neumático triturado como columna de grava para controlar el asentamiento de suelo blando en el sector de Quintanilla Pampa; por ello el estudio se trató de incluir de manera parcial llantas trituradas en promedios de 10%, 20% y 30% del volumen total del material de grava, posteriormente se realizó los ensayos correspondientes para la consolidación de suelos haciendo uso del equipo de consolidación neumática; en tal sentido, detallamos las conclusiones de los investigadores:
1. Los elementos verticales de grava son procedimientos mejorados, utilizados para controlar el tratamiento respecto a los asentamientos que pueda presentar determinados suelos, como los suelos blandos; por tanto, podemos decir que este procedimiento puede obtener notablemente algunas mejoras sí se hace el uso de materiales que pueden ser reutilizables, tales como son las llantas, siendo este, el objetivo principal de dicha investigación; al otorgarles un valor agregado a las llantas trituradas (SBR) dándole como uso al realizar

el reemplazo parcial de los agregados en los elementos verticales, para así, poder controlar el asentamiento de suelo; hecha esta investigación se llega a concluir, que al realizar el reemplazo parcial de estos cauchos en los elementos verticales de grava no es efectivo para el control del asentamiento del suelo blando del sector Quintanilla Pampa, pero, si existe la mejora en el coeficiente de consolidación y asentamiento final del suelo estudiado cuando se reemplaza estos cauchos en los elementos verticales de grava en un 10% y 20% respectivamente.

2. En el 10% del volumen de los elementos verticales de grava puede sustituirse por neumático triturado para aumentar el coeficiente de consolidación de la muestra de suelo. En el lugar denominado Quintanilla Pampa, el coeficiente de consolidación tiende a aumentar en un 19,21% cuando se utiliza caucho con esta proporción de sustitución en comparación con el suelo en condiciones convencionales o normales.
 3. Por último, al realizar el ensayo del asentamiento final del suelo en estudio, podría reducirse al utilizar neumáticos triturados en un 20% de su volumen total del elemento vertical de grava, pues al utilizar este elemento originado de la llanta o neumático y con este porcentaje de reemplazo, se logró una reducción de un 14.72%, en relación al asentamiento final en comparaciones al suelo que se son de condiciones regulares en el sector denominado Quintanilla Pampa.
- c) Lobatón, (2019), sustenta la tesis: **“Influencia del vidrio triturado en la resistencia a la flexión del concreto estructural para pavimentos rígidos en la ciudad de Huancavelica - 2018”**, en la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú, este estudio evaluó el esfuerzo a la flexión de una mezcla de concreto $f'c$ 280 kgf/cm², efectuando la sustitución de 10% del peso de los áridos finos por vidrio triturado (4

tamaños de diferentes espesores) con el fin de lograr un diseño para el espesor del pavimento rígido utilizando los métodos acorde a AASHTO 1993, se concluye que:

1. Se comprobó, que el vidrio triturado interviene en el impacto en el esfuerzo a flexión, tras hacer la prueba de varios tipos de vidrios triturados, se alcanzó la cantidad más óptima sobre el esfuerzo a flexión, dando uso a la muestra granular que se obtuvo del tamiz N° 4 (4.75mm), consiguiendo llegar a 45.91 kg/cm², que de tal forma produjo la disminución del espesor de la parte superior del pavimento.
2. El esfuerzo a flexión se ve afectada por el uso de hormigón con inclusión de vidrio que se extrajeron del tamiz N° 30, al exceder en la resistencia del hormigón patrón en 1.4 %, también tiene el efecto de producir una reducción del espesor de la parte superior del pavimento.
3. Se precisó, que el hormigón con la adición de vidrio obtenido del tamiz N° 16 no presenta ningún impacto o influencia en su esfuerzo a flexión, puesto que, no aventaja a la resistencia del hormigón patrón, asimismo produce un aumento del espesor de la parte superior del pavimento.
4. También, se verificó que el hormigón elaborado con vidrio obtenido a través del tamiz N° 8 no causa impacto en el esfuerzo a flexión, dado que no supera la resistencia del hormigón patrón, además produce un aumento del espesor del pavimento.
5. Se determinó que el hormigón trabajado con vidrio del tamiz N° 4 influye en el esfuerzo a flexión, pues supera la resistencia del hormigón patrón en 3.37 %, y ocasiona una reducción del espesor de la parte superior del pavimento.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

2.2.1.1. Definición

Abanto (2009, p. 11). Para conseguir propiedades deseadas, singularmente la resistencia, el hormigón es la combinación de cemento Portland con áridos finos, gruesos, aire y agua en oportunas porciones adecuadas. Posee una reacción química, al unir elementos como el cemento y el agua con partículas de los áridos para formar una masa homogénea. A veces se incorpora aditivos al hormigón para modificar o mejorar sus propiedades.

Para el Manual técnico de construcción (2008, p. 97). El hormigón hidráulico se fabrica mezclando diversos tipos de áridos (pétreos o sintéticos), materiales cementantes y agua (con o sin aditivos). En las plantas de hormigón premezclado, esta mezcla suele medirse en unidades de masa, mientras que las mediciones in situ pueden realizarse en masa, volumen o ambos. Los aditivos pueden dosificarse en volumen o en masa, dependiendo de su forma (polvo, masa o líquido en volumen).

Sánchez (2001, p. 19). El hormigón es un material compuesto formado por un aglutinante (cemento hidráulico Portland), un relleno de huecos (arido o áridos), agua y, posiblemente, aditivos, que, tras un tiempo determinado, se endurece formando un conjunto compacto (piedra artificial) capaz de soportar grandes fuerzas de compresión. El concreto u hormigón es de uso convencional y debe ser de calidad, para emplearlo en construcciones pequeñas, medianas y de alta emvergadura, cumpliendo con sus propiedades principales.

2.2.1.2. Componentes del concreto

2.2.1.2.1. Cemento

Romo M. (2008, p. 56). Para ser clasificados como conglomerantes hidráulicos, los cementos deben sufrir una reacción química con el agua, lo que

hace que se endurezcan y se vuelvan mecánicamente resistentes y duraderos, incluso cuando están sumergidos en agua. El cemento no es como los cementos aéreos, que se endurecen al entrar en contacto con el aire. El cemento, o clinker, se produce calcinando ingredientes como la piedra caliza y la arcilla a temperaturas de unos 1.400 grados centígrados en un cilindro giratorio.

Para Sánchez (2001, p. 22). Como ya se ha indicado, el cemento empleado es el cemento Portland, que posee cualidades adhesivas y cohesivas que le permiten ligar áridos o agregados para producir hormigón. La constitución química, el nivel de humectación, la finura de las partículas, la rapidez de fraguado, la temperatura de humectación y la resistencia mecánica intervienen en la determinación de estas características.

2.2.1.2.2. Agua

Rivera (2009, p. 77). El agua utilizada en el proceso de mezcla es esencial porque permite que el cemento se hidrate y hace que la mezcla sea manejable. Mientras que parte del agua utilizada para hacer mortero u hormigón hidrata el cemento, el resto permanece inalterada y se evapora con el tiempo, debilitando el material porque ocupaba un espacio valioso en la mezcla antes de desaparecer. Como norma general, se debe poner la menor cantidad de agua en la mezcla, teniendo en cuenta que el mortero u hormigón debe ser trabajable. La cantidad de agua que necesita el cemento para su hidratación es aproximadamente del 25% al 30% de la masa de cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es trabajable; para que la mezcla empiece a trabajar se necesita al menos una cantidad de agua del orden del 40% de la masa de cemento.

Para Romero W. & Chuquimarca C. (2011, p.34). El agua es uno de los componentes que se utiliza en el concreto para generar las reacciones químicas en los cementales. El agua utilizada para producir hormigón es aquella apta para el consumo humano, sin importar que haya tenido un tratamiento

preliminar; por lo tanto, el agua que pueda ser bebida y no tenga sabor u olor es apta para la elaboración del hormigón.

Para Sánchez (2001, p. 57). El agua es aquel elemento del hormigón en ventaja del cual, el cemento sufre reacciones químicas que le dan la peculiaridad de fraguar y endurecer para conformar un sólido singular con los áridos.

Torres (2004, p. 29). Las aguas potables y algunos que son de tipo inodoro e insípido, podrá ser usados para elaborar concretos, también podrían ser utilizados algunos líquidos que no son aptas para el consumo humano, siempre y cuando cumplan con requisitos necesarios e indispensables; sí bien es cierto, estas aguas no potables son usualmente utilizadas en nuestro país, en zonas rurales.

2.2.1.2.3. Aditivos

Abanto (2009, p. 43). Un aditivo es una sustancia que se mezcla con los componentes primarios del hormigón para modificar una o varias propiedades de la mezcla y hacer que la mezcla sea adecuada para la aplicación que se destine.

Para el Instituto de la construcción y gerencia ICG (2010, p.31). Materiales distinto del agua, de áridos o del cemento hidráulico, utilizado como composición del hormigón, añadido antes o durante su mezclado con la finalidad de modificar sus peculiaridades.

Torres (2004, p. 60). Un aditivo se define como el material que no tiene condición de agua, ni agregado, ni fibra de refuerzo y mucho menos tenga la condición de cemento hidráulico, por tanto este aditivo se emplea como parte del mortero o el bien llamado concreto, y como tal es agregado o añadido a la tanda de forma inmediata, puede ser antes o durante el proceso de su mezclado, todo ello con el fin de variar algunas de sus propiedades y sea adecuada para los trabajos solicitados.

2.2.1.3. Principales propiedades del concreto

2.2.1.3.1. Trabajabilidad

Manual técnico de construcción (2008, p. 97). Es la facilidad con que pueden mezclarse los ingredientes de la mezcla aunada a la capacidad de esta para manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de homogeneidad. Se mide por la consistencia o fluidez con la obtención del revenimiento. Una mezcla bien proporcionada y trabajable perderá el revenimiento lentamente, en cambio una mezcla deficiente no tendrá cohesión ni plasticidad y segregará.

2.2.1.3.2. Consistencia

Manual técnico de construcción (2008, p. 98). Es la condición húmeda de la mezcla, por su fluidez en estado seco como fluido, para un mejor manejo del hormigón durante su colocación.

2.2.1.3.3. Durabilidad

Manual técnico de construcción (2008, p. 98). Es capaz de endurecer y conservarse a los efectos de la exposición al aire libre, a la congelación y descongelación, a la actividad de elementos químicos y a la erosión.

2.2.1.3.4. Impermeabilidad

Manual técnico de construcción (2008, p. 98). Al disminuir cantidades de agua en la mezcla se logrará la impermeabilidad. El abuso de agua deja espacios y cavidades luego de evaporarse y si se encuentran conectados entre sí, el agua puede introducirse o traspasar el hormigón. El cantidad bajo de agua en la mezcla, el incorporado de aire, el curado adecuado y eficaz del hormigón, incrementa la impermeabilidad.

2.2.1.3.5. Cambio de volumen

Manual técnico de construcción (2008, p. 98). La dilatación a causa de las reacciones químicas de los elementos del hormigón origina el encogimiento

del hormigón durante el proceso de su secado, también origina la aparición de fisuras en el hormigón. Los cambios volumétricos del hormigón ocurren tras sufrir el proceso de expansiones y contracciones.

2.2.1.3.6. Resistencia

Manual técnico de construcción (2008, p. 98). Para determinar esta propiedad, se realiza mediante un ejemplar de forma cilíndrica la cuál esta sujeta a esfuerzos de comprensión. El hormigón incrementa en su resistencia conforme va pasando el tiempo, por este motivo, la resistencia a la comprensión del hormigón suele evaluarse en un período de 28 días, tiempo durante el cual ha tenido la oportunidad de desarrollar toda su resistencia y es la medida común de esta propiedad.

2.2.2. Agregados

2.2.2.1. Definición

Abanto (2009, p. 23). Dice que el agregado o áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua se mezclan con materiales inertes(áridos) para crear hormigones y morteros. Los áridos son indispensables porque constituyen la mayor parte de una mezcla de hormigón, normalmente alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto; por esta razón, es crucial que los áridos sean fuertes, duraderos y resistentes a la intemperie, y que su superficie esté limpia y libre de contaminantes como barro, limo y materia orgánica que, de lo contrario, podrían comprometer la unión con la pasta de cemento.

Para Gutiérrez (2003, p. 9). Utilizar la cantidad adecuada de áridos es decisivo para la eficacia, durabilidad y estabilidad de las obras civiles, por lo que constituyen un factor determinante en la economía, pues ocupan un volumen muy importante en las contrucciones. Por ejemplo, los áridos se utilizan en diversos proyectos de construcción, como el hormigón hidráulico,

el hormigón asfáltico y las aceras, pero sus volúmenes son muy diferentes en cada uno de ellos.

Para Rivera, (2009, p. 37). Mencionó: “Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto”.

2.2.2.2. Clasificación por su tamaño

Rivera, (2009, p. 52), “La forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros de sección; esta distribución del tamaño de las partículas, es lo que se conoce con el nombre de GRANULOMETRÍA.”

- **Agregado fino**

Campo, (2009, pág. 14), “Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas”.

- **Agregado grueso**

Para Abanto (2009, p.26), Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

2.2.3. Resistencia del concreto

Abanto (2009, p. 50). “La resistencia del concreto no es justificable de naturaleza plástica, por lo que, es de práctica habitual tomar muestras durante

el proceso de mezclado, y someterlas a ensayos de compresión, posterior al curado se determina la resistencia a la compresión del hormigón”.

Rivera (2009, p. 143). Considera que los concretos que contengan áridos angulosos o rugosos suelen ser en lo general más resistentes que otros de equivalente relación agua/cemento que contengan áridos redondeados o lisos; sin embargo, a igualdad de contenido de cemento, los primeros requieren más agua para mantener su trabajabilidad, por lo que, el impacto en la resistencia es mínima. Sin embargo, como es de esperar, la mejora de la resistencia se ve afectada por la calidad de los áridos.

2.2.3.1. Resistencia a la compresión

Manual de residentes de obras (2007, p.37). Un cuerpo está sometido a compresión simple cuando actúan sobre él dos fuerzas iguales y convergentes aplicadas sobre un mismo eje. El cuerpo sometido a compresión simple sufre una disminución de su longitud según el eje de aplicación de las fuerzas y un aumento de la sección transversal.

Para Sánchez (2001, p.138). Esta propiedad es importante para el hormigón, para una estructura tradicional de hormigón reforzado, el modo de expresar se da en términos de esfuerzo por lo general en kg/cm^2 , y en ocasiones se expresa en libras por pulgada cuadrada (psi).

2.2.3.2. Resistencia a la flexión de vigas de concreto

(NMRCA, CIP 16). Es una medida respecto al esfuerzo a la tracción del concreto (hormigón). La resistencia a la tracción de un hormigón puede cuantificarse midiendo su resistencia a la flexión, mide hasta que punto una viga o losa de hormigón no armado puede soportar un momento de fuerza antes de romperse. La medida es mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. El esfuerzo a la flexión se expresa a través del módulo de rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (Mpa) y es hallada

mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en la mitad o el punto medio).

El módulo de rotura oscila en un 10% al 20% de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, de sus dimensiones, y volumen del árido grueso aprovechado; pero, la mejor correlación para los elementos específicos se obtiene por pruebas de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El módulo de rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

Manual de residentes de obras (2007, p.39). Menciona: Si sobre un cuerpo simplemente apoyado en sus dos extremos, se aplica una carga concentrada perpendicular a la línea de unión de los apoyos, dicho cuerpo se deforma en el plano determinado por la dirección de la carga y la línea que une los apoyos, dicho cuerpo se deforma en el plano determinado por la dirección de la carga y la línea que une los apoyos, lo mismo sucede en un cuerpo firmemente sujeto o empotrado en uno de sus extremos y libre en el otro (esta estructura se llama “volado”) si se le aplica en el extremo libre una carga que no pase por el punto de sujeción. En ambos casos el esfuerzo que produce la deformación se llama “flexión”.

En el cuerpo simplemente apoyado en ambos extremos y cargado transversalmente se produce un acortamiento de la cara sobre la cual actúa la carga y un alargamiento de la cara opuesta, quedando entre ambas una sección que no sufre ningún cambio de longitud, al deformarse el cuerpo, que se denomina “fibra neutra”. Entre la fibra neutra y la cara sobre la cual actúa la carga, se producen esfuerzos de compresión, mientras que en los puntos que quedan al lado opuesto de la fibra neutra, se producen esfuerzo de tracción.

Para Rivera (2009, p. 133), El esfuerzo a la flexión de un hormigón es mucho menor comparando con el esfuerzo a la compresión, pero mucho mayor al esfuerzo a la tracción pura.

Este parámetro es trabajado en estructuras como pavimentos rígidos; ya que, los esfuerzos de compresión resultantes en la superficie de contacto entre los neumáticos de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de los neumáticos, que en el peor de los casos puede ser de 5 o 6 kg/cm²; este esfuerzo de compresión en un pavimento de hormigón hidráulico es extremadamente en comparación con el esfuerzo a la compresión del hormigón, singularmente oscila entre 150 y 350 kg/cm² en nuestro entorno.

En consecuencia, no es la resistencia a la compresión el coeficiente que determina la calidad del hormigón para el uso en pavimentos, sino la resistencia a la flexión, según sea el peso de los vehículos y por diferencias de temperatura, un lado de la losa del pavimento se someterá a tensión y el lado contrario se someterá a compresión, siendo variables estos esfuerzos. El refuerzo podría aliviar las tensiones de flexión, pero sería poco práctico ya que se necesitarían dos capas de refuerzo. En realidad, el espesor del pavimento se diseña de forma que las fuerzas de flexión inducidas por el paso de los coches y la diferencia de temperatura sean inferiores a la capacidad máxima de flexión de las losas. Para el diseño de pavimentos de hormigón, es evidente que la resistencia a la flexión del hormigón, también conocida como su "módulo de rotura", es la propiedad más crucial.

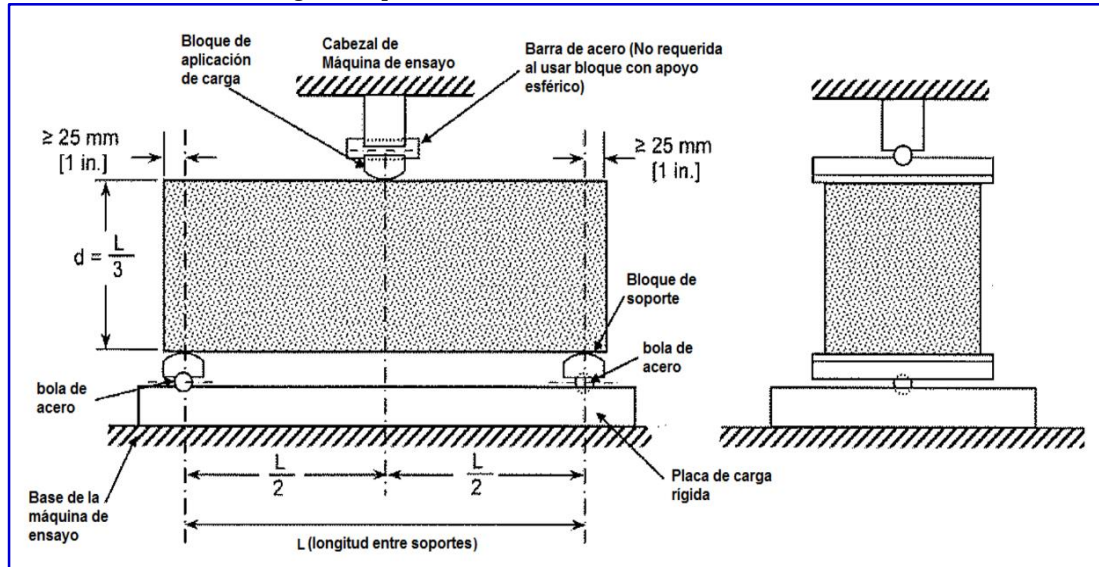
Para Rivera (2009, p. 135). Es el proceso más empleado para poder calcular el esfuerzo a la flexión, y se puede obtener aplicando a una viga simplemente apoyada con cargas en los tercios de la luz, también se emplea el método de la viga en voladizo o el de la viga simplemente apoyada con carga en el punto medio o a la mitad de dicha viga; los resultados que se puedan obtener varían en función del método empleado a las vigas.

Para Sánchez (2001, p. 141), Otra de las características mecánicas del concreto en estado endurecido, que reviste importancia, es su resistencia a la flexión, especialmente en estructuras de concreto simple, tales como

pavimentos, en donde adicionalmente aparecen esfuerzos de tracción ocasionados por la flexión de las placas, al paso de los vehículos.

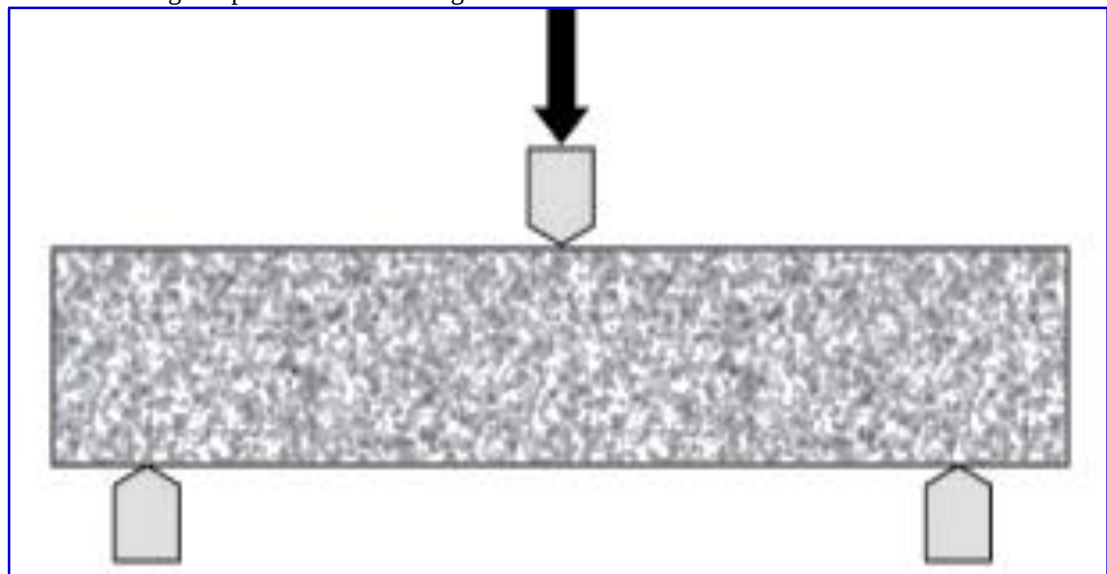
2.2.3.2.1. Pasos para realizar ensayo a flexión

Gráfico 1: Representación gráfica de un espécimen apropiado para el experimento a flexión en concreto conforme al método de carga en el punto medio.



Fuente: Tomado “Método de ensayo estándar para resistencia a la flexión (usando una viga simple con carga al centro del claro)” por *American Society for Testing and Materials*, 2014, p.7.

Gráfico 2: Carga en punto medio de la viga.



Fuente: Tomado “*Flexural strength of concrete*” por *National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA)*, 2016, P.1.

1. Para especímenes con curado húmedo, el ensayo a flexión o módulo de rotura se hará apenas se haya retirado de la cámara de curado. La medición del módulo de rotura o resistencia a flexión de vigas con superficie seca adquieren valores inferiores.
2. Se debe rotar el espécimen en función de uno de sus lados, teniendo en consideración a la posición de moldeado, seguidamente colocar en el centro de los bloques de apoyo. Concentrar en el punto medio el sistema de carga en relación con la fuerza aplicada. Sobreponer una carga que oscile en 3% y 6% en referencia a la carga máxima estimada, llevando el bloque de aplicación de la carga en contacto con la superficie de la muestra en el centro.
3. Continuamente y sin impacto, cargue la viga. Sobreponer la carga a un ritmo invariable hasta alcanzar el punto de rotura. Sobreponer la carga que oscile entre 0,9 MPa/min y 1,2 Mpa/min a una velocidad que provoque el aumento del esfuerzo en la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2Mpa/min. La siguiente ecuación se encarga de calcular la velocidad de carga:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L}$$

dónde:

r: velocidad de aplicación de la carga (N/min).

S: velocidad de incremento del esfuerzo máximo en la cara de tracción (Mpa/min).

b: ancho promedio del espécimen (mm).

d: espesor promedio del espécimen (mm).

L: luz (longitud) entre soportes (mm).

4. Para hallar las dimensiones de la sección transversal del ejemplar para el cálculo del módulo de ruptura, anotar las medidas por lo menos de una de las caras fracturadas, finalizado en ensayo. El ancho y el espesor del ejemplar se mide conforme fue orientada o dispuesta para su ensayo. A cada una de las dimensiones, tomar medidas en cada uno de los bordes y en la parte central de la sección. Para luego usar las tres dimensiones por cada dirección, de tal forma se determina el ancho y espesor promedio. Las dimensiones se hace con la aproximación de 1 mm.

De acuerdo a las NTP 339.079 calculamos el módulo de ruptura con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

dónde:

R: módulo de ruptura (Mpa).

P: carga máxima aplicada por la máquina de ensayo (N).

L: luz (longitud) entre soportes (mm).

b: ancho promedio del espécimen, en la fractura (mm).

d: espesor promedio del espécimen, en la fractura (mm).

2.2.4. Neumático

Para nuestra investigación trabajaremos con el triturado de neumáticos reciclados, para tal efecto damos a conocer las siguientes bases teóricas en relación al neumático.

2.2.4.1. Origen

En 1880, el estadounidense Charles Goodyear, descubrió por accidente el proceso de vulcanización, que proporcionaba al caucho la resistencia y

rigidez esenciales para su producción. Para ello, combinaba caucho con azufre y calentaba la mezcla. Como resultado, el caucho se volvía similar al cuero y era menos soluble en aceites y otros disolventes. Este procedimiento se conocía como vulcanización, término derivado de Vulcano, el dios romano del fuego.

El escocés John Boyd Dunlop, en 1887 inventó el primer neumático con cámara de aire. Dunlop utilizó una bomba de aire para inflar los tubos de goma. Luego, pegó las cámaras de goma a las llantas de una rueda de triciclo tras protegerlas con una lámina.

En ese momento, la mayoría de las ruedas tenían llantas de goma maciza, pero los neumáticos permitían una conducción mucho más suave. La invención del neumático con cámara de aire Dunlop se produjo en un periodo clave del auge del transporte terrestre, cuando se estaban construyendo nuevas bicicletas y vehículos.

En realidad, además de cauchos naturales y sintéticos, se mezclan más de 200 componentes para crear el neumático que todos conocemos. Negros de humo, sílices, azufres, plastificantes, vulcanizantes y también hilos metálicos o textiles como el poliéster, el rayón, el kevlar. Estas diversas materias primas se transformarán en una amplia gama de componentes, como elementos planos o perfilados, textiles metálicos o textiles y talones. Todos estos componentes contribuyen a la flexibilidad, resistencia al desgaste, adherencia y durabilidad del neumático.

2.2.4.2. Definición

El Neumático (o llanta) es un volumen toroidal de aire comprimido con un alto contenido polimérico y las propiedades de una membrana flexible bajo la presión producida por el peso que soporta, con capacidad para amortiguar y dirigir la rueda.

Es el componente mecánico de la rueda de un vehículo, que proporciona seguridad a las personas y a la carga, está compuesta de caucho,

productos químicos, hilos, textiles o alambres y otros elementos, está montado en la llanta y funciona bajo presión de aire (u otras condiciones) para proporcionar resistencia, capacidad de carga, comodidad y maniobrabilidad. El componente mecánico de la rueda de un vehículo, banda de rodadura, flanco, carcasa y pestaña, está compuesto en su mayor parte por banda de rodadura, flanco, carcasa y pestaña. (Reglamento técnico para las especificaciones de neumáticos de vehículos, camiones ligeros, autobuses y camiones, 2005, p. 1).

Un neumático es una pieza de caucho, que puede tener cámara de aire o no contar con dicha cámara, que es fijada sobre la llanta de una rueda. (Diccionario de la Real Academia de la Lengua, 2016, p. 1).

Neumático (del griego *pneumatikós*, “referente al pulmón”, ya que transporta aire), es una pieza toroidal de caucho que se utiliza en las ruedas de diferentes vehículos y maquinaria. En algunos países también se conoce como llanta, goma o chicle. Su función principal es permitir un contacto adecuado con la carretera mediante la adherencia y la fricción, facilitando así la aceleración, el frenado y la dirección. La cámara es la porción de goma blanda que se infla y se llena de aire (tubo de forma toroidal que se infla y va entre el neumático y la llanta, es una cámara interior). Existen neumáticos sin cámara, en los que el aire a presión es contenido directamente por el neumático y la llanta (Wikipedia, 2016, parr 1).

El neumático, a menudo conocido como llanta, goma o neumático en Estados Unidos, es un componente a base de caucho montado en la rueda de un vehículo para proporcionar tracción, estabilidad y comodidad. Es el único punto de contacto entre el vehículo y el suelo; por lo tanto, el neumático tiene un impacto significativo en el comportamiento dinámico del vehículo, o cómo el vehículo se desplaza sobre el terreno de trabajo (Goodyear, 2016).

El Gobierno peruano, considera que las llantas son el componente mecánico de la rueda de un vehículo que proporciona seguridad para las personas y la carga, está compuesto de caucho, productos químicos, hilos y/o

alambres textiles y otros materiales, está montado en la llanta y funciona bajo presión de aire (u otras condiciones) para proporcionar resistencia, capacidad de carga, comodidad y dirección. Sus componentes principales son la banda de rodadura, el flanco, la carcasa y la pestaña, que constituyen el componente mecánico del vehículo.

2.2.4.3. *Proceso de fabricación*

- **Mezclado**

Un neumático contiene más de 30 tipos distintos de caucho, rellenos y otros ingredientes que se combinan en mezcladoras gigantes para crear un compuesto gomoso de color negro que se tritura en una fase posterior.

- **Triturado**

Proceso que sufre el caucho enfriado, luego es cortada en tiras que darán origen a la estructura fundamental del neumático. En esta fase, se acondiciona otros componentes del neumático; algunos se recubrirán con otros tipos de caucho.

- **Construcción**

Esta es la fase en la que el neumático se construye desde adentro hacia afuera. Los elementos textiles, las lonas con cables de acero, los talones, las lonas, las bandas de rodadura y otros componentes se integran en una máquina de construcción de neumáticos. El resultado es un “neumático verde” (sin vulcanizar) cuyo aspecto comienza a asemejarse al del producto final.

- **Vulcanización**

Mas tarde, el neumático verde se vulcaniza con moldes calientes en una máquina de “curado” que comprime todas sus partes y le confiere su forma

final, incluido el dibujo de la banda de rodadura y las marcas del fabricante en el flanco.

- **Inspección**

En esta fase, una serie de inspectores específicamente formados emplean maquinaria especial para comprobar minuciosamente todos los neumáticos y detectar hasta la más leve imperfección antes de comercializarse.

Además del proceso anterior, una muestra de neumáticos se extrae de la línea de producción para someterse a pruebas de rayos x en busca de posibles defectos o debilidades internas. Por último, nuestros técnicos de control de calidad seleccionan aleatoriamente los neumáticos de la cadena de fabricación y los cortan por la mitad para examinar cuidadosamente cada detalle de su estructura y asegurarse de que cumplan los estándares. (www.goodyear.eu.com, 2015, Parr.1).

2.2.4.4. Composición de los neumáticos

El neumático tiene como componente básico el caucho, también compuesto por diferentes materias primas; a continuación se da a conocer dichos componentes:

- **Caucho**

Conocido como goma o banda de rodadura, a pesar de que esta se localiza en otras partes del neumático; puede ser natural o artificial; su finalidad principal es facilitar la correcta deformación del neumático durante el uso.

- **Negro de humo**

También denominado como el negro de carbón, producido por medio de la combustión parcial o descomposición térmica de hidrocarburos gaseosos o líquidos en un entorno sin aire y elevadas temperaturas. Se aprovecha básicamente en la productividad de neumáticos nuevos o

recauchutados así como en plásticos. Su papel principal es proporcionar al neumático de tenacidad y otorgar una mayor resistencia a tracción, torsión y desgaste ante las cargas abrasivas de las carreteras.

- **Óxido de zinc**

El principal objetivo de este componente químico en los neumáticos es evitar la oxidación. También se emplea como catalizador y activador de la vulcanización del caucho.

- **Fibras textiles**

Las fibras textiles corresponden a fibras sintéticas como el rayón, nylon, poliéster, aramida etc. Estas fibras junto con las de acero proveen al neumático de una mayor resistencia y rigidez aportando al mismo, de un esqueleto estructural.

- **Fibras de acero**

Considerado también como otro componente importante que conforma la llanta y los cinturones radiales; este compuesto ofrece un marco estructural para el neumático, permitiendo una mayor flexibilidad al disminuir la fricción de la banda de rodadura y los flancos. La cantidad utilizada tendrá una variación en cada rueda.

- **Azufre**

El uso de azufre para vulcanizar el caucho aumenta su resistencia a las agresiones químicas.

- **Aditivos**

Aditivos como plastificantes, vulcanizantes, aceleradores y retardantes, entre otros, se utilizan en el proceso de fabricación de neumáticos para aumentar la durabilidad, resistencia, viscosidad y otros atributos.

2.2.4.5. **Tipos**

Existen varios tipos de neumáticos para cada estación. Del mismo modo, los neumáticos que son para los camiones se construyen en función del lugar que ocupan dentro del vehículo. Los diversos tipos de los neumáticos, se puntualiza de forma global.

- **Neumáticos para autopistas**

También conocidos como neumáticos para verano, están fabricados para facilitar la tracción apropiada al vehículo ya sea en carreteras mojadas como secas.

- **Neumáticos para nieve**

Cuando la carretera está cubierta de una capa de hielo, ofrecen la máxima tracción posible. La banda de rodadura está pensada para ofrecer una tracción óptima en estas situaciones y está fabricada con una sustancia que le permite funcionar en condiciones de hielo.

- **Neumáticos para toda temporada (*all season*)**

Están fabricados para funcionar tanto en mojado como con hielo. Ofrecen una excelente maniobrabilidad y las ventajas de los neumáticos de carretera.

- **Neumáticos de alto desempeño**

Además de maniobrabilidad, tracción y rendimiento, pueden sobrevivir a temperaturas extremas y altas velocidades.

- **Neumáticos toda temporada / alto desempeño**

Poseen todas las cualidades mencionadas tanto en carreteras secas como mojadas. (Manual de información técnica de neumáticos, 1995, p. 7-8).

2.2.4.6. *Reutilización de neumáticos fuera de uso*

El objetivo del reciclaje es dar un nuevo uso a los neumáticos considerados en desuso; en este caso pueden utilizarse los propios neumáticos o sus flancos y bandas de rodadura. Las guarderías, la protección de puertos y astilleros, la construcción de barreras acústicas, las carreteras, las pistas asfálticas de carreras y la retención de agua en la agricultura son solo algunos ejemplos que ponen en práctica al reutilizar estos materiales (Swaneck, 2011, p. 28).

Diferentes países de la región latinoamericana utilizan diversos métodos para el reciclaje de neumáticos, cada uno con su propio conjunto de características técnicas y de seguridad para asegurar que estos residuos sean tratados adecuadamente.

Sin embargo, se carece de regulaciones o programas efectivos que promuevan la recolección e instalación de empresas responsables de recolectar y desechar los componentes peligrosos de las llantas y neumáticos usados de vehículos y maquinarias. (Swaneck, 2011, p. 28-29).

2.2.4.7. *Reciclados de neumáticos fuera de uso*

El reciclaje es considerado el proceso físico-químico o mecánico que convierte un material o producto previamente utilizado en materia prima o en un nuevo producto que pueda reintroducirse en un ciclo de vida útil. (Hernández, 2013, p. 7).

2.2.4.8. *Caucho*

Polímero artificial o sintético fabricado a partir de sustancias naturales de bajo peso molecular. La excelente elasticidad del caucho y su resistencia a los ácidos y sustancias alcalinas lo hacen ideal para su uso en diversos productos, como neumáticos, llantas y artículos impermeables y aislantes. Tarda mucho en descomponerse y su gran elasticidad impide que se compacte. Cuando se queman los neumáticos se generan altos niveles de dioxinas,

mercurio, hidrocarburos poliaromáticos y metales pesados, lo que los convierte en un contaminante especialmente nocivo. Por eso se están explorando numerosas opciones de reutilización de neumáticos; hacerlo es esencial si queremos proteger el planeta. (Aliso, 2001, p.53).

2.2.4.9. *Recauchutado*

Se trata de un procedimiento que permite reutilizar una carcasa de neumático previamente desgastada aplicándole una banda de rodadura nueva, siempre que conserve los atributos óptimos para el uso previsto. Esta tecnología ahorra entre el 70% y el 75% de todo el volumen de materiales necesarios para producir neumáticos nuevos, lo que la hace rentable y ecológicamente benigna.

2.2.4.10. *Termólisis*

La termólisis es un proceso en el que los materiales de desecho de neumáticos se calientan en ausencia de oxígeno. Las altas temperaturas y la falta de oxígeno tienen el efecto de destruir los enlaces químicos, dando lugar a la formación de cadenas de hidrocarburos dentro de su composición. Esta técnica es el medio a través del cual se pueden recuperar en su totalidad los compuestos originales de un neumático.

2.2.4.11. *Trituración mecánica*

Esta técnica es totalmente mecánica, sin agentes químicos ni adición de calor. Consiste en someter el neumático original a una serie de trituraciones secuenciales hasta reducir su volumen a un tamaño de salida muy pequeño, que dependerá del uso previsto del producto.

2.2.4.12. *Trituración criogénica*

A este proceso se hace un tratamiento empleando nitrógeno líquido para enfriar el neumático a temperaturas entre 100 °C y -150 °C, lo que hace que el caucho se vuelva frágil y quebradizo, y es así, que el triturado sea fácil. Al

igual que la trituración mecánica, esta técnica genera partículas o polvos de distintos tamaños, en función de las necesidades requeridas.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Propiedades del neumático triturado

2.3.1.1. *Trituración mecánica*

Esta técnica es totalmente mecánica, sin agentes químicos ni adición de calor. Consiste en someter el neumático original a una serie de trituraciones secuenciales hasta reducir su volumen a un tamaño de salida muy pequeño, que dependerá del uso previsto del producto.

2.3.1.2. *Propiedades físicas*

Entre el 50° y el 60% de la composición de un neumático consiste en la conformación de caucho natural o sintético.

Este material, también conocido como NFUt, (Neumático Fuera de Uso – Triturado) es plano, de forma irregular y puede incluir o no piezas metálicas procedentes de los cinturones de acero de la carcasa. El tamaño de este material puede estar entre 2 a 350 mm. El tamaño medio varía en función de la zaranda que se ponga. La densidad de una sola pieza de NFUt está comprendida entre 1.15 y 1.45 t/m³, pero, la densidad de un material NFUt no compactado varía en función del tamaño y forma de las piezas, con valores obtenidos entre 0.40 y 0.60 t/m³. La densidad media de este material para rellenos compactados bajo una tensión normal de 100 kPa comprende en 0.72 y 0,92 t/m³, se obtiene valores inferiores al compactar con Bulldozer y valores superiores cuando se compacta con rodillo liso vibratorio.

Para el material más grueso procedente del granulado, con dimensiones comprendidas entre 13 y 76 mm, se han determinado densidades sin compactar comprendidas entre 0.32 y 0.49 t/m³, y para densidades compactadas comprendidas entre 0.57 y 0.73 t/m³.

Normalmente, el tamaño de todas las partículas del polvo de neumático utilizadas en las mezclas asfálticas en caliente es inferior a 2 mm. Las partículas grandes son utilizadas en el “procedimiento húmedo” tienen entre 0.01 y 0.83 mm de diámetros. El polvo de caucho tiene una gravedad específica de un aproximado a 1.15 t/m^3 y debe estar exento libre de material textil, metálico y de contaminantes.

La parte fina del material troceado (NFUt) presenta una permeabilidad elevada, con coeficientes de permeabilidad en el ambiente de $5 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$. Este valor es indicativo debido a la dificultad de probar el parámetro en este caso, ya que requiere tamices de prueba mucho más grandes de los que suelen estar disponibles en los laboratorios de mecánica de suelos y gradientes hidráulicos suficientemente bajos ($i < 0.15$) para evitar que el agua pase de forma irregular y turbulenta a lo largo de la columna de material picado.

2.3.1.3. *Propiedades químicas*

Los principales componentes del material procesado son: caucho (natural y sintético), negro de carbono, azufre, óxido de zinc y aditivos. Los fragmentos de neumático no son reactivos en condiciones ambientales normales (25°C , 1 atm).

El polvo de neumático de menor tamaño requiere más tiempo de reacción “digestión”, y también de menos temperatura de mezcla. Las partículas más gruesas son más baratas de obtener, pero requieren mayor tiempo y temperatura de digestión.

De los resultados obtenidos en ensayos químicos de lixiviación se deduce que el empleo de NFUt como material de relleno viario es perfectamente viable desde el punto de vista medioambiental, ya que el agua que pudiera percolar a través del relleno presenta unas concentraciones de contaminantes generalmente muy inferiores a las estipuladas en el R.D. 140/2003, referente a la calidad del agua para consumo humano.

2.3.1.4. Propiedades mecánicas

Debido al elevado tamaño del molde necesario y al efecto de rebote de la masa de compactación cuando choca contra las partículas de NFUt, su compactación es difícil de cuantificar en el laboratorio.

Para su determinación in situ, se suelen cubicar las masas de NFUt compactado en un volumen determinado de material.

Para estimar la resistencia al cizallamiento de NFUt, deben utilizarse cajas de cizallamiento enormes con capacidad para contener un número considerable de piezas separadas.

La interpolación de los ensayos de cizallamiento directo realizados en una caja de 1x1m bajo esfuerzos normales que comprende en 20 y 100 kPa con material de NFUt y con mezcla NFUt – suelo al 50% en volumen revelan un ángulo de fricción entre 27 y 28.5° y una cohesividad de 10 kPa, para el caso de muestra de NFUt, y de unas 35 kPa para la combinación.

El ajuste parabólico presenta el mayor coeficiente de regresión, siendo el exponente de la ley parabólica para los neumáticos triturados de aproximadamente 0,70.

Las deformaciones verticales obtenidas en ensayos endometrios en caja grande de 1 m³ bajo tensiones normales de entre 10 y 440 kPa con material de NFUt, son algo superiores al 50% para la máxima carga noval, valores muy superiores a los obtenidos en ensayos de suelos.

Los módulos secantes obtenidos están comprendidos entre 150 y 600 kPa en carga, y entre 250 y 1800 kPa en descarga, valores que se pueden calificar de bajísimo, tal y como era de esperar de un material tan deformable.

El tamaño de las piezas parece no afectar a los parámetros de cohesión, ángulos de rozamiento y módulos de deformabilidad el material de neumático troceado, siempre que este comprenda entre 25 y 100 mm.

2.3.1.5. Otras propiedades

Los neumáticos cuentan con un poder calorífico mayor a 34-39 MJ/kg. Realmente, una tonelada de neumáticos tiene la equivalencia aproximada a 0.7t de fuelóleo (fuel-oil). El análisis inmediato por combustión de NFU revela unos contenidos medios en materia volátil, carbono fijo y cenizas respectivamente de 64.0 %, 29.5% y 6.5%. (Ficha Técnica de Neumáticos Fuera de Uso, 2013, p. 12-14).

“Para efectos del presente plan de investigación cuando citamos a las propiedades del triturado de neumático de reciclado hacemos referencia básicamente a las propiedades físicas y mecánicas del elemento proveniente de un proceso de trituración mecánica de neumáticos fuera de uso, el cual deberá de pasar por dicho proceso hasta alcanzar un tamaño apropiado para ser utilizado en la elaboración de testigos de concreto, dicho material no deberá contener trozos metálicos procedentes de la bandas de acero de la carcasa del neumático, con la finalidad de ser evaluado en laboratorio y poder determinar tanto las propiedades físicas (Granulometría, Densidad, permeabilidad, peso específico, peso volumétrico, etc.) así como las propiedades mecánicas (Elasticidad, Plasticidad, Maleabilidad, Ductilidad, Dureza, Tenacidad, etc.) de esta manera se podrá caracterizar el material descrito y así poder evaluar la influencia del mismo al ser incorporado en porcentajes controlados durante la elaboración de testigos de concreto, en el marco de las normas correspondientes”.

2.3.2. Usos en la construcción

Basado en Magallanes & Guillen (2014, pág. 6). Existen varios procedimientos o procesos para la gestión de los neumáticos que han llegado al final de su vida útil, que dependen en muchos casos del avance técnico de cada territorio nacional e internacional.

Según Oikonomou & Mavridou (2009), los neumáticos triturados pueden utilizarse en los siguientes casos:

- **Como hormigones y morteros**

Los neumáticos fuera de uso se han empleado para sustituir parcialmente los áridos en morteros y hormigones, estos neumáticos desechados se puede utilizar para generar hormigón con viabilidad direccionada hacia aplicaciones específicas, siempre que los procedimientos de separación se ejecuten, incluyendo la cantidad, la gradación y forma de las partículas de neumáticos. El neumático reciclado demostró ser apto para formar parte de los agregados a pesar de que posteriormente pueda tener pérdidas de resistencia mecánica.

- **Como mezclas asfálticas**

El uso de neumáticos triturados en mezclas asfálticas ha dado como resultado un asfalto de caucho con mayor resistencia al deslizamiento, menor agrietamiento por fatiga, mayor resistencia a las roderas, mayor resistencia a la tracción y tenacidad, mayor vida útil del pavimento y menores costes de mantenimiento en comparación con las combinaciones tradicionales.

- **En obras geotécnicas**

Los neumáticos triturados demuestran unas capacidades de fricción extremadamente excelentes por sí solos o cuando se combinan con suelos, ya que mejoran la resistencia interna de los suelos, proporcionan estabilidad y provocan pequeños asentamientos diferenciales. Por todas estas propiedades las llantas de desecho estas siendo utilizadas como relleno en terraplenes de carretera, material de relleno para muros de contención, como sistemas de drenaje, entre otros.

2.3.3. Resistencia a flexión en vigas de concreto

(NMRCA, CIP 16), La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del hormigón. Mide la resistencia a la rotura por

momento de una viga o losa de hormigón no armado. Se determina aplicando cargas sobre vigas de hormigón con una sección transversal de 150 x 150 mm (6 x 6 pulgadas) y una luz de al menos tres veces el espesor. Las técnicas de ensayo ASTM C78 (cargado a tercios) o ASTM C293 (cargado a la mitad) se utilizan para evaluar la resistencia a la flexión como el módulo de rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (Mpa).

El módulo de rotura tiene proximidad del 10% a 20% de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, tamaño y volumen del agregado grueso utilizado; sin embargo, las pruebas de laboratorio para los materiales particulares y el diseño de la mezcla proporcionan la mejor correlación para materiales específicos. A veces, hasta en un 15%, el módulo de rotura encontrado para la viga cargada en el tercer punto es menor que el módulo de rotura determinado para la viga cargada en el punto medio.

Para efectos de la investigación, nos basamos en lo que indica la norma E-060 concreto armado, norma técnica peruana NTP 339-034, NTP 339-079, y otras especificaciones pertinentes para el desarrollo del proyecto de investigación, por tanto, se harán los ensayos de laboratorio debidamente justificados en las normas, reglamentos a utilizar, de tal manera a partir de los parámetro a desarrollar adicionaremos el neumático triturado en proporciones controladas en el momento de la elaboración de los testigos, los cuales posteriormente serán ensayados bajo los criterios descritos líneas arriba, y presentados en tablas comparativas para identificar el nivel de influencia de la incorporación de un nuevo material en la resistencia a flexión del elemento evaluado.

2.4. Definición de términos

Damos a conocer terminologías básicas involucradas en el desarrollo de la investigación.

- **Absorción**

El árido tiene la capacidad de almacenar agua entre sus partículas. Conocer el porcentaje de absorción es crucial en la construcción, ya que indica la cantidad correcta de hormigón que se debe utilizar.

- **ACI (Instituto americano del concreto)**

Además de ser una autoridad, es un recurso ampliamente utilizado a nivel mundial; incluso para el Perú, es una referencia muy aceptable porque demuestra los mejores estándares, basados principalmente en la experiencia, los mismos que abarcan los materiales de construcción, la construcción en sí, y el diseño de la misma, con el objetivo de maximizar el uso del concreto.

- **Aditivo**

Los aditivos son muy beneficiosos si es necesario ajustar determinadas cualidades del hormigón; los aditivos se utilizan para adaptar el hormigón a las normas particulares que se deseen durante su aplicación in situ.

- **Árido**

Agregado, en el contexto de la construcción, se refiere a la sustancia inerte formada por granos o partículas; los agregados, junto con el agua y el cemento, componen el hormigón.

- **Arena fina**

Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm. Como el limo puede construir a lograr una mayor compacidad del suelo, en ciertas circunstancias.

- **Arena gruesa**

Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnicas Peruanas o las mallas N° 30 y N° 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado, lo que significa un aumento de la resistencia del barro seco según se ha comprobado en el laboratorio.

- **ASTM (*American Society for Testing and Materials*)**

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, (*American Society for Testing and Materials*), es una organización que nos muestra normas, técnicas para materiales, productos y servicios, normas que son sumamente utilizados a nivel mundial.

- **Carga máxima permisible**

La carga máxima admisible o permisible es la carga que soporta un elemento estructural antes de llegar al momento de la rotura, la carga aplicada a un elemento estructural puede ser puntual, a dos tercios, o distribuida, según sean las especificaciones.

- **Cemento Portland**

Es un conglomerante que cuando se ensambla con los agregados y agua tiene la propiedad de conformar una masa muy resistente y duradera a la cual se denomina concreto. Es el material de construcción más usual debido a las altas resistencias que adquiere en su estado endurecido.

- **Consistencia**

Grado de facilidad con que el hormigón nuevo se deforma y, en consecuencia, rellena todos los espacios del molde o encofrado.

- **Compresión**

El esfuerzo de compresión en ingeniería es la capacidad de un cuerpo para deformarse bajo la influencia de presiones o tensiones.

- **Deformaciones máximas**

La deformación máxima es el cambio de tamaño o forma de un cuerpo provocado por una o varias fuerzas externas o por la dilatación térmica. La deformación máxima se determina construyendo una curva tensión-deformación, en la que la deformación máxima corresponde al punto más alto de la curva.

- **Degradación**

En ingeniería, la degradación se refiere al efecto de deterioro, cuando reduce de forma gradual las cualidades de un material de la construcción.

- **Densidad**

Es la masa por unidad de volumen. También es la relación del peso o masa de un cuerpo con el mismo volumen de agua. Por norma general, la densidad de una sustancia se expresa en gramos de peso por centímetro cúbico de volumen o en kilos por litros.

- **Diseño de mezcla de concreto**

Este es el procedimiento necesario para determinar las proporciones adecuadas de los componentes del hormigón.

- **Dosificación**

Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos.

- **Flexión**

En ingeniería, la flexión es el esfuerzo resultante de la aplicación de una fuerza cuya dirección debe ser perpendicular al eje mayor del objeto.

- **Granulometría**

La granulometría es el análisis de la composición del material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica decide, de manera muy importante, la calidad del material para su uso como componente del concreto.

- **Grava**

Se denomina grava a las rocas formadas que se encuentren en el tamaño entre 2 y 64 milímetros. La grava también puede ser artificial en cuyo caso suele denominarse piedra partida o como en el presente trabajo denominamos piedra chancada, así como también son el resultado de procesos naturales. En otros casos el desgaste producido de manera natural provoca que las formas de estas rocas sean redondeadas las cuales son llamadas como canto rodado.

- **Gravedad específica**

La gravedad específica es el cociente entre la densidad de una sustancia entre la densidad de otra sustancia esta última es generalmente agua ya que se conoce que la densidad del agua es de 1 gramo por centímetro cúbico. La gravedad específica es adimensional debido a que como ya se mencionó resulta de la división entre dos unidades de igual magnitud.

- **ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia)**

Destinada a la investigación de tecnologías y actualización de las mismas en bien de la competitividad y el adecuado desarrollo de la calidad de los proyectos en ingeniería. Actualmente se encuentra instalada en muchos países de América Latina, el Instituto de la Construcción y Gerencia, está en constante actualización a la población mediante cursos que van dirigidos al diseño, la construcción y la supervisión.

- **Malla**

Es un elemento que compone un cuerpo que desea ser separado por diferentes tamaños, la malla puede ser de diferentes materiales, tales como acero, alambre, planchas metálicas, caucho, plástico, entre otros.

- **Módulo de rotura**

También denominado resistencia máxima a la flexión o torsión, el módulo de rotura se determinará mediante un ensayo de laboratorio, cuando se produce la falla se determinará mediante fórmula el módulo de rotura, el cual nos indicará que para un determinado esfuerzo el elemento llegará a su máximo estado de elasticidad y pasará al estado de falla. Generalmente el módulo de rotura estará dentro de un porcentaje de 10% al 20% de su resistencia a compresión.

- **Neumático**

Denominado cubierta, goma o llanta, es una pieza fabricada con un compuesto a base de caucho que se coloca en la rueda de un vehículo para proporcionar tracción, adherencia, estabilidad y confort.

- **Neumático reciclado**

Es la recuperación de neumáticos de maquinarias que por su desgaste dejaron de ser adecuadas para su uso en diversos vehículos.

- **Plasticidad**

Cualidad opuesta a la elasticidad. Indica la capacidad que tiene un material de mantener la forma que adquiere al estar sometido a un esfuerzo que lo deformó.

- **Peso específico**

Es una definición que por lo usual se utiliza en campos como la química y la física, y es utilizada para representar a aquella relación que existe entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia. En ingeniería civil es el peso por unidad de volumen, que es obtenida cuando se divide el peso de un sistema y el volumen que ocupa.

- **Propiedades físicas**

Es aquella que se basa principalmente en la estructura del objeto, sustancia o materia, que es visible y medible.

- **Propiedades mecánicas**

Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos.

- **Revenimiento**

También denominado asentamiento, realizar el ensayo de revenimiento nos indicará la consistencia de un concreto y con ello se determinará cuan óptimo sea para el encofrado, el revenimiento variará dependiendo de la estructura que se desea diseñar.

- **Resistencia a compresión**

Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada.

- **Resistencia a flexión**

En un ensayo de flexión, es la tensión máxima de la fibra creada en una probeta justo antes de que se parta o se rompa. En lugar de la resistencia a la flexión, el límite elástico de flexión se ofrece para materiales que no fallan el ensayo de flexión. Términos similares para módulo de rotura.

- **Rigidez**

Existen muchas definiciones, pero en el ámbito de la construcción, la rigidez se puede tomar como una medida cualitativa de la resistencia de un elemento frente a una fuerza externa, sin que el elemento sufra deformaciones considerables.

- **RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones)**

Es el Reglamento Nacional de Edificaciones cuya finalidad u objetivo es el de regular los criterios para la realización de un adecuado diseño y una correcta ejecución de las edificaciones, así como también establece tanto las responsabilidades como derechos en el proceso de edificación.

- **Tamiz**

Es un instrumento utilizado en laboratorio de mecánica de suelos, el cual es utilizado para realizar la granulometría y con ello la clasificación de suelos, existen diferentes tamaños de tamices las cuales siguen normas específicas

- **Triturado**

Reducción del tamaño de las partículas de un material mediante molienda, como cuando se utiliza un mortero para moler polvos.

- **Viga**

Es un elemento estructural que trabaja principalmente a flexión, las vigas generalmente se caracterizan por su amplia longitud, las vigas son colocadas generalmente de manera horizontal.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

- **H₀:** Las propiedades del neumático triturado no influyen significativamente en la resistencia a flexión en vigas de concreto.
- **H₁:** Las propiedades del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión en vigas de concreto.

2.5.2. Hipótesis específicos

- **H₀:** Las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado no influyen significativamente en la fuerza máxima en vigas de concreto.
- **H₁:** Las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en la fuerza máxima en vigas de concreto.
- **H₀:** Las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado no influyen significativamente en el desplazamiento máximo en vigas de concreto.
- **H₁:** Las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en el desplazamiento máximo en vigas de concreto.

2.6. Variables

- **Variable independiente**

Propiedades del neumático triturado

- **Variable dependiente**

Resistencia a flexión en vigas concreto

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables dependientes e independientes.

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Subdimensiones	Índice / indicador
VARIABLE INDEPENDIENTE Propiedades del neumático triturado	Propiedades del elemento proveniente de un proceso de trituración mecánica de neumáticos fuera de uso, el cual deberá de pasar por dicho proceso hasta alcanzar un tamaño apropiado para ser utilizado en la elaboración de concretos.	Propiedades físico-mecánicas	Granulometría	%
			Contenido de humedad	%
			Peso unitario	kg/m ³
			Peso específico	gr
			Porcentaje de absorción	%
VARIABLE DEPENDIENTE Resistencia a flexión en vigas de concreto	La resistencia a flexión es la medida del esfuerzo que se produce en la línea de influencia de tensión que se desarrolla al someter una viga a flexión.	Resistencia a Flexión	Fuerza máxima	KN
			Desplazamiento máximo	mm

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

La presente investigación se ejecutó en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica.

De acuerdo al ámbito temporal se ejecutó la investigación en un período comprendido desde su fase inicial en el año 2019 con el planteamiento del proyecto de investigación, seguido de su fase de ejecución en el año 2021 y concluyendo con el informe final de la investigación en el presente año 2022.

Con respecto al ámbito espacial, los ensayos se realizaron en los laboratorios de geotecnia, tecnología del concreto, tecnología de materiales, estructuras y antisísmica, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, ubicados en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica, respectivamente.

3.2. Tipo de investigación

Esta investigación, por las características del mismo es **aplicada**, debido a que se basa en el uso de conocimientos desarrollados previamente, para llevarlos a la práctica, y tiene la finalidad de ser aprovechados por el hombre y la sociedad.

Para Sampieri (2010), citado por Borja (2012, p.10) explica que la investigación de tipo aplicada está inmersa dentro de la investigación básica o pura, cuyo objetivo es conocer, actuar, construir y modificar realidades problemáticas. Se ocupa más de la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.

Los estudios de ingeniería civil están ubicados dentro de este tipo de

clasificación, siempre y cuando solucionen alguna problemática.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es **explicativo**, ya que están orientadas a responder la conducta de una variable teniendo en consideración de otra u otras variables.

Para Sabino (1992, p. 35) Se centra en precisar los orígenes a las causas de un determinado grupo de sucesos.

Su objetivo, es entender por qué ocurre ciertos hechos, revisando las relaciones causales existentes o, al menos, los parámetros en que ellos se producen.

Es el tipo de investigación que más intensifica nuestro discernimiento sobre la realidad porque nos demuestra la razón o el por qué de las cosas, y es por lo tanto más complicado y delicado, pues el riesgo de incurrir en errores aumenta de forma considerablemente.

3.4. Método de investigación

Se estableció el **método científico** para nuestra investigación, por que es de carácter independiente respecto del estudio, además suprime el plano particular y permite la objetividad en el procedimiento investigador.

Sabino (1992, p. 17) Señala el método científico como el procedimiento o conjunto de procesos que se utilizan para adquirir conocimientos científicos, el modelo de trabajo o secuencia lógica que guía la investigación científica.

3.5. Diseño de investigación

La investigación de acuerdo a su enfoque se adecua al diseño **cuasi experimental**, porque se evaluó resultados de dos sectores denominados muestra patrón y muestra experimental, realizados por medio de ensayos de

laboratorio, efectuando el control y manipulación de las variables y así entender las causales de variabilidad.

En esta investigación se realizó el control gradual del neumático triturado con respecto al agregado fino.

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

Conformada por un total de 20 vigas rectangulares de concreto con dimensiones de 0.25cm x 0.25cm x 0.80cm, entre ellos 5 vigas rectangulares fueron el grupo de control debido a que fueron diseñadas sin adición de neumático triturado al 0%, y 15 vigas de concreto fueron el grupo experimental dado que fueron diseñadas con adición de diferentes porcentajes de neumático triturado al 5%,10% y 15%.

Para Borja (2012, p. 30) Denomina población o universo al grupo de elementos o individuos que serán motivo de estudio, todo ello desde un punto de vista estadístico.

3.6.2. Muestra

La muestra establecida para la investigación fué de 20 vigas rectangulares de concreto con dimensiones de 0.25cm x 0.25cm x 0.80cm, con diferentes adiciones de neumático triturado sustituyendo al agregado fino de forma gradual y controlada; el estudio de la muestra refleja la misma cantidad a la población de nuestra investigación.

Para Borja (2012, p. 31) La muestra de estudio es un subconjunto peculiar de la población, sobre la cual se habrán de tomar datos.

El investigador se deberá interesar sobre los resultados hallados en la muestra y de tal forma lograr extenderse, generalizarse o extrapolarse a la población o universo. La muestra debe ser estadísticamente representativa.

Tabla 2: Muestras con adición de neumático triturado en porcentajes controlados.

Muestras con adición de neumático triturado	Cantidad	Resistencia alcanzada (días)
0% (muestra patrón)	5	28
5%	5	28
10%	5	28
15%	5	28
TOTAL		20

Fuente: Desarrollado por las tesis

3.6.3. Muestreo

No se aplicó ninguna técnica de muestreo, debido a que se evaluó absolutamente toda la población de la investigación (20 vigas de concreto, 5 sin adición de neumático triturado 0% y 15 con adición de neumático triturado sustituyendo en un 5%, 10% y 15% al agregado fino).

Para Niño (2011, p. 56) El muestreo es un método por medio de la cual se precisa o calcula la muestra de una población, dentro del criterio de asegurar su fiabilidad necesaria para llevar a cabo una investigación.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Se utilizó dos técnicas importantes para el desarrollo de esta investigación:

- **Documentación**

Para el avance de nuestra investigación se acudió a diversas fuentes documentales como reglamentos, normas peruanas, libros y fichas técnicas para la caracterización físico-mecánicas, diseño de mezcla óptima, con porcentajes graduados y controlados del neumático triturado con respecto del agregado fino, de tal manera obtener probetas cilíndricas y vigas rectangulares deseadas, después someterlas a ensayos de compresión y flexión.

Asimismo se hizo la recolección de fuentes escritas de carácter científico, como revisión bibliográfica sobre metodología de investigación.

Para Supo (2012, p.19.) Establece la recopilación de información básica y a la vez la más imprecisa; competen a los estudios retrolectivos donde es la única forma disponible de reunir información.

Usualmente, la información se adquiere con finalidades divergentes a la investigación en cuestión. Las investigaciones fundadas en la documentación no cuentan con instrumentos de medida, solamente con una hoja de datos donde necesitamos anotar, copiar o trasladar la información preliminarmente registrada.

- **Observación**

Técnica mediante el cual se logra obtener sucesos, que a través de la descripción mencionamos dichos sucesos.

Para Supo (2012, p.19.) La observación es científica cuando es metódica, controlada y cuenta con estrategias dirigidos a evitar errores subjetivos, confusiones, etc. La exploración u observación no participante es cuando no altera la acción o situación investigada. La observación participante involucra o implica conciencia en el evaluador; puede ser natural cuando el observador pertenece a la colectividad humano que investiga, y artificial cuando la incorporación del observador es oportuna con determinación de la investigación.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

Instrumentos empleados para el proceso de la investigación fueron mediante fichas bibliográficas, fichas de registros de datos para ensayos, monitoreo y control en laboratorio.

A través de múltiples formatos para ensayos de caracterización de las propiedades físico-mecánicas del agregado fino, agregado grueso y neumático triturado se logró sistematizar la información necesaria para lograr objetivos y resultados de nuestra investigación.

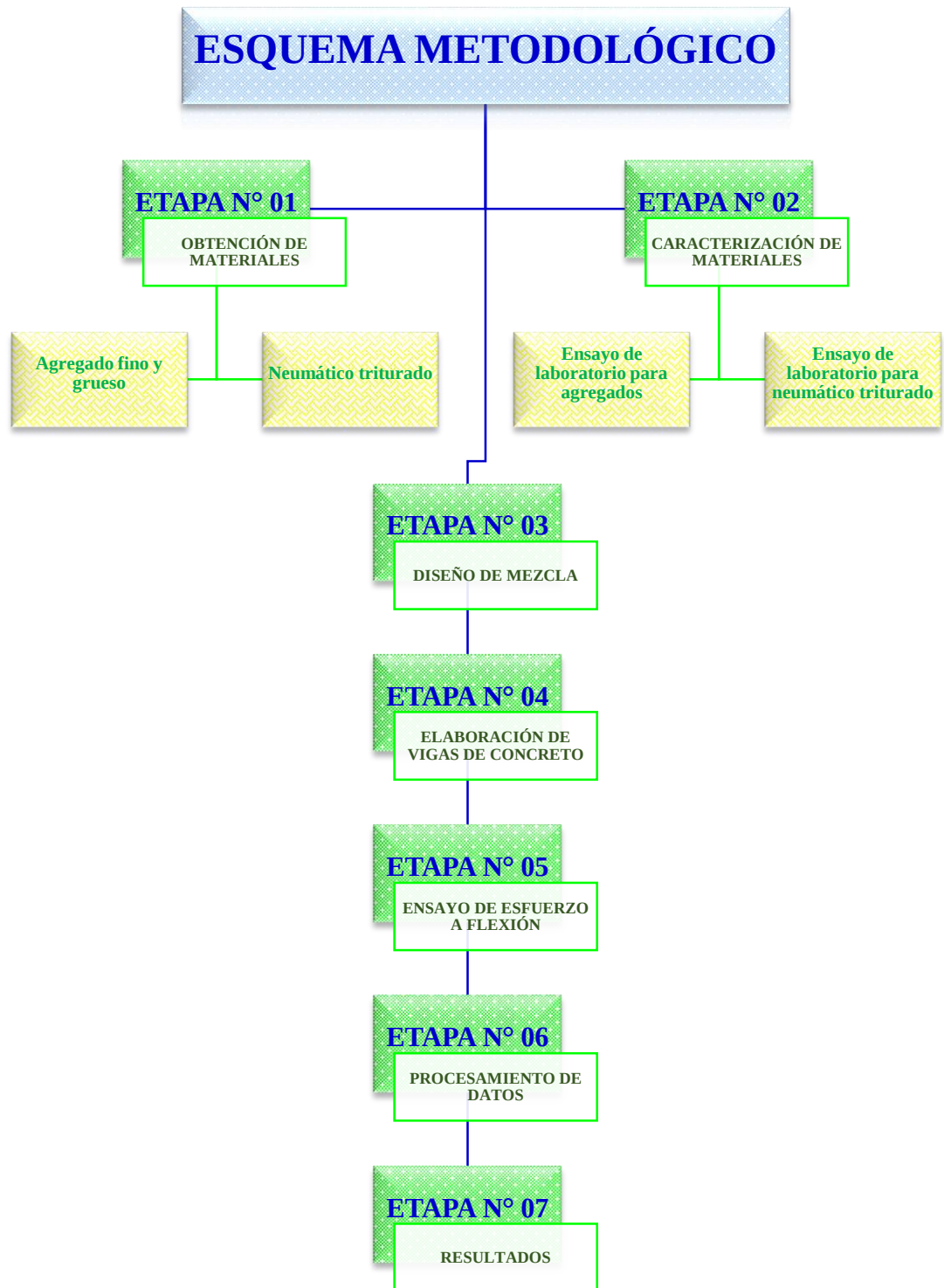
El uso de fichas bibliográficas, nos ayudó a obtener información interesante y relevante para la investigación.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Lo primero que hicimos es la adquisición del neumático triturado, agregado fino y grueso para realizar sus respectivas caracterización de sus propiedades físico-mecánicas, luego procesar los datos obtenidos en los diferentes ensayos sometidos para llegar al objetivo principal de la investigación, dichos datos procesamos en la hoja de cálculo Microsoft Excel 2016, todo ello se hizo para los cálculos matemáticos y finalmente hacer el procesamiento estadístico, con ello hacer la prueba de hipótesis y analizar resultados finales que son de interés para el informe final de investigación.

Para mejor visión, mostramos el esquema metodológico que se siguió durante la ejecución de la investigación.

Gráfico 3: Esquema metodológico.



Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

3.8.1. Etapa N° 01: Obtención de materiales

a) Agregados (grueso y fino)

Instrumento

- cámara fotográfica,
- observación directa.

Metodología

- adquisición de agregados.

Resultados

- muestra de agregados (fino y grueso).

b) Neumático triturado

Instrumento

- equipo para el triturado del neumático triturado reciclado.

Metodología

- adquisición de neumático triturado reciclado,
- triturado mecánico del neumático triturado reciclado.

Resultados

- muestra del neumático triturado reciclado.

3.8.2. Etapa N° 02: Caracterización de Materiales

a) Ensayo de laboratorio para agregados

Instrumento:

- equipo e instrumentos de laboratorio de geotecnia y tecnología de concreto.

Metodología:

- ensayo según normas establecidas (ASTM, NTP).

Resultados:

- características físico-mecánicas de agregados (fino y grueso).

b) Ensayo de laboratorio para neumático triturado reciclado

Instrumento

- equipo de laboratorio, máquina vibradora para granulometría.

Metodología

- ensayos básicos (granulometría).

Resultados

- características físico-mecánicas del neumático triturado.

3.8.3. Etapa N° 03: Diseño de mezcla

Instrumento

- Normas ACI – ASTM (método ACI).

Metodología

- elaboración de diseño de mezcla para sollicitación de resistencia ($f'c=210\text{kg/cm}^2$).

Resultados

- diseño de mezcla óptimo a trabajar en las elaboraciones de probetas cilíndricas y vigas rectangulares de concreto.

3.8.4. Etapa N° 04: Elaboración de testigos de concreto

Instrumento

- mezcladora, probetas cilíndricas,
- encofrado para vigas rectangulares.

Metodología

- adición del triturado de neumático reciclado en proporciones controladas sustituyendo al agregado fino.

Resultados

- vigas rectangulares con incorporación neumático reciclado.

3.8.5. Etapa N° 05: Ensayo de esfuerzo de flexión

Instrumento

- equipos e instrumentos de los laboratorios de tecnología de materiales, laboratorio de estructuras y antisísmica.
- máquina de flexión de materiales de concreto.

Metodología

- se sometieron las vigas rectangulares a esfuerzos de flexión hasta alcanzar su resistencia última.

Resultados

- tabla de esfuerzos máximos a flexión.

3.8.6. Etapa N° 06: Procesamiento de datos

Instrumento

- software estadístico (SPSS Statistics 28).
- hojas de cálculo (Excel 2016).

Metodología

- ingresar los datos obtenidos en el software estadístico.

Resultados

- se determinó los niveles de influencia de acuerdo al % de incorporación del neumático triturado.

3.8.7. Etapa N° 07: Resultados

- comparación de resultados,
- validación de hipótesis.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

En nuestra investigación se aprecia dos variables, variable dependiente: “Resistencia a flexión en vigas de concreto” y variable independiente: “Propiedades del neumático triturado”, en consecuencia, en este capítulo evidenciamos los resultados analizados y observados, de acuerdo a la metodología, se presenta en tablas, gráficos desarrollados y generados en base a resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Para la estimación y evaluación correcta de las variables; por defecto, se hizo conforme al esquema metodológico propuesto en el capítulo anterior, se expone resultados de la variable independiente de acuerdo a estudios realizados en las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado; de igual forma se desarrolló estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos y gruesos; conforme a los resultados obtenidos se realizó la preparación adecuada del diseño de mezcla óptima para la elaboración de vigas rectangulares con y sin adición de neumático triturado; los ensayos realizados por las tesisistas son:

- Análisis granulométrico del neumático triturado, agregado fino y grueso.
- Peso unitario suelto y compactado de agregado fino y grueso.
- Peso específico de agregado fino y grueso.
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción del neumático triturado, agregado fino y grueso.
- Ensayo a flexión de vigas rectangulares con y sin adición de neumático triturado.

Según los ensayos realizados presentamos los resultados a través de tablas y gráficos; y finalizamos con la evaluación estadística que se encarga de la contrastación de las hipótesis.

4.1.1. Ensayos de laboratorio

4.1.1.1. *Análisis granulométrico (NTP 400.012:2013)*

4.1.1.1.1. Objetivo

Su finalidad de realizar la granulometría es definir las variedades de tamaños de partículas de una porción de agregado seco, distribuidas a través de una secuencia de tamices que va gradualmente con aberturas de mayor a menor dimensión, determinando el tamaño de partículas de la muestra del agregado seco.

4.1.1.1.2. Cálculos y resultados

4.1.1.1.2.1. Agregado fino

Tabla 3: Análisis granulométrico del agregado fino.

Análisis granulométrico del agregado fino					
Tamiz	Abertura (Mm)	Peso retenido (Gr)	% Retenido parcial	% Acumulado	
				Retenido	Pasa
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.750	186.00	5.00	5.00	95.00
Nº8	2.300	550.00	14.77	19.77	80.23
Nº16	1.190	608.11	16.33	36.10	63.90
Nº30	0.590	744.02	19.98	56.08	43.92
Nº50	0.297	939.90	25.24	81.32	18.68
Nº100	0.150	341.51	9.17	90.49	9.51
Nº200	0.074	354.00	9.51	100.00	0.00
Fondo		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL:		3723.53	100.00		

Fuente: Desarrollado por las tesis.

Tabla 3, observamos el resultado del análisis granulométrico del agregado fino, muestra los pesos, porcentajes retenidos y acumulados que pasan por tamices de diferentes tamaños.

Tabla 4: Límites granulométricos para el agregado fino.

Tamiz		Porcentajes que pasa (en masa) límite totales
Pulg.	Mm	
3/8"	9.500	100
N° 4	4.750	95 - 100
N° 8	2.360	80 - 100
N° 16	1.180	50 - 85
N° 30	0.600	25 - 60
N° 50	0.300	10 - 30
N° 100	0.150	2 - 10

Fuente: Norma técnica peruana (NTP 400.037)

Tabla 4, se observa que por cada tamiz se tiene límites mínimos y máximos que debe de pasar con respecto al agregado fino, según detalles específicos de la Norma Técnica Peruana.

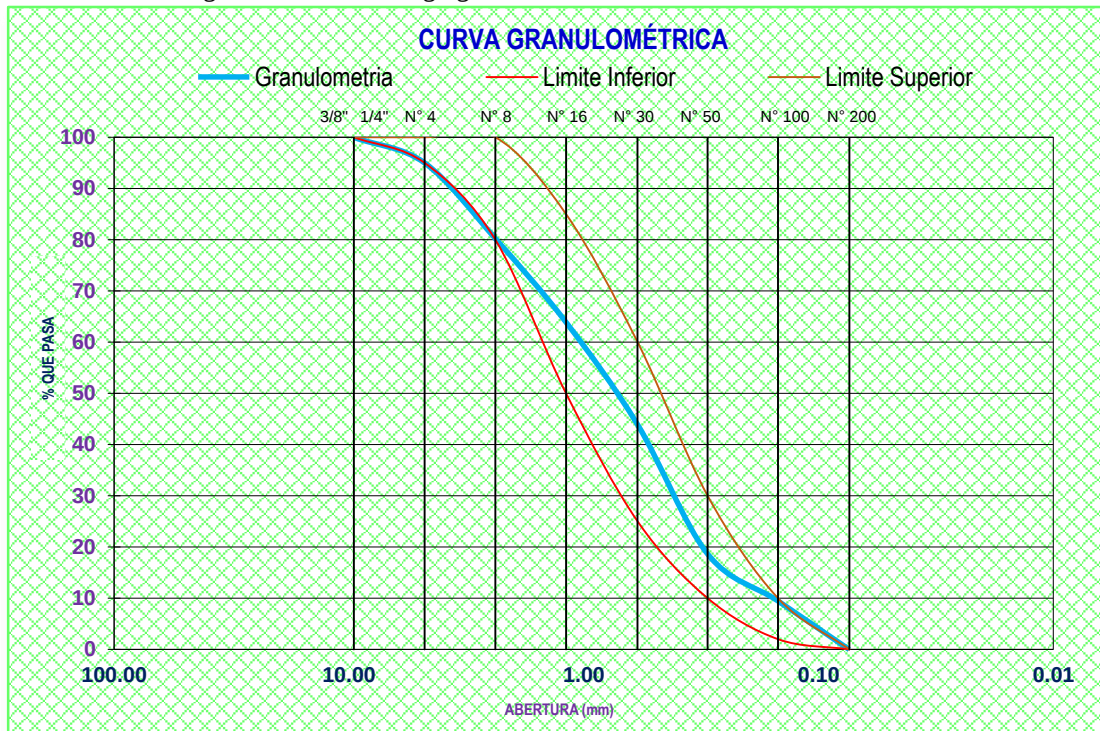
Tabla 5: Verificación de límites de porcentajes que pasa para agregado fino.

Tamiz		Límites de porcentajes que pasa			Verificación
Pulg.	Mm	Límite inferior	Pasante acumulado	Límite superior	
3/8"	9.500	100%	100.00	100%	Cumple
N° 4	4.750	95%	95.00	100%	Cumple
N° 8	2.360	80%	80.23	100%	Cumple
N° 16	1.180	50%	63.90	85%	Cumple
N° 30	0.600	25%	43.92	60%	Cumple
N° 50	0.300	10%	18.68	30%	Cumple
N° 100	0.150	2%	9.51	10%	Cumple

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 5, observamos que el pasante acumulado del agregado fino, está dentro del rango de los límites inferior y superior; es decir que cumple con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana.

Gráfico 4: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Desarrollado por las tesis.

Gráfico 4, observamos que la curva de la granulometría para el agregado fino, se ajusta a los límites granulométricos definidos, por lo tanto podemos decir, que el agregado fino ensayado tiene una gradación admisible y esto es un buen indicador de que este agregado fino ensayado puede ser aprovechado en la elaboración de concretos.

Definimos el módulo de fineza para el agregado fino y es como sigue:

- **Módulo de fineza:**

$$M_f = \frac{3/8" + N^{\circ}04 + N^{\circ}08 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$M_f = \frac{0.00 + 5.00 + 19.77 + 36.10 + 56.08 + 81.32 + 90.49}{100}$$

$$M_f = 2.89$$

4.1.1.1.2.2. Agregado grueso

Tabla 6: Análisis granulométrico del agregado grueso.

Análisis granulométrico del agregado grueso					
Tamiz	Abertura (Mm)	Peso retenido (Gr)	% Retenido parcial	% Acumulado	
				Retenido	Pasa
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	1.09	0.03	0.03	99.97
3/4"	19.00	1464.32	37.55	37.58	62.42
1/2"	12.50	1564.35	40.12	77.70	22.30
3/8"	9.53	361.68	9.28	86.98	13.02
Nº4	4.75	507.77	13.02	100.00	0.00
Base		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL:		3899.21	100.00		

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 6, observamos el resultado del análisis granulométrico del agregado grueso, que muestra los pesos, porcentajes retenidos y acumulados que pasan por tamices de diferentes tamaños.

Tabla 7: Límites granulométricos para el agregado grueso.

Tamaño nominal		Cantidades más finas de cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso													
Pulg	Mm	100 mm (4")	90 mm (3 1/2")	75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (Nº 4)	2.36 mm (Nº 8)	1.18 mm (Nº 16)	300 um (Nº 50)
3 1/2"	90		90		25		0		0						
-	-	100		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	37.5		100		60		15		5						
2 1/2"	63				90	35	0		0						
-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	37.5				100	70	15		5						
2"	50					90	35	0		0					
-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	25					100	70	15		5					
2"	50					95	35			10		0			
-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº4	4.75					100	70			30		5			
1 1/2"	37.5						90	20	0		0				
-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/4"	19						100	55	5		5				
1 1/2"	37.5						95		35		10	0			
-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº 4	4.75						100		70		30	5			

1"	25	-	-	-	-	-	-	100	90	20	0	0	-	-	-	-
1/2"	12.5	-	-	-	-	-	-	-	100	55	10	5	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-	-	-	100	90	40	10	0	0	-	-	-
3/8"	9.5	-	-	-	-	-	-	-	100	85	40	15	5	-	-	-
1"	25	-	-	-	-	-	-	100	95	-	25	-	0	0	-	-
Nº4	4.75	-	-	-	-	-	-	-	100	-	60	-	10	5	-	-
3/4"	19	-	-	-	-	-	-	-	100	90	20	0	0	-	-	-
3/8"	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	100	55	15	5	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-	-	-	-	100	90	-	20	0	0	-	-
Nº4	4.75	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	55	10	5	-	-
1/2"	12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90	40	0	0	-	-
Nº 4	4.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	70	15	5	-	-
3/8"	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85	10	0	0	-
Nº 8	2.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	30	10	5	-
1/2"	12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90	20	5	0	0
3/8"	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	55	30	10	5
Nº4	4.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85	10	0	0
Nº16	1.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	40	10	5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400:037

Tabla 7, se observa que por cada tamiz se tiene límites mínimos y máximos que debe de pasar con respecto al agregado grueso, según detalles específicos de la Norma Técnica Peruana.

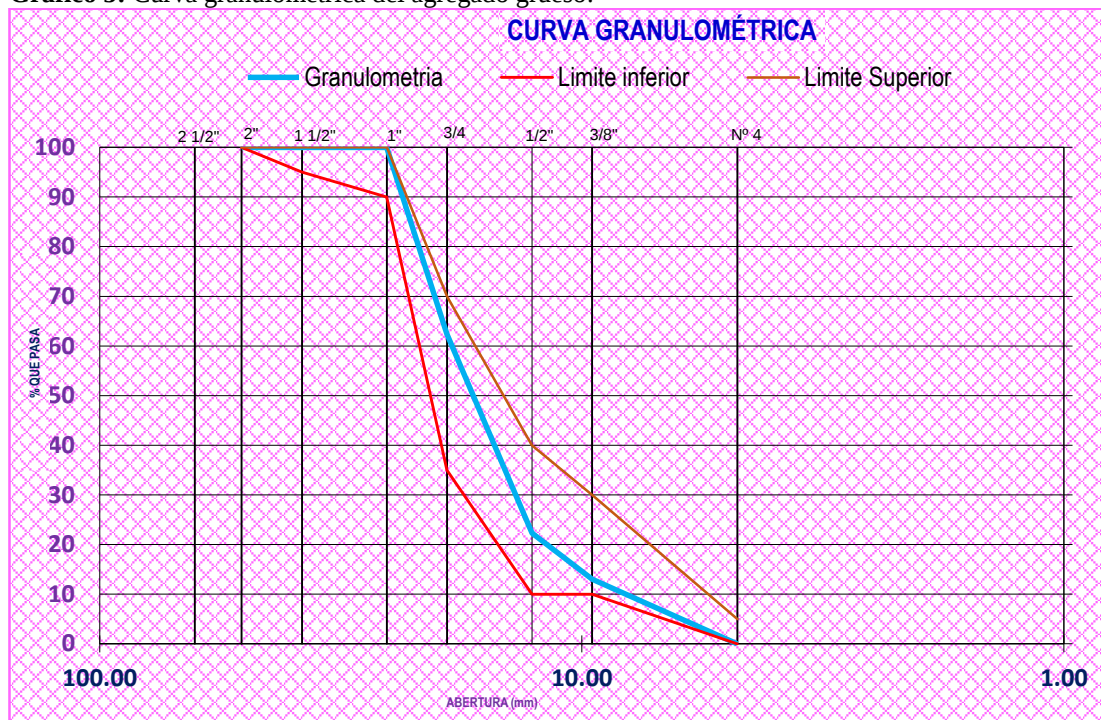
Tabla 8: Verificación de límites de porcentajes que pasa para agregado grueso.

Límites de porcentajes que pasa					
Tamiz		Límite inferior	Pasante acumulado	Límite superior	Verificación
Pulg.	Mm				
1 1/2"	37.500	95%	100.00	100%	Cumple
1"	25.000	90%	99.97	100%	Cumple
3/4"	19.000	35%	62.42	70%	Cumple
1/2"	12.500	10%	22.30	40%	Cumple
3/8"	9.500	10%	13.02	30%	Cumple
Nº 4	4.750	0%	0.00	5%	Cumple
Nº 8	2.360	0%	0.00	5%	Cumple
Nº 16	1.180	0%	0.00	0%	Cumple

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 8, observamos que el pasante acumulado del agregado grueso, está dentro del rango de los límites inferior y superior; es decir que cumple con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana.

Gráfico 5: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Desarrollado por las tesis.

Gráfico 5, observamos que la curva de la granulometría para el agregado grueso, se ajusta a los límites granulométricos definidos, por lo tanto podemos decir, que el agregado ensayado tiene una gradación admisible y esto es un buen indicador para ser aprovechado en la elaboración de concretos.

$$m_g = \frac{1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}04 + N^{\circ}08 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$m_g = \frac{0.00 + 37.58 + 86.98 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$m_g = 7.25$$

4.1.1.2. Contenido de humedad (NTP 339.127)

4.1.1.2.1. Objetivo del ensayo

Determinar el contenido de agua, para las porciones de agregado fino y grueso con la finalidad de asegurar la calidad de la mezcla de concreto.

4.1.1.2.2. Cálculos y resultados

4.1.1.2.2.1. Agregado fino

Tabla 9: Contenido de humedad del agregado fino.

Contenido de humedad del agregado fino				
Descripción	Detalle	Muestra agregado fino (M)		Unidad
		M-01	M-02	
Peso de tara + agregado húmedo	A	172.900	176.240	gr.
Peso de tara + agregado seco	B	163.650	166.540	gr.
Peso de tara	C	35.730	35.560	gr.
Peso de agua	D=A-B	9.250	9.700	gr.
Peso de agregado seco (Ws)	E=B-C	127.920	130.980	gr.
Contenido de humedad (W)	(D/E)x100	7.2310	7.4057	%
Promedio contenido de humedad		7.32		%

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 9, se evidencia los resultados de dos muestras de agregado fino (M-01 y M-02), obteniendo así el promedio de contenido de humedad que es 7.32%.

4.1.1.2.2.2. Agregado grueso

Tabla 10: Contenido de humedad del agregado grueso.

Contenido de humedad del agregado grueso				
Descripción	Detalle	Muestra agregado grueso (M)		Unidad
		M-01	M-02	
Peso de tara + agregado húmedo	A	175.030	185.630	gr.
Peso de tara + agregado seco	B	171.560	182.89	gr.
Peso de tara	C	35.73	35.56	gr.
Peso de agua	D=A-B	3.470	2.7400	gr.
Peso de agregado seco (Ws)	E=B-C	135.830	147.330	gr.
Contenido de humedad (W)	(D/E)x100	2.5547	1.8598	%
Promedio contenido de humedad		2.21		%

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 10, se evidencia los resultados de dos muestras de agregado grueso (M-01 y M-02), obteniendo así el promedio de contenido de humedad que es 2.21%.

4.1.1.3. *Peso unitario (NTP 400.017:2011)*

4.1.1.3.1. **Objetivo del ensayo**

Conocer el peso unitario suelto y compactado para las porciones de agregado fino y grueso para obtener un diseño de mezcla óptimo.

4.1.1.3.2. **Cálculos y resultados**

4.1.1.3.2.1. **Agregado fino**

Tabla 11: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino					
Descripción	Detalle	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Unidad
Peso del recipiente	(T)	10.170	10.170	10.170	Kg
Peso del recipiente + agregado suelto	(G1)	19.105	19.105	19.105	Kg
Peso del recipiente + agregado varillado	(G2)	19.800	19.820	19.840	Kg
Volumen del recipiente	(V)	0.00556	0.00556	0.00556	m ³
Peso unitario suelto	(G1-T)/V	1607.010	1607.010	1607.010	Kg/m ³
Promedio P.U.S.		1607.01		Kg/m³	
Peso unitario compactado (M)	(G2-T)/V	1732.010	1735.608	1739.205	Kg/m ³
Promedio P.U.C.		1735.61		Kg/m³	

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 11, se puede observar, que se tiene un peso unitario compactado de 1735.61 kg/m³, y el peso unitario suelto de 1607.01 kg/m³ respecto al agregado fino.

4.1.1.3.2.2. Agredo grueso

Tabla 12: Peso unitario suelto y compacto del agregado grueso.

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso					
Descripción	Detalle	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Unidad
Peso del recipiente	(T)	10.170	10.170	10.170	Kg
Peso del recipiente + agregado suelto	(G1)	17.495	17.495	17.495	Kg
Peso del recipiente + agregado varillado	(G2)	18.470	18.475	18.480	Kg
Volumen del recipiente	(V)	0.00556	0.00556	0.00556	m ³
Peso unitario suelto	(G1-T)/V	1317.446	1317.446	1317.446	Kg/m ³
Promedio P.U.S.		1317.44		Kg/m³	
Peso unitario compactado (M)	(G2-T)/V	1492.802	1493.702	1494.601	Kg/m ³
Promedio P.U.C.		1493.70		Kg/m³	

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 12, se puede observar que se tiene un peso unitario compactado de 1493.70 kg/m³, y el peso unitario suelto de 1317.44 kg/m³ respecto al agregado grueso.

4.1.1.4. *Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.021:2002) - (NTP 400.022:2013)*

4.1.1.4.1. Objetivo del ensayo

Conocer el peso específico para determinar el peso de los agregados existentes en la dosificación, de igual forma se debe de conocer el porcentaje de absorción para efectuar correcciones en las dosificaciones de mezcla de concreto; el porcentaje de absorción se obtiene cuando se sumerge los agregados finos y gruesos en un recipiente con agua por un período de 24 horas.

4.1.1.4.2. Cálculos y resultados

4.1.1.4.2.1. Agregado fino

Tabla 13: Datos del peso específico del agregado fino.

Item	Agregado fino	Peso	Unidad
A	Peso de arena secada en horno	488.64	gr
B	Peso picnómetro + agua	659.40	gr
C	Peso de arena saturada superficialmente seca +peso del picnómetro + peso de agua	996.77	gr
D	Peso del agregado	500.00	gr
E	Volumen del picnómetro	500.00	cm ³

Fuente: Elaboración propia por las tesisistas.

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{B + 500g - C}$$

$$\text{Peso específico seco} = \frac{500g}{B + 500g - C}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{500g - A}{A} * 100\%$$

Tabla 14: Resultados de peso específico y absorción del agregado fino.

Resultados		
Peso específico o aparente	2.45	g/cm ³
Peso específico saturado con superficie seca (sss)	3.07	g/cm ³
Peso específico masa	2.31	g/cm ³
Absorción	2.28	%

Fuente: Elaboración propia por las tesisistas.

Tabla 14, observamos los resultados del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino, por lo tanto, para contar con un diseño óptimo se trabajó con el peso específico de 2.45gr/cm³ y con el porcentaje de absorción de 2.28%, ambos datos para el agregado fino.

4.1.1.4.2.2. Agregado grueso

Tabla 15: Datos del peso específico del agregado grueso.

Item	Agregado grueso	Peso	Unidad
A	Peso seco de la arena secada al horno	2934.11	gr
B	Peso del agregado	3000.00	gr
C	Peso de la arena saturada superficialmente seca + peso de la canastilla + agua	1853.30	gr

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico seco} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{B - A}{A} * 100\%$$

Tabla 16: Resultados de peso específico y absorción del agregado grueso.

Resultados		
Peso específico aparente	2.56	g/cm ³
Peso específico saturado con superficie seca (sss)	2.62	g/cm ³
Peso específico masa	2.71	g/cm ³
Absorción	2.25	%

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 16, observamos los resultados del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso, por lo tanto, para contar con un diseño óptimo se trabajó con el peso específico de 2.56gr/cm³ y con el porcentaje de absorción de 2.25%, ambos datos para el agregado grueso.

4.1.2. Resistencia a la compresión (NTP-339.034:2008)

4.1.2.1. Objetivo del ensayo

Obtener el comportamiento de las probetas cilíndricas mientras tanto experimenta una carga de compresión sufriendo deformación.

4.1.2.2. Resultados de rotura de probetas cilíndricas obtenidas a los 28 días

Tabla 17: Resultados de rotura de probetas cilíndricas de muestra patrón (sin adición de neumático triturado).

Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	11/08/2021	09/09/2021	28	15.20	40820	230.99
N° 02	11/08/2021	09/09/2021	28	15.20	41210	233.20
N° 03	11/08/2021	09/09/2021	28	15.20	40640	229.97
N° 04	11/08/2021	09/09/2021	28	15.20	41300	233.70
N° 05	11/08/2021	09/09/2021	28	15.20	39900	225.79

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 17, se observa resultados del ensayo a compresión de 5 probetas cilíndricas sin adición de neumático triturado (muestra patrón), de tal forma podemos ver que la probeta cilíndrica N° 05 llegó a soportar una carga máxima de 39900 Kgf con una resistencia obtenida de 225.79 Kgf/cm² y la probeta N° 04 llegó a soportar una carga máxima de 41300 Kgf con una resistencia obtenida de 233.70 Kgf/cm².

Tabla 18: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 5% de neumático triturado.

Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	12/08/2021	13/09/2021	28	15.20	31500	178.70
N° 02	12/08/2021	13/09/2021	28	15.20	24100	136.40
N° 03	12/08/2021	13/09/2021	28	15.20	20500	116.00
N° 04	12/08/2021	13/09/2021	28	15.20	24160	136.70
N° 05	12/08/2021	13/09/2021	28	15.20	27770	157.20

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 18, se observa resultados del ensayo a compresión de 5 probetas cilíndricas con adición del 5% de neumático triturado en el agregado fino, de tal forma podemos ver que la probeta cilíndrica N° 02 llegó a soportar una carga máxima de 24100 Kgf con una resistencia obtenida de 136.40 Kgf/cm² y la probeta N° 01 llegó a soportar una carga máxima de 31500 Kgf con una resistencia obtenida de 178.70 Kgf/cm².

Tabla 19: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 10% de neumático triturado.

Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	21370	120.90
N° 02	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	22230	125.80
N° 03	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	22590	127.80
N° 04	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	22480	127.00
N° 05	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	24020	135.90

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 19, se observa resultados del ensayo a compresión de 5 probetas cilíndricas con adición del 10% de neumático triturado en el agregado fino, de tal forma podemos ver que la probeta cilíndrica N° 01 llegó a soportar una carga máxima de 21370 Kgf con una resistencia obtenida de 120.90 Kgf/cm² y la probeta N° 05 llegó a soportar una carga máxima de 24020 Kgf con una resistencia obtenida de 135.90 Kgf/cm².

Tabla 20: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 15% de neumático triturado.

Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	13990	79.00
N° 02	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	13120	74.22
N° 03	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	14220	80.45
N° 04	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	13700	77.54
N° 05	13/08/2021	13/09/2021	28	15.20	12840	72.66

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 20, se observa resultados del ensayo a compresión de 5 probetas cilíndricas con adición del 15% de neumático triturado en el agregado fino, de tal forma podemos ver

que la probeta cilíndrica N° 05 llegó a soportar una carga máxima de 12840 Kgf con una resistencia obtenida de 72.66 Kgf/cm² y la probeta N° 03 llegó a soportar una carga máxima de 14220 Kgf con una resistencia obtenida de 80.45 Kgf/cm².

Tabla 21: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 20% de neumático triturado.

Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	8720	49.32
N° 02	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	8320	47.09
N° 03	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	7610	43.04
N° 04	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	8020	45.39
N° 05	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	8810	49.88

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 21, se observa resultados del ensayo a compresión de 5 probetas cilíndricas con adición del 20% de neumático triturado en el agregado fino, de tal forma podemos ver que la probeta cilíndrica N° 03 llegó a soportar una carga máxima de 7610 Kgf con una resistencia obtenida de 43.04 Kgf/cm² y la probeta N° 05 llegó a soportar una carga máxima de 8810 Kgf con una resistencia obtenida de 49.88 Kgf/cm².

Tabla 22: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 30% de neumático triturado.

Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	5300	29.98
N° 02	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	5200	29.40
N° 03	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	5120	28.96
N° 04	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	5460	30.92
N° 05	16/08/2021	14/09/2021	28	15.20	5170	29.28

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 22, se observa resultados del ensayo a compresión de 5 probetas cilíndricas con adición del 30% de neumático triturado en el agregado fino, de tal forma podemos ver que la probeta cilíndrica N° 03 llegó a soportar una carga máxima de 5120 Kgf con

una resistencia obtenida de 28.96 Kgf/cm² y la probeta N° 04 llegó a soportar una carga máxima de 5460 Kgf con una resistencia obtenida de 30.92 Kgf/cm².

Tabla 23: Resultados de rotura de probetas cilíndricas con adición del 50% de neumático triturado.

Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	17/08/2021	15/09/2021	28	15.20	2370	13.41
N° 02	17/08/2021	15/09/2021	28	15.20	2410	13.63
N° 03	17/08/2021	15/09/2021	28	15.20	2660	15.09
N° 04	17/08/2021	15/09/2021	28	15.20	3010	17.01
N° 05	17/08/2021	15/09/2021	28	15.20	2920	17.00

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 23, se observa resultados del ensayo a compresión de 5 probetas cilíndricas con adición del 50% de neumático triturado en el agregado fino, de tal forma podemos ver que la probeta cilíndrica N° 01 llegó a soportar una carga máxima de 2370 Kgf con una resistencia obtenida de 13.41 Kgf/cm² y la probeta N° 04 llegó a soportar una carga máxima de 3010 Kgf con una resistencia obtenida de 17.01 Kgf/cm².

4.1.3. Resistencia a la flexión (NTP 339.079:2012)

4.1.3.1. Objetivo del ensayo

Esta prueba de ensayo se utilizó para determinar el módulo de rotura de vigas rectangulares de concreto. De forma genérica este ensayo variará en su resistencia alcanzada, dependiendo de las diferencias en el tamaño de los especímenes, de acuerdo a su preparación, con respecto a las condiciones de humedad, y el tiempo de curado de cada ejemplar. En este método de ensayo los resultados pueden ser utilizados para precisar confianza en el cumplimiento con las especificaciones o como base para una proporcionalidad adecuada, para el mezclado y operaciones de colocación. Este método de ensayo produce valores de resistencia a la flexión significativamente mayores que el método de ensayo C - 78.

4.1.3.2. Equipos, instrumentos y materiales

- balanza electrónica digital para 100 kilos,
- batidora o mezcladora para concreto,
- implentos y herramientas manuales,
- máquina de flexión de materiales de concreto,
- materiales para el encofrado de vigas rectangulares,
- materiales para la elaboración del concreto.

4.1.3.3. Procedimientos

- Primer paso a realizar es elaborar el encofrado, fabricado con moldes de madera para vigas rectangulares de dimensiones 0.25cm x 0.25cm x 0.80cm.
- Ya culminado los encofrados de madera, se elaboró el diseño de mezcla óptima para obtener 5 vigas rectangulares de concreto sin adición de neumático triturado 0%, y obtención de 15 vigas rectangulares de concreto con adición de neumático triturado de 5%, 10% y 15% previamente controlados para la sustitución del agregado fino.
- Se realizó el vaciado de la mezcla de concreto sobre los encofrados de madera; dejamos transcurrir 24 horas para realizar el desencofrado y el respectivo curado de cada viga rectangular, por un período de 28 días.
- Posterior a los 28 días de curado de las vigas rectangulares, se procedió al ensayo de las vigas rectangulares en la máquina de flexión de materiales de concreto.

4.1.3.4. Cálculos y resultados del módulo de rotura a flexión de vigas rectangulares.

4.1.3.4.1.1. Módulo de rotura para muestra patrón.

Tabla 24: Muestra patrón 0% (sin adición de neumático triturado).

Número de viga	Fuerza máxima (kn)	Desplazamiento máximo (mm)
Viga N° 01	54.00	6.80
Viga N° 02	53.90	6.78
Viga N° 03	53.37	6.72
Viga N° 04	53.14	6.69
Viga N° 05	52.17	6.56

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 25: Módulo de rotura de muestra patrón 0% (sin adición de neumático triturado).

Número de viga	Tiempo de curado	Fuerza máxima (Kgf)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Peralte promedio (cm)	Módulo de rotura (Kgf/cm ²)
VIGA N° 01	28 días	5506.47	75.00	25.00	25.50	36.59
				25.50	25.80	
				26.00	26.00	
				25.50	25.77	
VIGA N° 02	28 días	5496.27	75.20	24.50	26.80	36.46
				25.00	26.00	
				25.00	25.70	
				24.83	26.17	
VIGA N° 03	28 días	5442.23	75.00	24.70	26.50	37.27
				25.50	25.00	
				25.00	25.30	
				25.07	25.60	
VIGA N° 04	28 días	5418.77	75.00	25.50	26.00	37.99
				25.00	24.80	
				24.90	25.00	
				25.13	25.27	
VIGA N° 05	28 días	5319.86	75.10	25.00	26.50	36.92
				25.00	25.00	
				24.50	25.20	
				24.83	25.57	

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

4.1.3.4.1.2. Módulo de rotura para muestra con adición del 5% de neumático triturado.

Tabla 26: Muestra 5% (con adición de neumático triturado).

Número de viga	Fuerza máxima (kn)	Desplazamiento máximo (mm)
Viga N° 01	41.00	5.16
Viga N° 02	36.32	4.57
Viga N° 03	31.63	3.98
Viga N° 04	31.58	3.97
Viga N° 05	31.52	3.96

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 27: Módulo de rotura de muestra 5% (con adición de neumático triturado).

Número de viga	Tiempo de curado	Fuerza máxima (Kgf)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Peralte promedio (cm)	Módulo de rotura (Kgf/cm ²)
VIGA N° 01	28 días	4180.84	74.90	25.00	25.50	29.55
				24.90	25.00	
				25.00	25.20	
				24.97	25.23	
VIGA N° 02	28 días	3703.61	75.00	25.00	25.50	25.70
				25.00	25.30	
				25.20	25.50	
				25.07	25.43	
VIGA N° 03	28 días	3225.36	75.00	25.00	25.40	22.89
				24.90	25.20	
				25.00	25.00	
				24.97	25.20	
VIGA N° 04	28 días	3220.26	75.20	25.00	26.00	22.58
				25.00	25.00	
				25.00	25.10	
				25.00	25.37	
VIGA N° 05	28 días	3214.15	75.10	24.50	25.50	22.96
				24.80	25.00	
				25.00	25.20	
				24.77	25.23	

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

4.1.3.4.1.3. Módulo de rotura para muestra con adición del 10% de neumático triturado.

Tabla 28: Muestra 10% (con adición de neumático triturado).

Número de viga	Fuerza máxima (kn)	Desplazamiento máximo (mm)
Viga N° 01	31.40	3.95
Viga N° 02	29.53	3.71
Viga N° 03	29.34	3.69
Viga N° 04	29.06	3.65
Viga N° 05	27.93	3.51

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 29: Módulo de rotura de muestra 10% (con adición de neumático triturado).

Número de viga	Tiempo de curado	Fuerza máxima (Kgf)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Peralte promedio (cm)	Módulo de rotura (Kgf/cm ²)
VIGA N° 01	28 días	3201.91	74.90	24.00	25.20	23.38
				24.50	25.20	
				24.00	25.30	
				24.17	25.23	
VIGA N° 02	28 días	3011.22	75.00	25.20	25.50	20.89
				25.00	25.20	
				25.20	25.50	
				25.13	25.40	
VIGA N° 03	28 días	2991.85	75.00	25.00	25.50	20.60
				25.00	25.80	
				24.80	25.50	
				24.93	25.60	
VIGA N° 04	28 días	2963.30	75.00	24.80	25.00	21.31
				25.00	25.00	
				24.90	25.20	
				24.90	25.07	
VIGA N° 05	28 días	2848.07	75.10	25.00	25.90	20.08
				24.90	25.00	
				24.80	25.10	
				24.90	25.33	

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

4.1.3.4.1.4. Módulo de rotura para muestra con adición del 15% de neumático triturado.

Tabla 30: Muestra 15% (con adición de neumático triturado).

Número de viga	Fuerza máxima (kn)	Desplazamiento máximo (mm)
Viga N° 01	18.58	2.33
Viga N° 02	18.25	2.35
Viga N° 03	17.91	2.25
Viga N° 04	17.17	2.15
Viga N° 05	16.78	2.11

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 31: Módulo de rotura de muestra 15% (con adición de neumático triturado).

Número de viga	Tiempo de curado	Fuerza máxima (Kgf)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Peralte promedio (cm)	Módulo de rotura (Kgf/cm ²)
VIGA N° 01	28 días	1894.63	74.90	25.00	24.50	13.86
				25.10	24.80	
				25.00	25.00	
				25.03	24.77	
VIGA N° 02	28 días	1860.98	75.00	25.20	25.00	13.13
				25.30	25.50	
				25.00	25.00	
				25.17	25.17	
VIGA N° 03	28 días	1826.31	75.00	24.80	25.00	13.22
				24.60	25.00	
				24.80	25.20	
				24.73	25.07	
VIGA N° 04	28 días	1750.85	74.90	24.80	25.00	12.59
				25.00	25.20	
				24.80	25.00	
				24.87	25.07	
VIGA N° 05	28 días	1711.08	75.00	24.80	25.00	12.42
				24.80	25.00	
				24.80	25.00	
				24.80	25.00	

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

4.1.3.5. Resumen de resultados

Mostramos el resumen de los resultados de fuerza máxima, desplazamiento máximo y resistencia a flexión, todo ello se refleja en la tabla 32, según el porcentaje de adición; se tiene 5 ensayos en vigas de 0% sin adición de neumático triturado (muestra patrón) y 15 ensayos en vigas de 5%, 10% y 15% con adición de neumático triturado (muestra experimental).

Tabla 32 Resumen de fuerza máxima, desplazamiento máximo y resistencia a flexión.

FUERZA MÁXIMA (KN)				
ESPÉCIMEN	00%	05%	10%	15%
VIGA N° 01	54.00	41.00	31.40	18.58
VIGA N° 02	53.90	36.32	29.53	18.25
VIGA N° 03	53.37	31.63	29.34	17.91
VIGA N° 04	53.14	31.58	29.06	17.17
VIGA N° 05	52.17	31.52	27.93	16.78
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)				
ESPÉCIMEN	00%	05%	10%	15%
VIGA N° 01	6.80	5.16	3.95	2.33
VIGA N° 02	6.78	4.57	3.71	2.35
VIGA N° 03	6.72	3.98	3.69	2.25
VIGA N° 04	6.69	3.97	3.65	2.15
VIGA N° 05	6.56	3.96	3.51	2.11
RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kgf/cm²)				
ESPÉCIMEN	00%	05%	10%	15%
VIGA N° 01	36.59	29.55	23.38	13.86
VIGA N° 02	36.46	25.70	20.89	13.13
VIGA N° 03	37.27	22.89	20.60	13.22
VIGA N° 04	37.99	22.58	21.31	12.59
VIGA N° 05	36.92	22.96	20.08	12.42

Fuente: Desarrollado por las tesis.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Contrastación de la hipótesis general y específica

Se ha llevado a cabo la contrastación de las hipótesis dado que es de vital importancia para la presente investigación, por lo mismo se hace necesario que los datos obtenidos fueron sometidos a un minucioso proceso estadístico para determinar la significancia de nuestros resultados. En la presente investigación se buscó determinar los efectos que produce la adición de neumático triturado en la resistencia a flexión en vigas de concreto, para ello se optó por el uso del estadígrafo de distribución T de Student, para muestras emparejadas, previamente a la elección del estadígrafo T de Student se procedió a realizar la prueba de normalidad de los datos conocido como Shapiro – Wilk, por contar con una muestra menor a 30 especímenes, cuyos resultados se muestran en la tabla 33.

Tabla 33: Prueba de normalidad.

VIGA		Kolmogorov – Smirnov ^a			Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a flexión	ME 15	0.187	5	0.200*	0.947	5	0.712
	ME 10	0.282	5	0.200*	0.865	5	0.248
	ME 5	0.325	5	0.0910	0.799	5	0.079
	MP 0	0.181	5	0.200*	0.925	5	0.560
VIGA		Kolmogorov – Smirnov ^a			Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fuerza máxima	ME 15	0.191	5	0.200*	0.947	5	0.718
	ME 10	0.345	5	0.0520	0.779	5	0.054
	ME 5	0.275	5	0.200*	0.932	5	0.609
	MP 0	0.205	5	0.200*	0.909	5	0.460
VIGA		Kolmogorov – Smirnov ^a			Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Desplazamiento máximo	ME 15	0.206	5	0.200*	0.910	5	0.466
	ME 10	0.280	5	0.200*	0.930	5	0.597
	ME 5	0.343	5	0.0550	0.782	5	0.057
	MP 0	0.217	5	0.200*	0.912	5	0.482

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significancia de Lilliefors.

Fuente: Base de datos de SPSS.

Prueba de normalidad

Hipótesis:

H₀: los datos tienen una distribución normal.

H_a: los datos no tienen una distribución normal.

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Decisión:

1. Si p-valor es menor o igual que el alfa, se rechaza la H_0 y se acepta la hipótesis H_a (los datos no tienen una distribución normal, entonces empleamos pruebas no paramétricas).
2. Si p-valor es mayor que el alfa, se acepta la H_0 y se rechaza la hipótesis H_a (los datos tienen una distribución normal, entonces empleamos pruebas paramétricas).

Analizando los datos de la tabla 33 descrita líneas arriba, se puede observar lo siguiente, primero la muestra posee menos de 30 datos, por consiguiente la prueba que se eligió para determinar si los datos son normales o no, es la prueba **Shapiro – Wilk**.

Tomando como referencia los datos arrojados por el estadístico y centrándonos en la prueba Shapiro – Wilk, se evidencia que todos los datos de significancia arrojados en todos los casos (fuerza máxima y desplazamiento máximo, resistencia a flexión) son superiores al valor de alfa (0.05), por lo tanto, podemos afirmar que nuestros datos son normales y se hizo el uso de la estadística paramétrica, es por ello que se empleó la prueba de distribución T de Student para medir los efectos de las variables.

4.2.2. Prueba de hipótesis para fuerza máxima, desplazamiento máximo y resistencia a flexión.

4.2.2.1. Prueba de hipótesis para fuerza máxima

Tabla 34: Resultados de fuerza máxima en muestra patrón al 0%, muestra experimental al 5%, 10% y 15%.

FUERZA MÁXIMA (KN)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	54.00	41.00	31.40	18.58
VIGA N° 02	53.90	36.32	29.53	18.25
VIGA N° 03	53.37	31.63	29.34	17.91
VIGA N° 04	53.14	31.58	29.06	17.17
VIGA N° 05	52.17	31.52	27.93	16.78

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

La tabla 34, nos muestran los resultados obtenidos de la fuerza máxima, de un total de 20 especímenes (5 para cada porcentaje de adición de neumático triturado debidamente controlados), a partir de los cuales se ha desarrollado el análisis estadístico.

Tabla 35: Estadística de grupo - fuerza máxima (0% - 5%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA	N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media	
Fuerza máxima	MP 0	5	53.3160	0.73419	0.32834
	ME 5	5	34.4100	4.21799	1.88634

Fuente: Base de datos de SPSS.

Tabla 36: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - fuerza máxima (0% - 5%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Fuerza máxima	Se han asumido varianzas iguales	11.674000	0.009000	9.874000	8.000000	0.000009	18.906000	1.914700	14.490690	23.321310
	No se han asumido varianzas iguales			9.874000	4.242000	0.000439	18.906000	1.914700	13.707500	24.104500

Fuente: Base de datos de SPSS.

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = > α : aceptar H_0 = las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 37: Igualdad de varianza - fuerza máxima (0% - 5%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.009	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es menor que α , podemos asumir que existen diferencias significativas entre las varianzas.		

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 38: Prueba T de Student - fuerza máxima (0% - 5%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.000439	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en la fuerza máxima en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión (con una adición del 5% de neumático triturado).		

Criterio de decisión:

Si la probabilidad obtenida $P_valor \leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1).

Si la probabilidad obtenida $P_valor > \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0).

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 39: Estadística de grupo - fuerza máxima (0% - 10%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Fuerza máxima	MP 0	5	53.3160	0.73419	0.32834
	ME 10	5	29.4520	1.25334	0.56051

Fuente: Base de datos de SPSS.

Tabla 40: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - fuerza máxima (0% - 10%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Fuerza máxima	Se han asumido varianzas iguales	0.422000	0.534000	36.736000	8.000000	0.000000000033	23.864000	0.649600	22.366020	25.361980
	No se han asumido varianzas iguales			36.736000	6.456000	0.000000000965	23.864000	0.649600	22.301310	25.426690

Fuente: Base de datos de SPSS.

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = > α : aceptar H_0 = Las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 41: Igualdad de varianza - fuerza máxima (0% - 10%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.534	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es mayor que α , podemos asumir que las varianzas son iguales.		

Fuente: Desarrollado por las tésistas.

Tabla 42: Prueba T de Student - fuerza máxima (0% - 10%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.00000000033	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en la fuerza máxima en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión (con una adición del 10% de neumático triturado).		

Criterio de decisión:

Si la probabilidad obtenida **P_valor** <= α , rechace H_0 (Se acepta H_1).

Si la probabilidad obtenida **P_valor** > α , no rechace H_0 (Se acepta H_0).

Fuente: Desarrollado por las tésistas.

Tabla 43: Estadística de grupo - fuerza máxima (0% - 15%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Fuerza máxima	MP 0	5	53.3160	0.73419	0.32834
	ME 15	5	17.7380	4.74851	0.33474

Fuente: Base de datos de SPSS.

Tabla 44: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - fuerza máxima (0% - 15%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Fuerza máxima	Se han asumido varianzas iguales	0.117000	0.741000	75.877000	8.000000	0.000000000000010	35.578000	0.468890	34.496730	36.659270
	No se han asumido varianzas iguales			75.877000	7.997000	0.000000000000010	35.578000	0.468890	34.496660	36.659340

Fuente: Base de datos de SPSS.

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = > α : aceptar H_0 = las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 45: Igualdad de varianza - fuerza máxima (0% - 15%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.741	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es mayor que α , podemos asumir que las varianzas son iguales.		

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 46: Prueba T de Student - fuerza máxima (0% - 15%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.0000000000010	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en la fuerza máxima en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión (con una adición del 15% de neumático triturado).		
Criterio de decisión: Si la probabilidad obtenida $P_valor \leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1). Si la probabilidad obtenida $P_valor > \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0).		
Fuente: Desarrollado por las tesis.		

Hipótesis

Hipótesis de investigación:

H₁: Las propiedades del neumático triturado **influyen significativamente** en la **fuerza máxima** en vigas de concreto sometidas a esfuerzos de flexión.

Hipótesis nula:

H₀: Las propiedades del neumático triturado **no influyen significativamente** en la **fuerza máxima** en vigas de concreto sometidas a esfuerzos de flexión.

Características estadísticas

Nivel de significancia:

Alfa (α) = 0,05 o 5%. Es la probabilidad de cometer un error.

Nivel de confianza:

$1-\alpha = 0,95$ o 95%. Probabilidad de que la estimación de un parámetro en una muestra sea el valor real en la población.

Estadístico de prueba:

T de Student (muestras independientes)

Tabla 47: Resumen de pruebas T de Student - fuerza máxima (muestra patrón al 0%, muestra experimenta al 5%, 10 y 15%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Fuerza máxima	Se han asumido varianzas iguales	11.674000	0.009000	9.874000	8.000000	0.000009	18.906000	1.914700	14.490690	23.321310
	No se han asumido varianzas iguales			9.874000	4.242000	0.000439	18.906000	1.914700	13.707500	24.104500
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Fuerza máxima	Se han asumido varianzas iguales	0.422000	0.534000	36.736000	8.000000	0.000000000033	23.864000	0.649600	22.366020	25.361980
	No se han asumido varianzas iguales			36.736000	6.456000	0.000000000965	23.864000	0.649600	22.301310	25.426690
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Fuerza máxima	Se han asumido varianzas iguales	0.117000	0.741000	75.877000	8.000000	0.00000000000010	35.578000	0.468890	34.496730	36.659270
	No se han asumido varianzas iguales			75.877000	7.997000	0.00000000000010	35.578000	0.468890	34.496660	36.659340

Fuente: Bases de datos de SPSS

Tabla 47, muestra la prueba T para la fuerza máxima del concreto $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado sin adición de neumático triturado 0% y el concreto $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 5% de neumático triturado respecto al agregado fino, la prueba de Levene nos da un valor de 0.0090, lo que indica, que no se han asumido varianzas iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la fuerza máxima de las dos muestras independientes es de 0.000439.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (fuerza máxima) = $0.000439 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

Tabla 47, nos muestra la prueba T para la fuerza máxima del concreto $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado sin adición de neumático triturado 0% y el concreto $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 10% de neumático triturado respecto al agregado fino, la prueba de Levene nos da un valor de 0.534, lo que indica que podemos asumir que las varianzas son iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la fuerza máxima de las dos muestras independientes es de 0.00000000033.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (fuerza máxima) = $0.00000000033 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

La tabla 47, nos muestra la prueba T para la fuerza máxima del concreto $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado sin adición de neumático triturado y el concreto $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 15% de neumático triturado respecto al agregado fino, la prueba de Levene nos da un valor de 0.741 lo que indica que podemos asumir que las varianzas son iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la fuerza máxima de las dos muestras independientes es de 0.000000000010.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (fuerza máxima) = $0.000000000010 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

Interpretación

El grado de significancia para las muestras (MP – ME) es **0.000439** para una muestra experimental con adición del **5%** de triturado de neumático; **0.00000000033** para una muestra experimental con adición del **10%** de triturado de neumático y **0.0000000000010** para una muestra experimental con adición del **15%** de triturado de neumático, en todos los casos los valores son inferiores a α , por lo tanto rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis de la investigación (H_1) la cual indica lo siguiente: **“Las propiedades del neumático triturado influyen significativamente en la fuerza máxima en vigas de concreto”**.

4.2.2.2. Desplazamiento máximo

Tabla 48: Resultados del desplazamiento máximo en muestra patrón al 0%, muestra experimental al 5%, 10% y 15%.

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	6.80	5.16	3.95	2.33
VIGA N° 02	6.78	4.57	3.71	2.35
VIGA N° 03	6.72	3.98	3.69	2.25
VIGA N° 04	6.69	3.97	3.65	2.15
VIGA N° 05	6.56	3.96	3.51	2.11

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

La tabla 48, nos muestran los resultados obtenidos de desplazamiento máximo, de un total de 20 especímenes (5 para cada porcentaje de adición de neumático triturado debidamente controlados), a partir de los cuales se ha desarrollado el análisis estadístico.

Tabla 49: Estadística de grupo - desplazamiento máximo (0% - 5%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Desplazamiento máximo	MP 0	5	6.7100	0.94870	0.04243
	ME 5	5	4.3280	0.53279	0.23827

Fuente: Base de datos de SPSS

Tabla 50: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - desplazamiento máximo (0% - 5%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Despl. máximo	Se han asumido varianzas iguales	11.593000	0.009000	9.842000	8.000000	0.000010	2.382000	0.242020	1.823900	2.940100
	No se han asumido varianzas iguales			9.842000	4.253000	0.000439	2.382000	0.242020	1.725540	3.038460

Fuente: Base de datos de SPSS

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = > α : aceptar H_0 = las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 51: Igualdad de varianza - desplazamiento máximo (0% - 5%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.009	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es menor que α , podemos asumir que existen diferencias significativas entre las varianzas.		

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 52: Prueba T de Student - desplazamiento máximo (0% - 5%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.000439	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en el desplazamiento máximo en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión (con una adición del 5% de neumático triturado).		

Criterio de decisión:

Si la probabilidad obtenida **P_valor** <= α , rechace H_0 (Se acepta H_1).

Si la probabilidad obtenida **P_valor** > α , no rechace H_0 (Se acepta H_0).

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 53: Estadística de grupo - desplazamiento máximo (0% - 10%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Desplazamiento máximo	MP 0	5	6.7100	0.09487	0.04243
	ME 10	5	3.7020	0.15912	0.07116

Fuente: Base de datos de SPSS

Tabla 54: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - desplazamiento máximo (0% - 10%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Despl. máximo	Se han asumido varianzas iguales	0.383000	0.553000	36.307000	8.000000	0.0000000003629	3.008000	0.082850	2.816950	3.199050
	No se han asumido varianzas iguales			36.307000	6.525000	0.00000000089309	3.008000	0.082850	2.809160	3.206840

Fuente: Base de datos de SPSS

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = > α : aceptar H_0 = las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 55: Igualdad de varianza - desplazamiento máximo (0% - 10%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.553	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es mayor que α , podemos asumir que las varianzas son iguales.		

Fuente: Desarrollado por las tésistas.

Tabla 56: Prueba T de Student - desplazamiento máximo (0% - 10%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.0000000003629	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en el desplazamiento máximo en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión (con una adición del 10% de neumático triturado).		
Criterio de decisión:		
Si la probabilidad obtenida $P_valor \leq \alpha$, rechaza H_0 (Se acepta H_1).		
Si la probabilidad obtenida $P_valor > \alpha$, no rechaza H_0 (Se acepta H_0).		
Fuente: Desarrollado por las tesis.		

Tabla 57: Estadística de grupo – desplazamiento máximo (0% - 15%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Desplazamiento máximo	MP 0	5	6.7100	0.09487	0.04243
	ME 15	5	2.2380	0.10640	0.04758

Fuente: Base de datos de SPSS**Tabla 58:** Prueba de Levene para igualdad de varianzas - desplazamiento máximo (0% - 15%).

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias						
				t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Despl. máximo	Se han asumido varianzas iguales	0.325000	0.584000	70.150000	8.000000	0.000000000000019	3.008000	0.374720	23.137900	24.866100
	No se han asumido varianzas iguales			70.150000	7.897000	0.000000000000025	3.008000	0.374720	23.137070	24.866930

Fuente: Base de datos de SPSS

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = **> α :** aceptar H_0 = las varianzas son iguales.**P_valor** < **α :** aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 59: Igualdad de varianza - desplazamiento máximo (0% - 15%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.584	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es mayor que α , podemos asumir que las varianzas son iguales.		
Fuente: Desarrollado por las tesisistas.		

Tabla 60: Prueba T de Student - desplazamiento máximo (0% - 15%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.0000000000019	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en el desplazamiento máximo en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión (con una adición del 15% de neumático triturado).		
Criterio de decisión: Si la probabilidad obtenida P_valor $\leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1). Si la probabilidad obtenida P_valor $> \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0).		
Fuente: Desarrollado por las tesisistas.		

Hipótesis

Hipótesis de investigación:

H₁: las propiedades del neumático triturado **influyen significativamente** en el **desplazamiento máximo** en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión.

Hipótesis nula:

H₀: las propiedades del neumático triturado **no influyen significativamente** en el **desplazamiento máximo** en vigas de concreto sometidos a esfuerzos de flexión.

Características estadísticas

Nivel de significancia:

Alfa (α) = 0,05 o 5%. Es la probabilidad de cometer un error.

Nivel de confianza:

$1-\alpha = 0,95$ o 95%. Probabilidad de que la estimación de un parámetro en una muestra sea el valor real en la población.

Estadístico de prueba:

T de Student (muestras independientes)

Tabla 61: Resumen de pruebas T de Student - desplazamiento máximo (muestra patrón 0% y muestra experimental al 5%, 10 y 15%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Despl. máximo	Se han asumido varianzas iguales	11.593000	0.009000	9.842000	8.000000	0.000010	2.382000	0.242020	1.823900	2.940100
	No se han asumido varianzas iguales			9.842000	4.253000	0.000439	2.382000	0.242020	1.725540	3.038460
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Despl. máximo	Se han asumido varianzas iguales	0.383000	0.553000	36.307000	8.000000	0.00000000003629	3.008000	0.082850	2.816950	3.199050
	No se han asumido varianzas iguales			36.307000	6.525000	0.000000000089309	3.008000	0.082850	2.809160	3.206840
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Despl. máxima	Se han asumido varianzas iguales	0.325000	0.584000	70.150000	8.000000	0.000000000000019	3.008000	0.374720	23.137900	24.866100
	No se han asumido varianzas iguales			70.150000	7.897000	0.000000000000025	3.008000	0.374720	23.137070	24.866930

Fuente: Base de datos de SPSS

Tabla 61, muestra la prueba T para el desplazamiento máximo $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado sin adición de neumático triturado y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado con la sustitución de un 5% con neumático triturado respecto al agregado fino, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.009, lo que indica, que no se han asumido varianzas iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para el desplazamiento máximo de las dos muestras independientes es de 0.000439.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (desplazamiento máximo) = $0.000439 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

Tabla 61, nos muestra la prueba T para el desplazamiento máximo $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado sin adición de neumático triturado y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 10% con neumático triturado respecto al agregado fino, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.553, lo que indica, que podemos asumir que las varianzas son iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para el desplazamiento máximo de las dos muestras independientes es de 0.0000000089.

Por lo tanto:

Cálculo de P-Valor

- P-valor (desplazamiento máximo) = $0.0000000089 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

tabla 61, nos muestra la prueba T para el desplazamiento máximo $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado sin adición de neumático triturado y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 15% con neumático triturado respecto al agregado fino, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.584, lo que indica que podemos asumir que las

varianzas son iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para el desplazamiento máximo de las dos muestras independientes es de 0.0000000000025.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (desplazamiento máximo) = $0.0000000000025 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

Interpretación

El grado de significancia en las muestras (MP – ME) es **0.000439**, para una muestra experimental con adición del **5%** de triturado de neumático; **0.0000000089**, para una muestra experimental con adición del **10%** de triturado de neumático y **0.000000000025**, para una muestra experimental con adición del **15%** de triturado de neumático, en todos los casos los valores son inferiores a α , por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis de la investigación (H_1), la cual indica, lo siguiente: **“Las propiedades del neumático triturado influyen significativamente en el desplazamiento máximo en vigas de concreto”**.

4.2.2.3. Resistencia a flexión

Tabla 62: Resultados de la resistencia a flexión en muestra patrón al 0%, muestra experimental al 5%, 10% y 15%.

RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kgf/cm ²)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	36.59	29.55	23.38	13.86
VIGA N° 02	36.46	25.70	20.89	13.13
VIGA N° 03	37.27	22.89	20.60	13.22
VIGA N° 04	37.99	22.58	21.31	12.59
VIGA N° 05	36.92	22.96	20.08	12.42

Fuente: Desarrollado por las tesis.

Tabla 62, nos muestran los resultados obtenidos de la resistencia a flexión, de un total de 20 especímenes (5 para cada porcentaje de adición de neumático triturado debidamente controlados), a partir de los cuales se ha desarrollado el análisis estadístico.

Tabla 63: Estadística de grupo - resistencia a flexión (0% - 5%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Resistencia a flexión	MP 0	5	37.0460	0.61411	0.27464
	ME 5	5	24.7360	2.97128	1.32880

Fuente: Base de datos de SPSS

Tabla 64: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - resistencia a flexión (0% - 5%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a flexión	Se han asumido varianzas iguales	7.537000	0.025000	9.072000	8.000000	0.000017	12.310000	1.356880	9.181020	15.438980
	No se han asumido varianzas iguales			9.072000	4.341000	0.001000	12.310000	1.356880	8.656610	15.963390

Fuente: Base de datos de SPSS

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = > α : aceptar H_0 = las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 65: Igualdad de varianza - resistencia a flexión (0% - 5%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.025	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es menor que α , podemos asumir que existen diferencias significativas entre las varianzas.		

Fuente: Desarrollado por las tesis.

Tabla 66: Prueba T de Student - resistencia a flexión (0% - 5%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.001	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión de vigas de concreto con una adición del 5% de neumático triturado.		
Criterio de decisión:		
Si la probabilidad obtenida $P_valor \leq \alpha$, rechaza H_0 (Se acepta H_1).		
Si la probabilidad obtenida $P_valor > \alpha$, no rechaza H_0 (Se acepta H_0).		
Fuente: Desarrollado por las tesis.		

Tabla 67: Estadística de grupo - resistencia a flexión (0% - 10%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Resistencia a flexión	MP 0	5	37.0460	0.61411	0.27464
	ME 10	5	21.2520	1.27097	0.56840

Fuente: Base de datos de SPSS

Tabla 68: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - resistencia a flexión (0% - 10%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a flexión	Se han asumido varianzas iguales	1.085000	0.328000	25.019000	8.000000	0.0000000017	15.794000	0.631270	14.338290	17.249710
	No se han asumido varianzas iguales			25.019000	5.771000	0.000000416	15.794000	0.631270	14.234370	17.353630

Fuente: Base de datos de SPSS

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = α : aceptar H_0 = las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 69: Igualdad de varianza - resistencia a flexión (0% - 10%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.328	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: dado que P_valor es mayor que α , podemos asumir que las varianzas son iguales.		
Fuente: Desarrollado por las tesis.		

Tabla 70: Prueba T de Student - resistencia a flexión (0% - 10%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.000000007	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión de vigas de concreto (con una adición del 10% de neumático triturado).		
Criterio de decisión:		
Si la probabilidad obtenida P_valor $\leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1).		
Si la probabilidad obtenida P_valor $> \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0).		
Fuente: Desarrollado por las tesis.		

Tabla 71: Estadística de grupo - resistencia a flexión (0% - 15%).

ESTADÍSTICA DE GRUPO					
VIGA		N	Media	Desviación tipo	Error tipo de la media
Resistencia a flexión	MP 0	5	37.0460	0.61411	0.27464
	ME 15	5	13.0440	0.57003	0.25492

Fuente: Base de datos de SPSS

Tabla 72: Prueba de Levene para igualdad de varianzas - resistencia a flexión (0% - 15%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a flexión	Se han asumido varianzas iguales	0.033000	0.861000	64.054000	8.000000	0.000000000000039	24.002000	0.374720	23.137900	24.866100
	No se han asumido varianzas iguales			64.054000	7.956000	0.000000000000044	24.002000	0.374720	23.137070	24.866930

Fuente: Base de datos de SPSS

Igualdad de varianza

Prueba de Levene

P_valor = > α : aceptar H_0 = las varianzas son iguales.

P_valor < α : aceptar H_1 = existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 73: Igualdad de varianza – resistencia a flexión (0% - 15%).

IGUALDAD DE VARIANZA		
P_valor = 0.861	>	$\alpha = 0.05$

Conclusión: dado que P_valor es mayor que α , podemos asumir que las varianzas son iguales.

Fuente: Desarrollado por las tesis.

Tabla 74: Prueba T de Student – resistencia a flexión (0% - 15%).

PRUEBA T DE STUDENT		
P_valor = 0.0000000000039	<	$\alpha = 0.05$

Conclusión: las propiedades físico-mecánicas del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión de vigas de concreto (con una adición del 15% de neumático triturado).

Criterio de decisión:

Si la probabilidad obtenida $P_valor \leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1).

Si la probabilidad obtenida $P_valor > \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0).

Fuente: Desarrollado por las tesis.

Hipótesis

Hipótesis de investigación:

H₁: Las propiedades del neumático triturado **influyen significativamente** en la **resistencia a flexión** en vigas de concreto.

Hipótesis nula:

H₀: Las propiedades del neumático triturado **no influyen significativamente** en la **resistencia a flexión** en vigas de concreto.

Características estadísticas

Nivel de significancia:

Alfa (α) = 0,05 o 5%. Es la probabilidad de cometer un error.

Nivel de confianza:

$1-\alpha = 0,95$ o 95%. Probabilidad de que la estimación de un parámetro en una muestra sea el valor real en la población.

Estadístico de prueba:

T de Student (muestras independientes)

Tabla 75: Resumen de pruebas T de Student - resistencia a flexión (muestra patrón 0% y muestra experimental al 5%, 10 y 15%).

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resist. a flexión	Se han asumido varianzas iguales	7.537000	0.025000	9.072000	8.000000	0.000017	12.310000	1.356880	9.181020	15.438980
	No se han asumido varianzas iguales			9.072000	4.341000	0.001000	12.310000	1.356880	8.656610	15.963390
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resist. a flexión	Se han asumido varianzas iguales	1.085000	0.328000	25.019000	8.000000	0.0000000017	15.794000	0.631270	14.338290	17.249710
	No se han asumido varianzas iguales			25.019000	5.771000	0.000000416	15.794000	0.631270	14.234370	17.353630
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior

Resist. a flexión	Se han asumido varianzas iguales	0.033000	0.861000	64.054000	8.000000	0.00000000000039	24.002000	0.374720	23.137900	24.866100
	No se han asumido varianzas iguales			64.054000	7.956000	0.00000000000044	24.002000	0.374720	23.137070	24.866930

Fuente: datos de base de SPSS

Tabla 75, muestra la prueba T para la resistencia a la flexión del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado sin adición de neumático triturado 0% y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 5% con neumático triturado respecto al agregado fino, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.0025, lo que indica, que no se han asumido varianzas iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la resistencia a la flexión de las dos muestras independientes es de 0.001.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (resistencia a la flexión) = $0.001 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

Tabla 75, muestra la prueba T para la resistencia a la flexión del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado sin adición de neumático triturado y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 10% con neumático triturado respecto al agregado fino, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.328, lo que indica, que podemos asumir que las varianzas son iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la resistencia a la flexión de las dos muestras independientes es de 0.000000007.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (resistencia a la flexión) = $0.000000007 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

Tabla 75, muestra la prueba T para la resistencia a la flexión del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado sin adición de neumático triturado y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, elaborado con la sustitución de un 15% con neumático triturado respecto al agregado fino, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.861, lo que indica, que podemos asumir que las varianzas son iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la resistencia a la flexión de las dos muestras independientes es de 0.00000000000039.

Por lo tanto:

Cálculo de P-valor

- P-valor (resistencia a la flexión) = $0.00000000000039 < \alpha = 0.05$
- Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

Interpretación

El grado de significancia para las muestras (MP – ME) es **0.001** para una muestra experimental con adición del **5%** de triturado de neumático; **0.0000000007** para una muestra experimental con adición del **10%** de triturado de neumático y **0.00000000000039** para una muestra experimental con adición del **15%** de triturado de neumático, en todos los casos los valores son inferiores a α , por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis de la investigación (H_1), la cual, indica lo siguiente: **“Las propiedades del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión en vigas de concreto”**.

4.3. Discusión de resultados

La investigación tuvo como objetivo analizar de manera controlada la influencia de la incorporación de neumático triturado en la resistencia a flexión de vigas de concreto, para tal efecto se han sustituido en porcentajes progresivos el agregado fino de una mezcla de concreto para sollicitaciones de 210 kg/cm^2 ,

teniendo como línea de base una muestra patrón (condiciones ideales) la misma que ha servido como referencia para ser comparada con muestras experimentales a las cuales se les ha sustituido como parte del agregado fino un nuevo elemento (neumático triturado) en porcentajes controlados de 5%, 10 y 15% respectivamente.

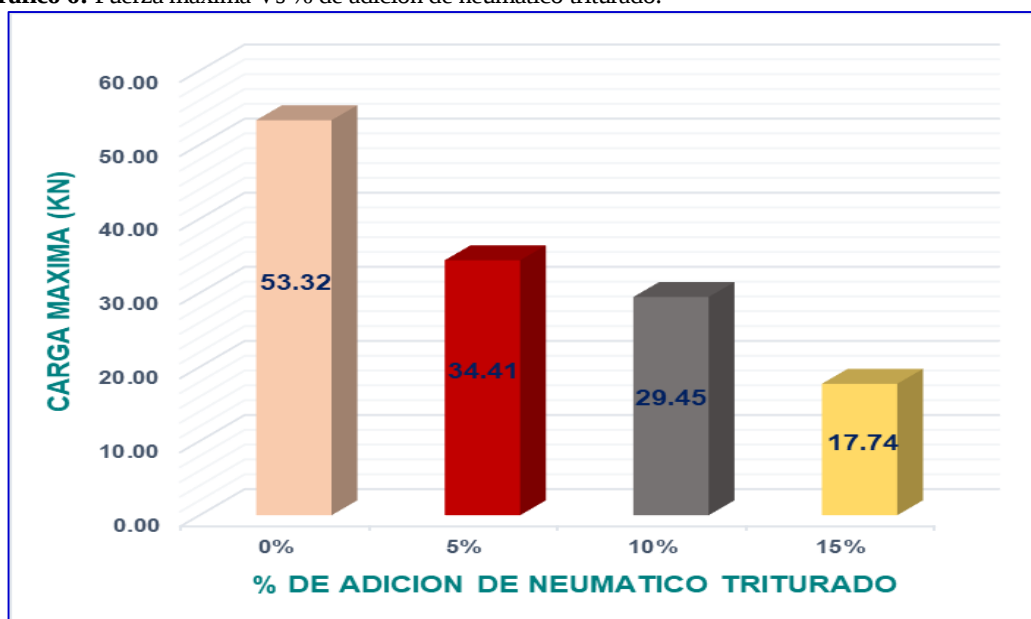
Se han evaluado un total de 20 vigas rectangulares de concreto, 5 para cada muestra experimental representadas por vigas de concreto de dimensiones 0.25cm x 0.25cm x 0.80cm, obteniéndose datos de fuerza máxima, desplazamiento máximo y módulo de rotura, los mismo que presentamos en los gráficos siguientes:

Tabla 76: Resumen de resultados de fuerza máxima (0%, 5%, 10% y 15%).

FUERZA MÁXIMA (KN)				
ESPECÍMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	54.00	41.00	31.40	18.58
VIGA N° 02	53.90	36.32	29.53	18.25
VIGA N° 03	53.37	31.63	29.34	17.91
VIGA N° 04	53.14	31.58	29.06	17.17
VIGA N° 05	52.17	31.52	27.93	16.78
PROMEDIO	53.316	34.41	29.452	17.738

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Gráfico 6: Fuerza máxima Vs % de adición de neumático triturado.



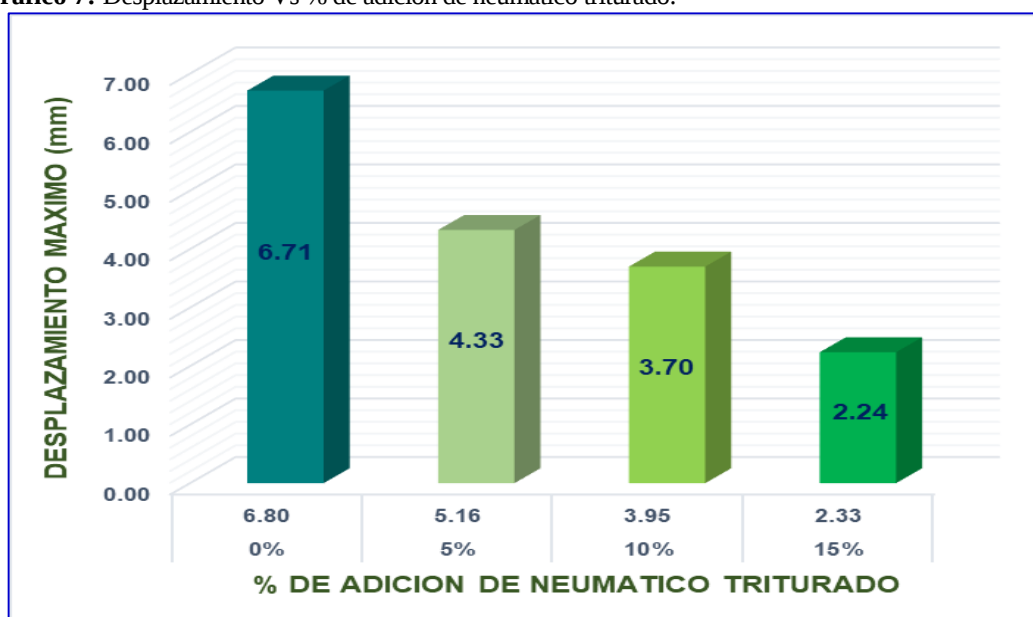
Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 77: Resumen de resultados de desplazamiento máximo (0%, 5%, 10% y 15%).

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	6.80	5.16	3.95	2.33
VIGA N° 02	6.78	4.57	3.71	2.35
VIGA N° 03	6.72	3.98	3.69	2.25
VIGA N° 04	6.69	3.97	3.65	2.15
VIGA N° 05	6.56	3.96	3.51	2.11
PROMEDIO	6.71	4.328	3.702	2.238

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Gráfico 7: Desplazamiento Vs % de adición de neumático triturado.



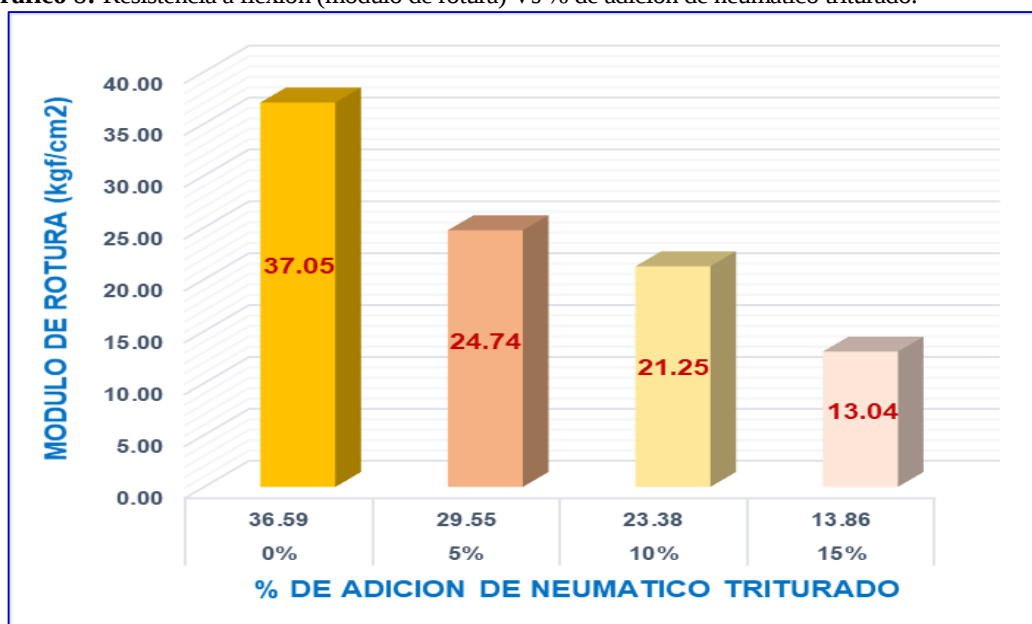
Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Tabla 78: Resumen de resultados de resistencia a flexión (módulo de rotura).

RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kgf/cm²)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	36.59	29.55	23.38	13.86
VIGA N° 02	36.46	25.70	20.89	13.13
VIGA N° 03	37.27	22.89	20.60	13.22
VIGA N° 04	37.99	22.58	21.31	12.59
VIGA N° 05	36.92	22.96	20.08	12.42
PROMEDIO	37.046	24.736	21.252	13.044

Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

Gráfico 8: Resistencia a flexión (módulo de rotura) Vs % de adición de neumático triturado.



Fuente: Desarrollado por las tesisistas.

De los resultados obtenidos se ha podido determinar que el grado de significancia para la comparación de las muestras tanto muestra patrón y muestra experimental (MP - ME) es como sigue: **0.001** para una muestra experimental con adición del **5%** de triturado de neumático; **0.000000007** para una muestra experimental con adición del **10%** de triturado de neumático y **0.0000000000039** para una muestra experimental con adición del **15%** de triturado de neumático, para todos los casos, los valores son inferiores al valor del nivel de significancia (α), en ese sentido, aceptamos la hipótesis de la investigación, la cual establece que las propiedades del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión en vigas de concreto.

Nuestra Investigación reafirma lo vertido en la investigación de Farfán y Leonardo (2018), en la revista: **“Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante”** en la que se concluye que la resistencia a la compresión se ve afectada por el reemplazo de agregado natural por agregado de caucho de neumáticos fuera de uso, con una reducción aproximada de 12% para una proporción de reemplazo del 15%. El caucho de neumático y/o llantas de desecho se presenta como una excelente alternativa de agregado en la preparación de concreto, y puede usarse

en estructuras donde hay poca intensidad sísmica.

Por otro lado Acosta, (2018), sustenta la tesis: **“Análisis de las características mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con partículas de caucho de neumáticos reciclados y su incidencia en las propiedades mecánicas”**, analiza las características mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con partículas de caucho de neumáticos reciclados y su efecto, incidencia sobre las propiedades mecánicas, los autores concluyen que, en las propiedades a flexión, a medida que aumenta el contenido de partículas de caucho de neumático reciclado disminuye el esfuerzo máximo de flexión y módulo de elasticidad de flexión, y en las propiedades a compresión, a medida que aumenta el contenido de partículas de caucho de neumático reciclado disminuye el esfuerzo máximo de compresión, el esfuerzo de fluencia y módulo de elasticidad de compresión, finalmente mediante la verificación de la hipótesis se determinó que la inclusión de partículas de caucho de neumático reciclado en una matriz de resina poliéster inciden negativamente en las propiedades mecánicas como: esfuerzos máximos de flexión y compresión, los módulos de elasticidad de flexión y compresión, y dureza, ya que estas disminuyen significativamente.

CONCLUSIONES

Basados en un nivel de significancia, el 5% y por consiguiente un nivel de confianza del 95% para cada uno de las hipótesis planteadas, se concluye lo siguiente:

- Después de desarrollar la contrastación de resultados de la resistencia a la flexión del concreto $F_c=210\text{kg/cm}^2$, utilizando una adición controlada de neumático triturado con porcentaje de sustitución del agregado fino (5%, 10% y 15%) frente a una muestra patrón (características ideales), es posible concluir que las características del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión en vigas de concreto. Dado que se evidencia una ligera disminución en las medias para la resistencia a flexión obtenidas con adición de neumático triturado, frente a la muestra patrón (la cual no posee ningún tipo de adición).

Tabla 79: Resistencia a flexión de muestra patrón y muestras experimentales.

RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kgf/cm ²)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	36.59	29.55	23.38	13.86
VIGA N° 02	36.46	25.7	20.89	13.13
VIGA N° 03	37.27	22.89	20.6	13.22
VIGA N° 04	37.99	22.58	21.31	12.59
VIGA N° 05	36.92	22.96	20.08	12.42
PROMEDIO	37.046	24.736	21.252	13.044

Fuente: Desarrollado por las tesis.

- Así mismo, se obtuvo que la fuerza máxima del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, como en el caso anterior y desarrollando la contrastación de una muestra patrón (con 0% de adición de neumático triturado) frente a especímenes a los cuales se le han añadido porcentajes controlados de neumático triturado (5% , 10% y 15%) como sustituto del agregado fino en la mezcla de concreto; Se evidencia una ligera variación en las medias para fuerza máxima, por lo que podemos concluir que las características del neumático triturado influyen significativamente en la fuerza máxima de vigas de concreto.

Tabla 80: Fuerza máxima de muestra patrón y muestras experimentales.

FUERZA MÁXIMA (KN)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	54.00	41.00	31.40	18.58
VIGA N° 02	53.90	36.32	29.53	18.25
VIGA N° 03	53.37	31.63	29.34	17.91
VIGA N° 04	53.14	31.58	29.06	17.17
VIGA N° 05	52.17	31.52	27.93	16.78
PROMEDIO	53.316	34.41	29.452	17.738

Fuente: Desarrollado por las tesis.

- Bajo la misma metodología que los casos anteriores se ha evaluado, los desplazamientos del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, se identificó que existe una relación inversamente proporcional entre los porcentajes de adición de neumático triturado en la mezcla de concreto, frente a las medias de desplazamientos máximos obtenidos, Lo que nos permite concluir que las características del neumático triturado influyen significativamente en los desplazamientos en vigas de concreto.

Tabla 81: Desplazamiento máximo de muestra patrón y muestras experimentales.

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)				
ESPÉCIMEN	0%	5%	10%	15%
VIGA N° 01	6.80	5.16	3.95	2.33
VIGA N° 02	6.78	4.57	3.71	2.35
VIGA N° 03	6.72	3.98	3.69	2.25
VIGA N° 04	6.69	3.97	3.65	2.15
VIGA N° 05	6.56	3.96	3.51	2.11
PROMEDIO	6.71	4.328	3.702	2.238

Fuente: Desarrollado por las tesis.

RECOMENDACIONES

- Con la investigación se buscó desarrollar la comparación de un concreto elaborado en condiciones normales (muestra patrón) y un concreto elaborado con adición de neumático triturado en porcentajes controlados y determinar su comportamiento frente a esfuerzos de flexión, tras concluir la investigación podemos recomendar, que la utilización del neumático triturado en elementos estructurales sometidos a flexión deberá ser en porcentajes menores a 5%, dado que al adicionarse en porcentajes superiores sugiere una disminución progresiva tanto en la fuerza máxima admisible, desplazamiento máximo y por consiguiente en el módulo de rotura.
- Para complementar la investigación, se recomienda desarrollar futuras investigaciones orientadas a la evaluación de las características de plasticidad y elasticidad que ofrece el neumático triturado u otro elemento similar, dado que de los ensayos desarrollados se evidencia una falla por flexión en los especímenes que a diferencia de la muestra patrón, no se origina en su totalidad dado que, posterior a su ruptura (falla) aún presenta cierta adherencia en el sector de falla.
- Realizar investigaciones del comportamiento del concreto elaborado con neumático triturado sometidos a esfuerzos de tracción y eventos sísmicos.
- Recomendamos tomar como referencia los resultados obtenidos en esta investigación para el desarrollo de futuras investigaciones, lo que permitiría respaldar las conclusiones a las cuales se han arribado en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009) *Tecnología del concreto*. (2da ed.) Perú: Ed. San Marcos.
- Acosta, (2018). “*Análisis de las características mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con partículas de caucho de neumáticos reciclados y su incidencia en las propiedades mecánicas*”. Universidad Técnica de Ambato – Ecuador.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación introducción a la metodología científica*
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Perú: Ed. Princliness E.I.R.L.
- Condor y Pariona, (2019). *Análisis comparativo de la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con piedra chancada y canto rodado en la ciudad de Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Ed. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, Gema. (2013). *Plan tecnológico del proceso de reciclado de llantas*. México, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Hernández Sampieri, R. (2010) *Metodología de la investigación*. (5ta Ed.). México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Houben, H. & Guillaud, H. (1994). *Earth construction-A comprehensive guide*. ITDG Publishing, London, UK.
- Instituto de la Construcción y Gerencia [ICG]. (2010). *Materiales de Construcción*. (2da ed.) Perú: Fondo Ed. ICG
- Farfán y Leonardo (2018) “*Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante*” en la Universidad Cesar Vallejo Trujillo- Perú.
- Lobaton, (2019). “*Influencia del vidrio triturado en la resistencia a la flexión del concreto estructural para pavimentos rígidos en la ciudad de*

Huancavelica - 2018”, en la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú.

Magallanes, C. A., & Guillen, I. C. (2014). *Experiencias en el tratamiento de neumaticos fuera de uso en iberoamerica. Lima - Peru.*

Manual de información técnica de neumático (1995)

Manual de residentes de obras (2007). (1ra Ed.). México: Ediciones TRILLAS

Manual técnico de construcción (2008). (4ta Ed). México: Ed. Fernando Ferrua.

Niño Rojas, V. (2011). *Metodología de la investigación* (1ra Ed.). Bogotá-Colombia: Ediciones la U.

Norma Técnica Peruana [NTP].339.079 (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo.* Perú.

Norma Técnica Peruana [NTP].400.021 (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.* Perú.

Norma Técnica Peruana [NTP].400.022 (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.* Perú.

Norma Técnica Peruana [NTP].339.034 (2008). (Concreto). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.* Perú.

Paredes, (2021), “*Análisis de concreto adicionado con residuos de llanta de caucho para la elaboración de prefabricados para urbanismo*”. Universidad Militar Nueva Granada – Bogotá.

Reglamento Nacional de Edificaciones Instituto [RNE]. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado.* Perú: El Peruano.

Reglamento técnico para neumáticos de automóvil, camión ligero, buses y camiones, (2005).

Rivera, G. (2009). *Concreto simple.* Colombia: Ed. Centro de publicaciones de la Universidad del Cauca.

Rodríguez y Villalba. (2015-2016). *Análisis a flexión en vigas de concreto armado, compuestas de hormigón modificado con fibrillas recicladas*

- de neumático, y su influencia en la cuantía de acero en un hormigón estructural de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.* Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Romo, M. (2008). *Capítulo II: Diseño y Fabricación de hormigones*. Quito. Escuela Superior Politécnica del Ejército.
- Sabino, C. (1998). *El proceso de investigación*. Buenos Aires, Argentina: Lumen Hymanitas.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Colombia: Ed. Bhandar editores Ltda.
- Supo, J. (2012) *Seminarios de investigación científica sinopsis del libro 2012*. Arequipa, Perú
- Swaneck, John. (2011) *Reciclado de neumático fuera de uso y su aplicación en la construcción*. Chile: Universidad Mayor
- Tamayo y Tamayo, M. (2012). *el proceso de la investigación científica*.
- Torres, Ana. (2004). *curso básico de tecnología del concreto*.

APÉNDICE

APÉNDICE N° 01:
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO”

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<u>PROBLEMA GENERAL:</u> ¿De qué manera influye las propiedades del neumático triturado en la resistencia a flexión en vigas de concreto? <u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</u> A. ¿De qué manera influye las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado en la fuerza máxima en vigas de concreto? B. ¿De qué manera influye las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado en el desplazamiento máximo en vigas de concreto?	<u>OBJETIVO GENERAL:</u> Determinar la influencia de las propiedades del neumático triturado en la resistencia a flexión en vigas de concreto. <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u> A. Determinar la influencia de las propiedades físico mecánicas del neumático triturado en la fuerza máxima en vigas de concreto B. Determinar la influencia de las propiedades físico mecánicas del neumático triturado en el desplazamiento máximo en vigas de concreto	<u>ANTECEDENTES:</u> <u>INTERNACIONAL:</u> • Universidad Militar Nueva Granada – Bogotá” (2021): Paredes, “Análisis de concreto adicionado con residuos de llanta de caucho para la elaboración de prefabricados para urbanismo”. • Universidad Técnica de Ambato – Ecuador (2018), Acosta, “Análisis de las características mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con partículas de caucho de neumáticos reciclados y su incidencia en las propiedades mecánicas”. • Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Ecuador, (2018), Luján, “Análisis del comportamiento de paneles prefabricados no estructurales de hormigón con inclusión de fibra de caucho reciclado de neumáticos fuera de uso (NFU)”.	<u>HIPÓTESIS GENERAL:</u> Las propiedades del neumático triturado influyen significativamente en la resistencia a flexión en vigas de concreto. <u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</u> • Las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado influye significativamente en la fuerza máxima en vigas de concreto. • Las propiedades físico - mecánicas del neumático triturado influye significativamente en el desplazamiento máximo en vigas de concreto.	<u>IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES:</u> <u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u> PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO TRITURADO (X) <u>DIMENSIONES:</u> • Propiedades físico mecánicas. <u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u> RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO (Y) <u>DIMENSIONES:</u> • Fuerza máxima. • Desplazamiento máximo.	<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</u> Aplicada <u>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</u> Explicativo <u>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</u> Método científico <u>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</u> Cuasi experimental <u>POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO:</u> <u>POBLACIÓN:</u> 20 Vigas rectangulares de concreto con dimensiones 0.25cm x 0.25cm x 0.80cm (elaboradas con la adición del neumático triturado). <u>MUESTRA:</u> 20 Vigas rectangulares de concreto con dimensiones 0.25cm x 0.25cm x

		<u>NACIONAL:</u> • Universidad Cesar Vallejo Trujillo- Perú (2018), Farfán y Leonardo, “Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante”. • Universidad Nacional de Trujillo – Perú (2018): Taboada, “Influencia del polímero reciclado de neumáticos y los elementos de mezcla en la optimización de la resistencia a la compresión en unidades de albañilería”. • Universidad de Cajamarca – Perú (2017), Cabanillas, “Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado”. <u>LOCAL:</u> • Universidad Nacional de Huancavelica – Perú (2019), Huaman y Rodrigo, “Agregado con Neumático Triturado como Columna de grava para el control del asentamiento de suelo blando en el sector de Quintanilla Pampa”.			0.80cm (elaboradas con la adición del neumático triturado). <u>MUESTREO:</u> No se aplicará ninguna técnica de muestreo. <u>INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS:</u> <u>INSTRUMENTOS:</u> • Equipos y Materiales de laboratorio de concreto. • Máquina de flexión de materiales de concreto. <u>TÉCNICAS:</u> • Documentación. • Observación. • Ficha técnica • Normas <u>TÉCNICAS Y PROCESAMIENTO:</u> <u>TÉCNICAS:</u> • análisis descriptivo • análisis inferencial <u>PROCESAMIENTO:</u> • EXCEL 2016 • SPSS 28
--	--	--	--	--	--

		• Universidad Nacional de Huancavelica – Perú (2019), Lobaton: “Influencia del vidrio triturado en la resistencia a la flexión del concreto estructural para pavimentos rígidos en la ciudad de Huancavelica - 2018”. • Universidad Nacional de Huancavelica – Perú (2019): Condor y Pariona, “Análisis comparativo de la resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con piedra chancada y canto rodado en la ciudad de Huancavelica – 2018”			
--	--	---	--	--	--

Autores: *Las Tesis*

APÉNDICE N° 02:
FOTOGRAFÍAS



Figura 1: Rotura de probetas cilíndricas de muestra patrón, muestra de 5%,10%,15%,20%,30% y 50% con adición de neumático triturado.



Figura 2: Encofrados de madera para vigas de concreto.



Figura 3: Vaciado de vigas de concreto.



Figura 4: Curado de veinte vigas de concreto.

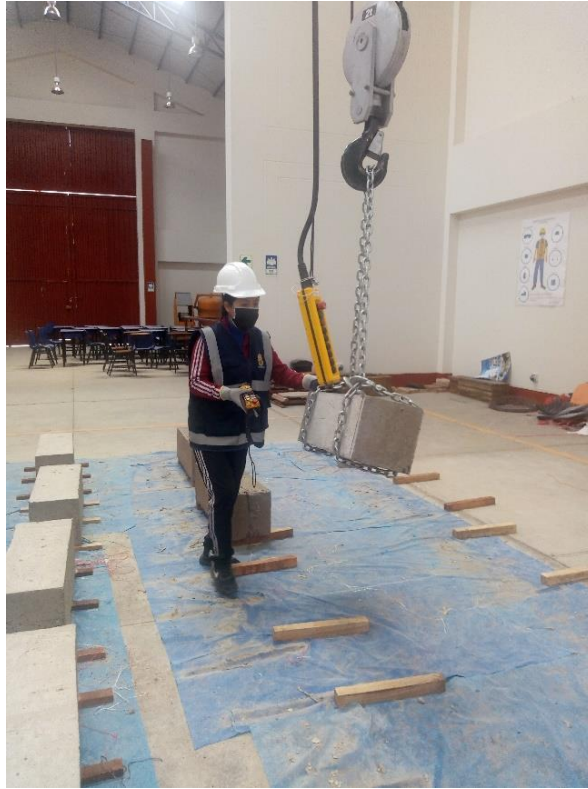


Figura 5: Traslado de vigas de concreto.



Figura 6: Ensayo de flexión de vigas de concreto.



Figura 7: Viga 01, muestra patrón elaborado sin adición.



Figura 8: Rotura de viga 01, muestra patrón elaborado sin adición.



Figura 9: Viga 05, muestra patrón elaborado sin adición.



Figura 10: Rotura de viga 05, muestra patrón elaborado sin adición.



Figura 11: Viga 01, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.



Figura 12: Rotura de viga 01, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.

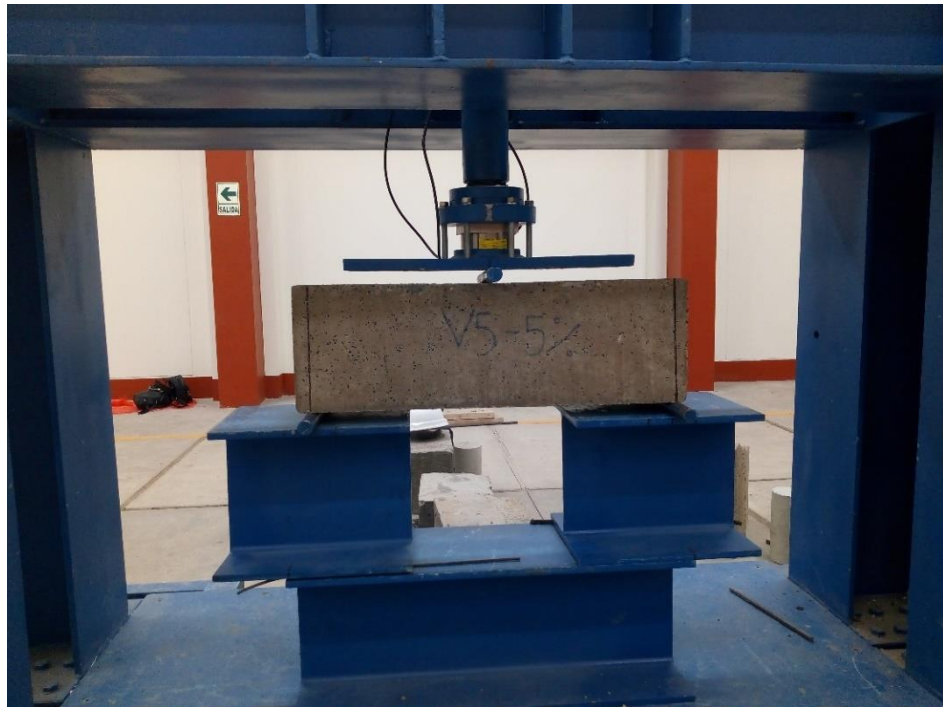


Figura 13: Viga 05, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.

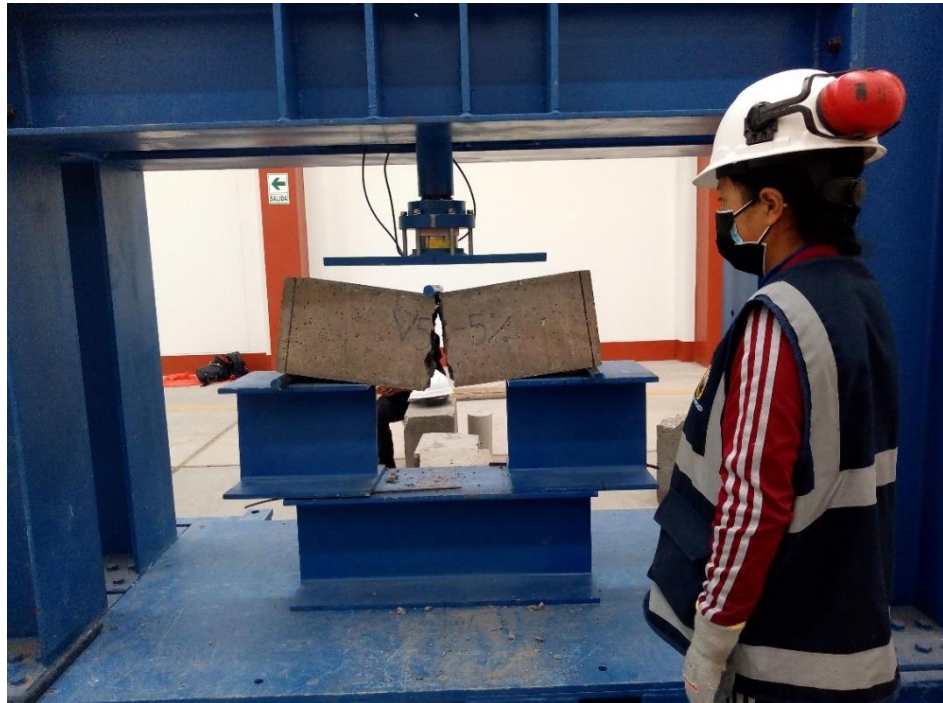


Figura 14: Rotura de viga 05, elaborado con adición del 5% de neumático triturado.



Figura 15: Viga 01, elaborado con adición del 10% de neumático triturado.

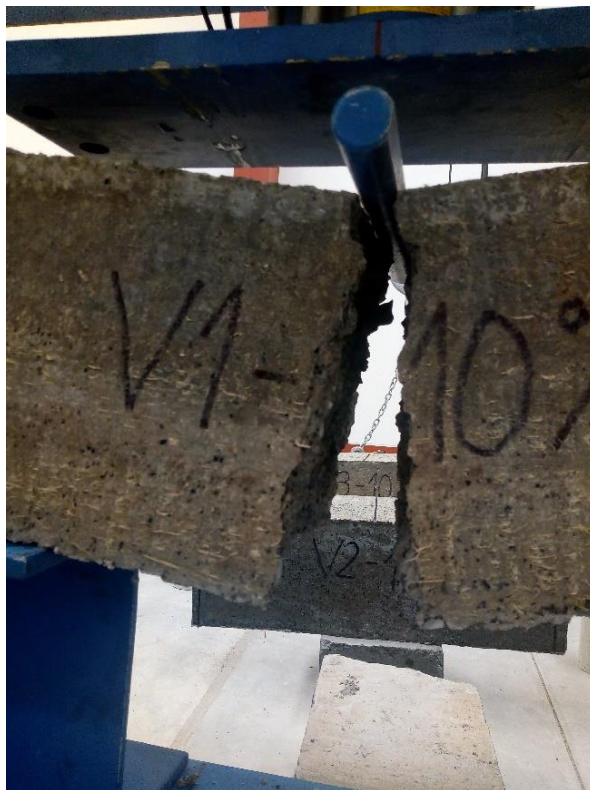


Figura 16: Rotura de viga 01, elaborado con adición del 10% de neumático triturado.



Figura 17: Viga 05, elaborado con adición del 10% de neumático triturado.



Figura 18: Rotura de viga 05, elaborado con adición del 10% de neumático triturado.



Figura 19: Viga 01, elaborado con adición del 15% de neumático triturado.



Figura 20: Rotura de viga 01, elaborado con adición del 15% de neumático triturado.



Figura 21: Viga 05, elaborado con adición del 15% de neumático triturado.



Figura 22: Rotura de viga 05, elaborado con adición del 15% de neumático triturado.

APÉNDICE N° 03:
DISEÑO DE MEZCLA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAMELICA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAMELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: **CAHUANA TAIPE Marisabel y CASTRO MOLLEHUARA Mariana**, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo de los siguientes ensayos en los laboratorios de **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - ANTISISMICA** de la EPICH:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AGREGADO FINO).	01
2	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AGREGADO GRUESO).	01
3	PESO UNITARIO SUELTO (AGREGADO FINO).	01
4	PESO UNITARIO SUELTO (AGREGADO GRUESO).	01
5	PESO UNITARIO COMPACTADO (AGREGADO FINO).	01
6	PESO UNITARIO COMPACTADO (AGREGADO GRUESO).	01
7	ANÁLISIS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (AGREGADO FINO).	01
8	ANÁLISIS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (AGREGADO GRUESO).	01
9	CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO FINO).	01
10	CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO GRUESO).	01
11	ENSAYO DE ASENTAMIENTO SLUMP.	07
12	CURADO DE TESTIGOS DE CONCRETO.	35
13	COMPRESION DIGITAL DE TESTIGOS DE CONCRETO.	35
14	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DE CONCRETO.	20

Durante el periodo de ejecución comprendido del 09 de junio del 2021 al 18 de agosto del 2021, del proyecto de tesis titulado: **"INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO"**

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para fines que estimen por conveniente.

Huancavelica, 07 de junio de 2022

Nº 005-2022

C. C.
Archivo
AP



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUACA
ÁREA DE PRODUCCIÓN
MSc IVAN ARTURO AYALA BIZARRO
JEFE

DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO ACI – COMITÉ 211

A. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEDIA REQUERIDA:

RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA f'_c KG/CM ²	RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEDIA REQUERIDA f'_{cr} KG/CM ²
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Más de 350	$f'_c + 98$

De la tabla tenemos que la resistencia a compresión media requerida será:

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

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

B. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO:

A partir del análisis granulométrico hemos determinado que el tamaño máximo es 1 1/2" y el tamaño máximo nominal es 1".

$$TMN = 1"$$

C. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO

Asentamiento recomendado para diferentes tipos de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros subestructura	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

El asentamiento recomendado para la construcción de vigas de 1" a 4"

D. DATOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio:

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso
Peso específico (g/cm ³)	2.45	2.56
Peso unitario compacto y seco (kg/m ³)	1735.61	1493.70
Contenido de humedad (%)	7.32	2.21
Porcentaje de absorción (%)	2.28	2.25
Módulo de finesa	2.89	7.25

E. DETERMINACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

ASENTAMIENTO O SLUMP	AGUA EN L/M ³ DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS GRUESOS Y CONSISTENCIA INDICADOS							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	205	200	185	179	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	193	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	202	185	180	170	
Cantidad aproximada de aire atrapado. En porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
5" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	
Promedio recomendado para el contenido total de aire. En Porcentaje	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Para un tamaño máximo nominal que es 1" y un asentamiento de 3" a 4", la cantidad aproximada de agua será de 193 lt y la cantidad de aire atrapado será de 1.5%.

F. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE CEMENTO:

Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (f'_c) (kg/cm^2)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRES INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	
400	0.43	
350	0.48	0.4
300	0.54	0.45
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Con el valor de $f'_c = 294\text{kg/cm}^2$, calculamos (relación agua / cemento):

$$50 \left[44 \left[\begin{array}{cc} f'_c & a/c \\ 300 & 0.54 \\ 294 & x \\ 250 & 0.62 \end{array} \right] y \right] 0.08$$

Calculamos el valor de "y" por regla de tres simple:

$$y = \frac{\frac{50}{44} \cdot 0.08}{50} = 0.0704$$

La relación agua/cemento para una resistencia 294kg/cm^2 será igual a:

$$x = a/c - y$$

$$x = 0.62 - 0.0704$$

$$x = 0.5496$$

$$x=0.55$$

La cantidad de cemento será:

$$\text{Cantidad de cemento} = 193 / 0.5496$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 193 / 0.55$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 350.9090$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 351 \text{ kg}$$

G. DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DEL AGREGADO GRUESO

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO (*) POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO, PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINEZA DE AGREGADO FINO			
	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Podemos observar el volumen de agregado grueso, seco y compactado, para un módulo de fineza de 2.89 y un tamaño máximo nominal de 1" de la arena gruesa será:

$$x = 0.661$$

Por la tanto el peso seco del agregado grueso será:

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.661 * P.U.$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.661 * 1493.70$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 987.336 \text{ kg}$$

H. DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DEL AGREGADO FINO:

- **MÉTODO DE LOS PESOS**

Primera estimación de peso del concreto fresco:

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DEL CONCRETO EN KG/M3	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Por lo tanto, para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1" y sin aire incorporado tenemos que el peso unitario del concreto fresco es:

$$\text{P.U. concreto fresco} = 2375 \text{ kg/cm}^3$$

Tenemos que:

$$\text{Agua} = 193 \text{ lt}$$

$$\text{Cemento} = 351 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 987.336$$

Entonces el peso del agregado fino por m3 de concreto será:

$$\text{Agregado fino} = 2375 - (193 + 351 + 987.336)$$

Agregado fino = 843.664 kg

RESUMEN DE MATERIALES

Resumen de materiales por el método de los pesos

Materiales	Pesos (kg)
Cemento	351 kg
Agregado grueso (seco)	987.336 kg
Agregado fino (seco)	843.664 kg
agua	193 lt

- **MÉTODO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS**

Volúmenes absolutos de los materiales por m³ de concreto:

- ✓ **Volumen del cemento:**

$$\text{Vol. cemento} = 351(\text{kg}) / 3.15 \cdot 1000 (\text{kg/cm}^3)$$

$$\text{Vol. cemento} = 0.111\text{m}^3$$

- ✓ **Volumen de agua:**

$$\text{Vol. agua} = 193(\text{lt}) / 1000 (\text{lt/cm}^3)$$

$$\text{Vol. agua} = 0.193\text{m}^3$$

- ✓ **Volumen de aire atrapado:**

$$\text{Vol. aire atrapado} = 1.5 \cdot 1 / 100$$

$$\text{Vol. aire atrapado} = 0.015\text{m}^3$$

- ✓ **Volumen del agregado grueso:**

$$\text{Vol. agregado grueso} = 987.336(\text{kg}) / 2.56 \cdot 1000 (\text{kg/cm}^3)$$

$$\text{Vol. agregado grueso} = 0.386\text{m}^3$$

✓ **Volumen del agregado fino:**

$$\text{Vol. agregado fino} = 1 - (0.1114 + 0.193 + 0.015 + 0.386)$$

$$\text{Vol. agregado fino} = 0.295 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el peso del agregado fino será:

$$\text{Peso agregado fino} = \text{Vol.af} * \text{Pe} * 1000$$

$$\text{Peso agregado fino} = 0.295 * 2.45 * 1000$$

$$\text{Peso agregado fino} = 722.75 \text{ kg}$$

Materiales	Volúmenes (m³)
Cemento	0.111 m³
Agregado grueso (seco)	0.386 m³
Agregado fino (seco)	0.295 m³
Agua	0.193 m³

I. AJUSTES POR HUMEDAD

Realizamos los ajustes por humedad de los agregados grueso y fino y del volumen unitario de agua de mezclado:

✓ **Peso del agregado fino húmedo:**

$$\text{Peso del A.F. húmedo} = \text{Peso A.F. seco} * W\% \text{ A.F}$$

$$\text{Peso del A.F. húmedo} = 722.75 * ((7.32 / 100) + 1)$$

$$\text{Peso del A.F. húmedo} = 775.6553$$

$$\text{Peso del A.F. húmedo} = 775.65 \text{ kg}$$

✓ **Peso del agregado grueso húmedo:**

$$\text{Peso del A.G. húmedo} = \text{Peso A.G. seco} * W\% \text{ A.G}$$

$$\text{Peso del A.G. húmedo} = 987.336 * ((2.21 / 100) + 1)$$

$$\text{Peso del A.G. húmedo} = 1009.156126$$

$$\text{Peso del A.G. húmedo} = 1009.16 \text{ kg}$$

✓ **Agua neta o efectiva:**

$$\text{Agua neta o efectiva} = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$$

donde:

$$X = \text{Agua en A.F.} = \text{Peso A.F.} * (W \% - \text{Abs} \%)$$

$$\text{Agua en agregado fino} = 722.75 * (7.32 - 2.28) / 100$$

$$\text{Agua en agregado fino} = 36.4266$$

$$\text{Agua en agregado fino} = 36.43 \text{ lt}$$

$$Y = \text{Agua en A.G.} = \text{Peso A.G.} * (W \% - \text{Abs} \%)$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = 987.336 * (2.21 - 2.25) / 100$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = -0.3949344$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = -0.39 \text{ lt}$$

Por lo tanto:

$$\text{Agua neta o efectiva} = 193 - (36.43 + (-0.39))$$

$$\text{Agua neta o efectiva} = 156.96 \text{ lt}$$

Materiales	Volúmenes (m³)
Cemento	351 Kg/m³
Agregado grueso	1009.16 Kg/m³
Agregado fino	775.65 Kg/m³
Agua efectiva	156.96 lt/m³

J. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO DE DISEÑO

El procedimiento consiste en expresar las cantidades como una relación en peso, relacionándolas a la cantidad de cemento que está siendo utilizada. Por lo tanto, por cada kg de cemento se utilizará:

$$\text{Cemento} = 351 / 351 = 1.00$$

$$\text{Agregado grueso} = 1009.16 / 351 = 2.88$$

$$\text{Agregado fino} = 775.65 / 351 = 2.21$$

$$\text{Agua efectiva} = 156.96 / 351 = 0.45$$

1.00	:	2.88	:	2.21	:	0.45
------	---	------	---	------	---	------

K. CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

Para calcular la cantidad de materiales por tanda se multiplica por una bolsa de cemento de 42.50 kg a cada material:

Materiales	Volúmenes (m ³)
Cemento	42.50 Kg
Agregado grueso	122.40 Kg
Agregado fino	93.93 Kg
Agua efectiva	19.13 lt

L. CANTIDAD DE MATERIALES PARA PROBETAS

Calculemos el volumen de las probetas:

$$\text{Vol. probeta} = (3.141592654 * 0.15^2 / 4) * 0.30$$

$$\text{Vol. probeta} = 0.005301437$$

$$\text{Vol. probeta} = 0.0053$$

Volumen para 5 probetas:

$$\text{Volumen total probetas} = 5 * 0.0053$$

$$\text{Volumen total probetas} = 0.0265$$

$$\text{Volumen total probetas} = 0.027$$

Materiales	Volúmenes (m³)
Cemento	9.48 Kg
Agregado grueso	27.25 Kg
Agregado fino	20.94 Kg
Agua efectiva	4.23 lt

M. CANTIDAD DE MATERIALES PARA VIGAS**Calculamos el volumen de las vigas:**

$$\text{Vol.viga} = b * h * l$$

$$\text{Vol.viga} = 0.25 * 0.25 * 0.80$$

$$\text{Vol.viga} = 0.05 \text{ m}^3$$

Volumen para 5 vigas de concreto simple por cada porcentaje:

$$\text{Vol. Total vigas} = 5 * (0.05)$$

$$\text{Vol. Total vigas} = 0.25 \text{ m}^3$$

Materiales	Volúmenes (m³)
Cemento	87.75 Kg
Agregado grueso	252.29 Kg
Agregado fino	193.91 Kg
Agua efectiva	39.24 lt

Volumen para 20 vigas de concreto simple:

$$\text{Vol. Total vigas} = 20 * (0.05)$$

$$\text{Vol. Total vigas} = 1 \text{ m}^3$$

Materiales	Volúmenes (m³)
Cemento	351 Kg
Agregado grueso	1009.16 Kg
Agregado fino	775.65 Kg
Agua efectiva	156.96 lt

N. VOLÚMENES DE MATERIALES PARA MUESTRA PATRÓN Y MUESTRA EXPERIMENTAL

MATERIALES	VOLÚMENES (m³)	VOLÚMENES (m³)	VOLÚMENES (m³)	VOLÚMENES (m³)
	MUESTRA PATRÓN 0%	MUESTRA CON ADICIÓN DEL 5%	MUESTRA CON ADICIÓN DEL 10%	MUESTRA CON ADICIÓN DEL 15%
Cemento	87.75 Kg	87.75 Kg	87.75 Kg	87.75 Kg
Agregado grueso	252.29 Kg	252.29 Kg	252.29 Kg	252.29 Kg
Agregado fino	193.91 Kg	184.21 Kg	174.52 Kg	164.8235 Kg
Neumático triturado	0.00 Kg	9.70 Kg	19.39 Kg	29.09 Kg
Agua efectiva	39.24 Lt	39.24 Lt	39.24 Lt	39.24 lt

APÉNDICE N° 04:

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS AL
NEUMÁTICO TRITURADO**

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

EL LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO SILVER GEO S.A.C. Otorga la presente:

CONSTANCIA

A: **CAHUANA TAPE Marisabel y CASTRO MOLLEHUARA Marianela**, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo de ensayo de Contenido de Humedad y granulometría de un granulo de caucho, según se detalla:

ITEM	DESCRIPCION
1	CONTENIDO DE HUMEDAD SEGUN NORMA ASTM D2216-19 PRESERVACION DE SUELOS (MUESTRAS) SEGUN NORMA ASTM D4220-14
2	ANALISIS GRANULOMETRICO SEGUN NORMA ASTM ASTM D422-63(2007) ^{e2}

Huancayo, 15 de junio de 2021



SILVER GEOTEC S.A.C.
RUC: 20601683324
Eulogio Silvestre Huarcaya
REPRESENTANTE LEGAL

Gerente General

Eulogio Silvestre Huarcaya

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	CD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
31-05-21	04-06-21	M-01	SG. N°131/2022

SOLICITANTE:	PROYECTO:
Bach. Mariana Castro Mollehuara y Marisabel Cahuana Talpe	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO

UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : HUANCVELICA DISTRITO : HUANCVELICA PROVINCIA : HUANCVELICA DEPARTAMENTO : HUANCVELICA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM ASTM D422-63(2007)*

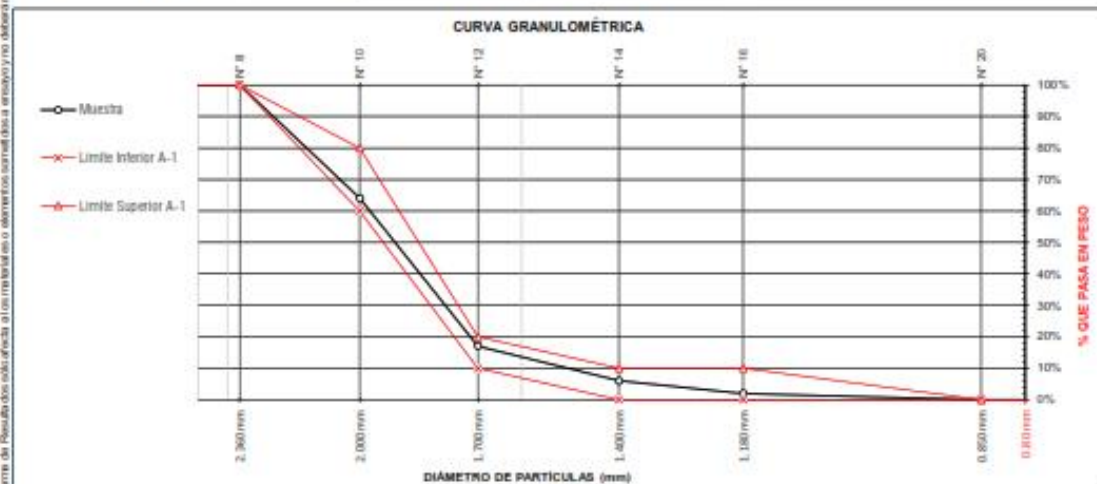
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : - m.s.n.m. Método de Muestreo : 0 Napa freática : 0.00 m. Coordenadas UTM : E 0 N 0 Lugar de Muestreo : Muestra Patrón

Análisis Granulométrico ASTM D422-63(2007)*				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que retiene
N° 4	4.75 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
N° 6	3.35 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
N° 8	2.36 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
N° 10	2.00 mm	512.00 g	64.0%	64.0%
N° 12	1.70 mm	152.00 g	83.0%	17.0%
N° 14	1.40 mm	88.00 g	94.0%	6.0%
N° 16	1.18 mm	32.00 g	96.0%	2.0%
N° 20	0.85 mm	16.00 g	100.0%	0.0%
N° 30	0.60 mm	0.00 g	100.0%	0.0%
PASA		0.00 g	100.0%	0.0%
		800.00 g	100.0%	100%

Límites Granulométricos para caucho SBR					
Porcentaje retenido					
A-1					
100	---	---	---	---	---
100	---	---	---	---	---
100	---	---	---	---	---
60-80	---	---	---	---	---
10-20	---	---	---	---	---
0-10	---	---	---	---	---
0-10	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---

Resultados de la Granulometría		
Grava	[N° 4 < ϕ < 3"]	0.00%
Areña	[N° 200 < ϕ < N° 4]	100.00%
Finos	[ϕ < N° 200]	0.00%

Clasificación de Suelos	
SUCS (ASTM D2487-17)	AASHTO (ASTM D3282-15)



OBSERVACIONES:	SILVER GEO SAC Laboratorio de Ensayos de Suelos y Asfalto Ing. CNE Johnny R. RATHUNDO OLIVERA C.I.P. N° 2044352	RUC: 20601682524 [Pág. 02]
Realizado: Bach. Denis L.R. Revisado: Ing. Johnny R. O.		



J. Angel Paredes Quispe N° 2809 Inv. 84 Urb. Elia, Lima
Paje, Huacho N° 123-152 Chilio, Huancayo
Telef. 964046588 / 965025584
Correo: angel.paredes@silvergeosac.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
31-05-21	04-06-21	M-01	SG. N°131/2022

SOLICITANTE:

Bach. Marianela Castro Mollehuara y Marisabel Cahuana Taipe

PROYECTO:

INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : HUANCVELICA
DISTRITO : HUANCVELICA
PROVINCIA : HUANCVELICA
DEPARTAMENTO : HUANCVELICA

ENSAYOS REALIZADOS:

CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
PRESERVACIÓN DE SUELOS (MUESTRAS) SEGÚN NORMA ASTM D4220-14

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

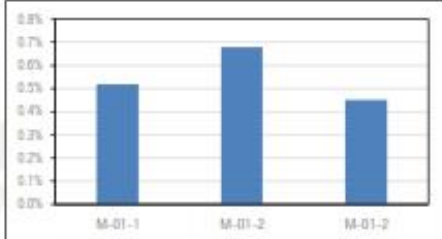
Modalidad : Muestreo por el cliente
Método de Muestreo : 0
Identificación de muestra : Muestra Patrón

Profundidad : 0.00 m.
Napa freática : 0.00 m.

Altitud (Cota) : - m.s.n.m.
Coordenadas UTM : E.O.N.0

Humedad evaporable según ASTM D2216-19

Variable	Nro		Muestras		
	Var.	Unidad	M-01-1	M-01-2	M-01-3
Recipiente N°	---	---	N° 01	N° 02	N° 03
(A) Peso de Tara Vacío	M _T	(g)	162.00	162.00	162.00
(B) Peso de Tara & Suelo Húmedo	M _{húmedo}	(g)	321.00	337.05	331.59
(C) Peso de Tara & Suelo Seco	M _{seco}	(g)	320.18	335.87	330.83
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	158.18	173.87	168.83
(E) Peso de Agua (B-C)	M _a	(g)	0.82	1.18	0.76
(F) Contenido Humedad (100° E/D)	w	(%)	0.52%	0.68%	0.45%
(G) Promedio final de Contenido de Humedad			0.55%		



Requisitos mínimos de especímen de material húmedo seleccionado para el ensayo de humedad como representativo de la muestra total

Condición de la muestra	Muestra alterada	Tamaño máximo partícula % que pasa	N° 10
Método seleccionado	Método A	Masa mínima recomendada muestra	20 g

TABLA 1 - Requisitos mínimos para la masa de la muestra de prueba y la legibilidad de la balanza⁴

Tamaño máximo de partícula (pasa 100%)		Método A Humedad Recomendada $\pm 1\%$		Método B Humedad Recomendada $\pm 0.1\%$	
		Masa Mínima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)	Masa Mínima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)
75.0 mm	[3 pulg]	5 kg	10	50 kg	10
37.5 mm	[1 1/2 pulg]	1 kg	10	10 kg	10
19.0 mm	[3/4 pulg]	250 g	1	3 kg	1
9.50 mm	[3/8 pulg]	50 g	0.1	500 g	0.1
4.75 mm	[N° 4]	20 g	0.1	100 g	0.1
2.00 mm	[N° 10]	20 g	0.1	20 g	0.01

⁴ Si los datos del contenido de agua se van a utilizar para calcular otras relaciones, como masa húmeda o seca, peso unitario húmedo o seco o densidad total o seca, entonces la masa de la muestra de hasta 200 g debe determinarse utilizando una balanza con una precisión de 0.01 g

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
Ing. Civil Jorge R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 201352

RUC: 20601685024
[Pág. 01]