

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO F'C= 210
KG/CM² CON ADICIÓN DE FIBRA DE BOTELLA RECICLADA CON
DIFERENTES PROPORCIONES – CAJAMARCA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

BACH. YOYER IVÁN BUSTAMANTE CHÁVEZ

ASESOR:

DR. ING. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ

CAJAMARCA - PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- 1. Investigador: YOVER IVÁN BUSTAMANTE CHÁVEZ**
- 2. DNI: 77078060**
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- 3. Asesor: Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez**
Facultad: Ingeniería
DNI : 26673916
- 4. Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- 5. Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- 6. Título de Trabajo de Investigación: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO F'C= 210 KG/CM² CON ADICIÓN DE FIBRA DE BOTELLA RECICLADA CON DIFERENTES PROPORCIONES – CAJAMARCA"**
- 7. Fecha de evaluación: 16 de Septiembre del 2024**
- 8. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)**
- 9. Porcentaje de Informe de Similitud: 16**
- 10. Código Documento: oid:3117:382123894**
- 11. Resultado de la Evaluación de Similitud: 16 %**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 20 de septiembre del 2024



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Hermes Roberto Mosqueira Ramirez

DNI: 26673916



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 2014825801 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 20/09/2024 19:46:40-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y el apoyo de seguir adelante con mis estudios y lograr todas mis metas.

A mis padres, por su apoyo incondicional, su amor y su confianza en mí a lo largo de este camino. Sin su guía y sus valores inculcados, no habría sido posible llegar hasta aquí

A mi asesor Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez por su ayuda concedida en el desarrollo de esta tesis y a cada uno de mis jurados por su contribución a la mejora de la investigación.

Finalmente, a todas las personas que de una manera u otras estuvieron presentes en este proceso, les agradezco profundamente su contribución

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre guiando y protegiendo mi camino, por darme fortalezas y sabiduría.

A mis padres, Anibal Bustamante Sempertegui y Magdalena Chávez Vásquez por su amor inagotable, sus sacrificios y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos por su apoyo constante y por estar siempre a mi lado en cada paso de éste recorrido

Finalmente, dedico este trabajo a todos aquellos que, de una forma u otra, han sido parte de mi vida académica y personal, contribuyendo a hacer de este sueño

Bach. Bustamante Chávez, Yover Iván

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Hipótesis de investigación.....	2
1.4. Justificación de la investigación.....	2
1.5. Alcances y delimitación de la investigación.....	2
1.6. Limitaciones.....	3
1.7. Objetivos.....	3
1.7.1. Objetivo general.....	3
1.7.2. Objetivos específicos.....	3
1.8. Descripción del contenido de los capítulos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes teóricos.....	5
2.1.1. A nivel internacional.....	5
2.1.2. A nivel nacional.....	6
2.1.3. A nivel local.....	7
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Concreto.....	8
2.2.2. Componentes del concreto.....	8
2.2.3. Propiedades del concreto fresco.....	17
2.2.4. Propiedades del concreto endurecido.....	19
2.2.5. Fibras.....	21
2.2.6. Fibra de polipropileno.....	21
2.2.7. Concretos reforzados con fibra.....	22
2.2.8. Especímenes de concreto.....	22
2.3. Definición de términos básicos.....	23

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO	24
3.1 Localización del proyecto.	24
3.1.1 Ubicación geográfica de la investigación.	24
3.1.2. Ubicación geográfica del origen de los agregados.	25
3.2 Tiempo y época de la investigación.	25
3.3 Metodología de la investigación.	25
3.3.1. Tipo, nivel, diseño y metodología de la investigación.	25
3.3.2. Variables.	26
3.3.3. Población de estudio.	26
3.3.4. Muestra.	26
3.3.5. Unidad de análisis.	28
3.3.6. Unidad de observación.	28
3.4. Procedimiento de la investigación.	28
3.5. Procedimiento de los ensayos de la investigación.	29
3.5.1. Propiedades de los agregados	29
3.5.2. Diseño de mezcla.	36
3.5.3. Elaboración de especímenes de concreto	37
3.5.4. Curado de especímenes.	38
3.5.5. Peso unitario del concreto.	38
3.5.6. Resistencia a compresión.	39
3.5.7. Resistencia a flexión.	40
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	41
3.6.1. Técnicas.	41
3.6.2. Instrumentos.	41
3.6.2. Presentación de resultados.	42
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	49
4.1. Análisis y discusión de resultados de los agregados.	49
4.1.1. Granulometría de los agregados	49
4.1.2. Pesos específicos y absorción.	49
4.1.3. Peso unitario de los agregados.	49
4.1.4. Contenido de humedad.	50
4.1.5. Materiales finos que el tamiz 75 μm (N°200).	50
4.1.6. Abrasión del agregado grueso.	50
4.2. Análisis y discusión de resultados de la mezcla de concreto.	50
4.3. Análisis y discusión de resultados del concreto fresco.	51

4.3.1. Asentamiento del concreto fresco.....	51
4.3.2. Peso unitario del concreto fresco.....	51
4.3.3. Temperatura del concreto fresco.	51
4.4. Análisis y discusión de resultados del concreto endurecido.	51
4.4.1. Peso unitario del concreto en estado endurecido.....	51
4.4.2. Resistencia a compresión del concreto.	52
4.4.3. Resistencia a la flexión del concreto.	52
4.4.4. Contrastación de la hipótesis.	52
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
5.1. Conclusiones	53
5.2. Recomendaciones.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS	57
APÉNDICE.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Compuestos químicos que forman el cemento portland.....	10
Tabla 2:Tamices a utilizar para el análisis granulométrico	11
Tabla 3: Requerimiento de granulometría para agregado fino.	12
Tabla 4:Requisitos granulométricos del agregado grueso	13
Tabla 5: Límites químicos del agua para mezclas.....	17
Tabla 6: Clasificación del concreto según su peso unitario.....	18
Tabla 7: Edades de ensayo y tolerancias permisibles.	20
Tabla 8: Valor crítico para el nivel de confianza deseado	27
Tabla 9: Número de muestras ensayadas.	27
Tabla 10: Propiedades de los agregados de río (Cantera Doña Ramona).....	42
Tabla 11: Materiales de diseño necesarios para metro cúbico de concreto $f'c=210$ kg/cm ² . .	42
Tabla 12: Materiales corregidos necesarios para metro cúbico de concreto $f'c=210$ kg/cm ² . .	42
Tabla 13: Materiales corregidos para un metro cúbico de concreto $f'c= 210$ kg/cm ² con adiciones de fibra de botella reciclada (PET).....	43
Tabla 14: Asentamiento del concreto	43
Tabla 15: Peso unitario del concreto en estado fresco.	43
Tabla 16: Temperatura del concreto en estado fresco	44
Tabla 17: Peso unitario del concreto endurecido de $f'c= 210$ kg/cm ²	44
Tabla 18: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.	45
Tabla 19: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días.....	47
Tabla 20: Análisis granulométrico del agregado grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202.....	59
Tabla 21: Peso específico del agua.	61
Tabla 22: Factor de calibración (f) del agregado grueso ASTM C29 / NTP 400.017.....	61

Tabla 23: Peso unitario suelto agregado grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C - 29 / MTC E 205).	61
Tabla 24: Peso unitario compactado agregado grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).	62
Tabla 25: Peso específico agregado grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021....	62
Tabla 26: Absorción (%) agregado grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021.....	62
Tabla 27: Contenido de humedad (%) agregado grueso - A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185.	63
Tabla 28: Ensayo de abrasión agregado grueso - / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207.....	63
Tabla 29: Ensayo partículas < N° 200 para el agregado grueso.	63
Tabla 30: Análisis granulométrico del agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202.....	64
Tabla 31: Factor de calibración (f) del agregado fino - ASTM C29 / NTP 400.017.....	66
Tabla 32: Peso unitario suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).	66
Tabla 33: Peso unitario compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).	66
Tabla 34: Peso específico /NTP 400.022/ A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203....	67
Tabla 35: Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203...	67
Tabla 36: Contenido de humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185	67
Tabla 37: Ensayo partículas < N° 200 para el agregado fino	67
Tabla 38: Peso unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210$ kg/cm ² , con adición en diferentes porcentajes de fibra de botella reciclada – PET.....	70
Tabla 39: Peso unitario del concreto en estado endurecido para $f'c=210$ kg/cm ²	71
Tabla 40: Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 28 días.	72

Tabla 41: Resistencia a la compresión del concreto con adición 2 % de PET a edad de 28 días.....	72
Tabla 42: Resistencia a la compresión del concreto con adición 4 % de PET a edad de 28 días.....	73
Tabla 43: Resistencia a la compresión del concreto con adición 6 % de PET a edad de 28 días.....	73
Tabla 44: Resistencia a la flexión del concreto patrón a edad de 28 días.....	74
Tabla 45: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 2% de PET a edad de 28 días.....	74
Tabla 46: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 4% de PET a edad de 28 días.....	75
Tabla 47: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 6% de PET a edad de 28 días.....	75
Tabla 48: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días.....	76
Tabla 49: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 2% de PET a edad de 28 días.....	78
Tabla 50: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 4% de PET a edad de 28 días.....	80
Tabla 51: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 6% de PET a edad de 28 días.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de los modelos de fractura típicos.	20
Figura 2: Ubicación geográfica del lugar de investigación	24
Figura 3: Procedimiento de investigación.....	28
Figura 4: Gráfica resistencia a la compresión vs fibra de botella reciclada a los 28 días.....	46
Figura 5: Gráfica resistencia a la flexión vs fibra de botella reciclada.....	48
Figura 6: Curva granulométrica del agregado grueso.....	60
Figura 7: Curva granulométrica de agregado fino	65
Figura 8: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días	77
Figura 9: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 2% de PET a edad de 28 días.....	79
Figura 10: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 4% de PET a edad de 28 días.....	81
Figura 11: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 6% de PET a edad de 28 días.....	83
Figura 12: Adquisición y traslado de material desde la cantera “Doña Ramona” - Cajabamba hacia el laboratorio de ensayo de materiales de la UNC.	83
Figura 13: Fibra de botella reciclada - PET	83
Figura 14: Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.....	83
Figura 15: Peso unitario de los agregados	83
Figura 16: Determinación del asentamiento del concreto.....	83
Figura 17: Peso unitario del concreto en estado fresco.....	83
Figura 18: Elaboración y desmolde de especímenes de concreto.....	83
Figura 19: Curado de especímenes de concreto.....	83

Figura 20: Rotura de probetas a compresión	83
Figura 21: Rotura de probetas a flexión.....	83

RESUMEN

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados en Perú y en todo el mundo. A pesar de sus ventajas sobre otros materiales, el concreto presenta características de debilidad en la resistencia mecánica que lo hace inadecuado para su uso en algunas aplicaciones de compresión y flexión provocando la fisuración y el agrietamiento de sus elementos por lo que para lograr el objetivo de aumentar su resistencia a la compresión y flexión se le adiciona fibra de botella reciclada PET (tereftalato de polietileno) al concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en porcentajes de 2%, 4% y 6% con relación al peso del cemento de la mezcla para ello se elaboraron un total de 48 especímenes (cilíndricos y prismáticos), de los cuales 24 se ensayó a compresión y 24 a flexión a la edad de 28 días teniendo en cuenta las Normas ASTM, NTP y el manual de ensayo MTC; comparando los resultados del concreto patrón con el concreto con adición de fibra se obtuvo que la resistencia a compresión tiene una mayor variación desfavorable a la edad de 28 días llegando a disminuir hasta un 37.03% para 6% de adición de PET. Mientras que la resistencia a flexión a los 28 días fue favorable con la adición de 2% de PET teniendo una variación de 9.07% y desfavorable con la adición de 4% y 6% obteniéndose variaciones de 7.92 % y 23.91% respectivamente. Concluyendo que la adición de fibra de botella reciclada influye de manera negativa en la resistencia a compresión, pero aumenta en la resistencia a la flexión en el caso de adición de 2% mientras que al adicionar 4% y 6% disminuye.

Palabras clave: Concreto, agregados, resistencia a compresión, resistencia a la flexión, fibra de botella reciclada.

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used construction materials in Peru and throughout the world. In spite of its advantages over other materials, concrete presents characteristics of weakness in mechanical resistance that make it unsuitable for use in some compression and bending applications, causing cracking and cracking of its elements; therefore, to achieve the objective of increasing its resistance to bending and flexion, recycled PET (polyethylene terephthalate) bottle fiber was added to the concrete $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ in percentages of 2%, 4% and 6% in relation to the weight of the cement in the mix, A total of 48 specimens (cylindrical and prismatic) were prepared, of which 24 were tested in compression and 24 in flexure at the age of 28 days, taking into account the ASTM and NTP standards and the MTC test manual; Comparing the results of the standard concrete with the concrete with fiber addition, it was obtained that the compressive strength has a greater unfavorable variation at the age of 28 days, decreasing up to 37.03% for 6% of PET addition. 03% for 6% addition of PET. While the flexural strength at 28 days was favorable with the addition of 2% PET having a variation of 9.07% and unfavorable with the addition of 4% and 6% obtaining variations of 7.92% and 23.91% respectively. It is concluded that the addition of recycled bottle fiber has a negative influence on the compressive strength, but increases in the flexural strength in the case of

Keywords: Concrete, aggregates, compressive strength, flexural strength, recycled bottle fiber.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1. Planteamiento del problema.

El agrietamiento y el fisuramiento del concreto representa un desafío significativo para la ingeniería civil a nivel mundial representando una amenaza en la durabilidad de las estructuras y llevando a la reducción de la resistencia a compresión y flexión, actualmente es un problema que se le intenta prevenir y controlar mediante la incorporación de aditivos sin embargo éste problema persiste. Por ello es importante abordar estrategias efectivas para mitigar éste problema. (Sotomayor & al, 2020)

Numerosos estudios de campo demuestran las deficiencias del concreto simple, particularmente cuando se somete a fuerzas de flexión, que pueden provocar que se fisure y agriete fácilmente. Además de ser un material muy pesado y caro. Por estas razones, las fibras ofrecen una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas cambiando la estructura del concreto para hacerlo más resistente a las flexiones y, en consecuencia, evitar las fisuras y el agrietamiento. (Arias & Rativa, 2020)

Se ha demostrado que la adición de fibra de botella reciclada puede mejorar algunas propiedades del concreto, como su ductilidad y resistencia a la fisuración, pese a ello aún persisten incertidumbres respecto a su efecto en la resistencia a compresión y flexión en el concreto (Cubas & Valderrama, 2021)

Ante ello nace la necesidad e importancia de estudiar y analizar su influencia en la resistencia a compresión y flexión del concreto, donde se compara un concreto convencional (patrón) de resistencia $f'c=210$ kg/cm², con un concreto con adición de fibra de botella reciclada.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la resistencia a compresión y a la flexión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de botella reciclada con diferentes proporciones?

1.3. Hipótesis de investigación.

La adición de fibra de botella reciclada PET (Tereftalato de Polietileno) incrementa la resistencia a compresión y flexión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en un 5%.

1.4. Justificación de la investigación.

La justificación de la presente investigación radica en ampliar y seguir fortaleciendo el conocimiento que se tiene sobre la influencia de la fibra de botella reciclada en la resistencia a compresión y flexión del concreto; la información es un aporte importante para los estudiantes, profesionales y población en general la cual se debe tener en cuenta con la finalidad de mejorar la calidad de construcción en la ciudad de Cajamarca

Con la incorporación de este nuevo material que es la fibra de botella reciclada PET (Tereftalato de Polietileno) también se está contribuyendo con el avance tecnológico del estudio del concreto que permita mejorar la resistencia del concreto.

1.5. Alcances y delimitación de la investigación.

El presente estudio se desarrolló en la ciudad de Cajamarca, provincia de Cajamarca y región Cajamarca donde se analizó la influencia de la adición de fibra de botella reciclada en la resistencia a compresión y flexión de un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando porcentajes de 2 %, 4 % y 6 % con relación al peso de cemento de mezcla; los ensayos se realizaron en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Los ensayos de compresión y flexión se realizaron a los 28 días de edad y se utilizó Cemento Portland Pacasmayo Tipo I, agregados de río de la cantera Doña Ramona y agua del laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Dado que existen varios tipos de cementos y otros áridos con calidades diferentes, los resultados sólo son aplicables a esta cantera concreta y al tipo de cemento utilizado.

1.6. Limitaciones.

La investigación siguiente no realizó el análisis de la adherencia generados entre la botella reciclada y el concreto.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo general.

- Determinar la resistencia a compresión y flexión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de botella reciclada con diferentes proporciones - Cajamarca.

1.7.2. Objetivos específicos.

- Determinar la resistencia a compresión del concreto con la adición de fibra de botella reciclada PET (Tereftalato de Polietileno) al 2%, 4% y 6% del peso del cemento de la mezcla a la edad de 28 días.
- Determinar la resistencia a flexión del concreto con la adición de fibra de botella reciclada PET (Tereftalato de Polietileno) al 2%, 4% y 6% del peso del cemento de la mezcla a la edad de 28 días.

1.8. Descripción del contenido de los capítulos.

Capítulo I: Introducción

En este capítulo se incluye el planteamiento del problema, la formulación del problema, la hipótesis general, la justificación de la investigación, el alcance, las delimitaciones, las limitaciones, los objetivos y la descripción de los contenidos.

Capítulo II: Marco teórico,

Se explica las investigaciones que se tiene con respecto al tema planteado tanto internacionales, nacionales y locales, se expone las bases teóricas y definición de términos básico.

Capítulo III: Materiales y método

En este capítulo se incluye la localización del proyecto, tiempo y época de la investigación, metodología de la investigación, procedimiento de la investigación, procedimiento de los ensayos de la investigación y técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se analiza y se discute los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados en el laboratorio teniendo en cuenta los datos de la literatura.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones se ajustan a los objetivos de la investigación y además se plantean algunas recomendaciones para continuar mejorando la información sobre el tema de la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes teóricos.

2.1.1. A nivel internacional

Según Coavas y Segreña (2020) en su investigación “Estudio del comportamiento mecánico del concreto con adición de fibras de politeraftalato de etileno (PET)” de la Universidad de Cartagena - Colombia. Según su análisis de datos existentes encontró que la fibra que mejor favorece el comportamiento mecánico del concreto son las que tienen la dimensión de 2 a 5 mm y en porcentajes de 5% al 6% con relación al volumen del concreto

Además, indica que las escamas y fibras de adición generan una caída en la resistencia a compresión de los concretos cuando ésta supera el 8% de adición, sin embargo, aumenta en rangos del 10% al 50% de la resistencia a tracción es por ello que recomienda que se puede implementar la adición fibras PET reciclado siempre y cuando no exceda el 8% del peso total de la mezcla del concreto.

Lugo y Torres (2019) en su trabajo de grado: “Caracterización del comportamiento mecánico del concreto simple con adición de fibras poliméricas recicladas PET” Universidad Católica de Colombia. El objetivo de su investigación fue describir el comportamiento mecánico del concreto simple con diferentes porcentajes de adición de fibras poliméricas recicladas PET, Concluyendo que, aunque no obtuvo los resultados deseados, pero sí mostró una gran mejora en el concreto con las fibras. Tubo como base a un concreto $f'c = 4000$ psi y al ensayar obtuvo un concreto de $f'c = 2844.67$ psi sin fibras, $f'c = 3201.67$ psi con una cantidad de fibra de 96 kg lo cual indica un aumento de 12.55 % en la resistencia del concreto.

Hernández y León (2017) en su tesis de investigación “Estudio de concreto adicionado con fibras de polipropileno o sintéticas al 2%” tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la compresión de un concreto convencional vs un concreto con adición de fibra de polipropileno

al 2% teniendo como base un concreto de 5000 psi (35 Mpa). Llegando a la conclusión que el diseño con fibras presentó hormigqueo debido a que no se pudo hacer la compactación de los cilindros con una mesa vibratoria y la cantidad de fibra es demasiado en ese porcentaje debido a que no le provee trabajabilidad y el concreto tiende a rechazar la fibra ya que ésta se dispersa y no se compacta uniformemente con la pasta y los materiales.

2.1.2. A nivel nacional

Rosario y Veliz (2021) en su tesis titulada “Fibra de polipropileno monofilamento para mejorar las propiedades físico y mecánicas del concreto” Universidad Ricardo Palma - Lima. El objetivo de su investigación fue determinar la dosis de fibra de polipropileno monofilamento para mejorar las propiedades físico y mecánicas del concreto concluyendo en que los valores obtenidos del ensayo a la resistencia a la compresión aumentaron, las dosis de fibra de polipropileno monofilamento más óptimas obtenidas fueron 0.50 kg/m^3 , 1.82 kg/m^3 , 4.50 kg/m^3 un aumento de resistencia a la compresión de 246 kg/cm^2 , 286 kg/cm^2 , 329 kg/cm^2 y con un aumento de 6 %, 10 % y 13 % respectivamente.

Además, los valores obtenidos del ensayo a la resistencia a la flexión aumentaron, las dosis de fibra de polipropileno monofilamento más óptimas fueron 0.5 kg/m^3 , 0.6 kg/m^3 , 1.82 kg/m^3 un aumento de resistencia a la compresión de 36 kg/cm^2 , 38 kg/cm^2 , 40 kg/cm^2 y con un aumento de 9 %, 11 % y 13% respectivamente.

Según Machuca (2021) en su tesis titulada: “Efecto de la incorporación de fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de un concreto 210 kg/cm^2 ” Universidad Peruana los Andes. Tuvo como objetivo determinar el efecto al incorporar fibra de polipropileno sobre las propiedades físico – mecánicas de un concreto 210 kg/cm^2 usando porcentajes de 0.10%, 0.25%, 0.50%, 0.70% y 1.00%. Llegando a determinar que la resistencia a la compresión del concreto que a mayor incorporación de fibra la resistencia se ve afectada

teniendo como base el concreto convencional con resistencia a la compresión de 251.05 kg/cm², la incorporación de la fibra de polipropileno generó variaciones negativas de -18.76%, -24.12%, -62.17%, -67.06%, -72.80%.

Cúbas y Valderrama (2021) en su tesis de investigación “Influencia de la incorporación de fibra de PET reciclado en la resistencia a la compresión y flexión del concreto, provincia de San Martín – Perú, 2021” tuvo como objetivo determinar la resistencia a la compresión y flexión del concreto al adicionar la fibra de PET en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%, llegando a la conclusión que la resistencia a la compresión disminuye 214,6; 213,8 y 214,3 kg/cm² y el módulo de rotura del concreto a 28 días es de 47,0 kg/cm²; 47,8 kg/cm² y 48,4 kg/cm²; podemos afirmar que los valores son mayores al módulo de rotura de la muestra patrón de solo 45,2kg/cm², presentando un incremento de 3,98%, 5,75% y de 7,08% respectivamente.

2.1.3. A nivel local.

Vásquez (2021) en su tesis “Efectos de la adición de plástico reciclado en diferentes porcentajes, en las propiedades mecánicas del concreto, acorde a los resultados obtenidos en anteriores investigaciones, Cajamarca 2021” según el análisis de 35 investigaciones indica que aumentar su resistencia a compresión en un concreto de diseño 210 kg/cm² con incorporación de 1 % de plástico pet reciclado.

Por su parte Bardales y Medina (2022) en su investigación realizada sobre la “influencia de pvc reciclado en la resistencia a compresión de concreto $f_c = 175$ kg/cm² en veredas de Cajamarca Perú en el año 2021” Las resistencias máximas alcanzadas (28 días) de las probetas patrón y adicionando 6% 12% y 18% de PVC fueron 300.33kg/cm², 221.58kg/cm², 213.4 kg/cm² y 183.91 kg/cm² respectivamente. Se determinó que al comparar con la probeta patrón, al adicionar 6% PVC, disminuye en 26.22% en su resistencia máxima alcanzada (28 días), al

adicionar 12% PVC disminuye en 29% y al adicionar 18% disminuye en 38.76% su resistencia máxima.

Lara y Pérez (2023) en su estudio “influencia de la incorporación de tapas de polipropileno y varillas de pet reciclados en la resistencia a compresión y flexión de un pavimento rígido en la ciudad de Cajamarca, 2022” utilizando porcentajes de PET recicladas añadidas en la mezcla de concreto de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% respectivamente, se determina que a medida que se aumenta el uso de este material la resistencia a compresión disminuye, mientras que la resistencia a tracción aumenta aproximadamente en un 10% cuando se agrega 1% de fibra de PET respecto al concreto normal

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Concreto.

Es un material de construcción compuesto principalmente por cemento, agua, áridos (como piedra triturada, arena o grava) y, en ocasiones, aditivos. Cuando el cemento y el agua se combinan, se crea una pasta que se adhiere a los áridos y se solidifica en una sustancia robusta y duradera formando diversas formas y tamaños deseados con ayuda de encofrados. (Ortega, 2017)

Componentes del concreto.

El concreto es una sustancia compuesta de áridos, cemento y agua, como se ha explicado anteriormente. Las características específicas de cada componente, la cantidad de cemento y la proporción de cemento y agua desempeñan un papel importante en las características de este material de construcción, el concreto (Cordero et al, 2019).

2.2.2.1. Cemento

Es uno de los ingredientes primarios que combina fragmentos minerales (áridos) para crear un material denso con la resistencia y durabilidad características del hormigón; por naturaleza, es un componente químicamente activo que determina todas las propiedades de la mezcla, incluidas la resistencia y la durabilidad; dependiendo de la resistencia, constituye entre el 7% y el 15% del volumen total del concreto. (Rodríguez, 2019).

2.2.2.1.1. Cemento portland

Es un producto aglutinante hidráulico de color grisáceo hecho de material inorgánico finamente molido que es uno de los más utilizados en la construcción. El clínker Portland se tritura y se combina con agua para crear una pasta cohesiva que se endurece y forma una estructura sólida que puede permanecer estable y fuerte incluso bajo el agua (CEMEX, 2019).

El producto intermedio conocido como clínker de cemento Portland se crea combinando uniformemente materias primas como piedra caliza, arcilla, arena, compuestos de hierro y otros elementos en cantidades predeterminadas (harina cruda, pasta o harina). A continuación, estos materiales se pulverizan y se calientan a una temperatura de unos 1.500 grados centígrados en un horno (Maldonado, 2021)

2.2.2.1.1. Composición química del cemento portland

Según Maldonado (2021) menciona que el cemento se compone de muchos ingredientes diferentes y es difícil describirlo mediante una fórmula química. Algunos de sus componentes son la alúmina, la sílice y la cal. Además, la mayoría de los cementos contienen trazas de trióxido de azufre, álcalis, óxido de hierro y magnesia. Durante el proceso de calcinación en la producción de clínker de cemento Portland se forman cuatro componentes cuando el óxido de calcio se combina con los componentes ácidos de la materia prima. Estos componentes se enumeran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Compuestos químicos que forman el cemento portland.

NOMBRE	FÓRMULA	ABREVIATURA
Silicato tricálcico	3CaO SiO_2	C ₃ S
Silicato dicálcico	2CaO SiO_2	C ₂ S
Aluminio tricálcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C ₃ A
Aluminio ferrita tetracálcica	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$	C ₄ AF

Fuente: Maldonado (2021)

2.2.2.1.2. Tipos de cemento portland

La American Society for Testing and Materials (ASTM) divide el cemento Portland en cinco categorías. Aunque los ingredientes básicos de estos cementos siguen siendo los mismos, la proporción de la mezcla cambia para alterar sus cualidades. Si bien el cemento I es el cemento típico que se utiliza en la mayoría de las obras, existen otras cuatro variedades de cemento que pueden ser útiles en determinadas circunstancias cuando se necesita una mayor resistencia a los sulfatos, una menor generación de calor o un fraguado rápido (McCormac & Brown, 2017).

Según las características establecidos por la NTP 334.009 (2020) se ha usado el siguiente:

Tipo I: Tipo de cemento más común, también llamado cemento ordinario, utilizado en toda obra donde no se requiere propiedades especiales.

2.2.2.2. Agregado para el concreto

Se describe como una masa de material inerte compuesta por una mezcla de áridos naturales o procedentes de rocas trituradas que se combinan con pasta de cemento para fabricar el concreto. Los áridos, que constituyen entre el 60% y el 80% del volumen del hormigón y son los principales responsables de todas sus características, se componen de dos fracciones:

una parte fina denominada comúnmente arena y una fracción gruesa denominada grava o piedra triturada. (Rodríguez, 2019).

La NTP 400.011 (2020) establece que son componentes necesarios del concreto; la calidad de estos materiales depende en gran medida de su procedencia (pueden ser artificiales o naturales). Son materiales inertes constituidos por minerales cuya granulometría indica que sus dimensiones entran dentro de los parámetros de esta norma. El tamiz enumerado en la tabla adjunta determinan la composición granulométrica:

Tabla 2:Tamices a utilizar para el análisis granulométrico

Agregado	Tamices Normalizados
FINO	150 μm (N° 100)
	300 μm (N° 50)
	600 μm (N° 30)
	1,18 mm (N° 16)
	2,36 mm (N° 8)
	4,75 mm (N° 4)
GRUESO	9,50 mm (3/8)
	12,5 mm (1/2)
	19,0 mm (3/4)
	25,0 mm (1)
	37,5 mm (1 1/2)
	50,0 mm (2)
	63,0 mm (2 1/2)
	75,0 mm (3)
	90,0 mm (3 1/2)
	100,0 mm (4)

Fuente: Norma NTP 400.011 (2020)

2.2.2.2.1. Agregado fino

Se obtiene a partir de la desintegración natural o artificial de roca volcánica, según la norma técnica NTP 400.011 (2020). Debe cumplir los requisitos indicados en la norma técnica NTP 400.037. y se puede clasificar como arena fina o gruesa en función del módulo de finura. Pasa por el tamiz normalizado de 9,5 mm (3/8") y queda retenida en el tamiz normalizado de 75 mm (n° 200).

Tabla 3: Requerimiento de granulometría para agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N°.4)	95 a 100
2,36 mm (N°. 8)	80 a 100
1,18 mm (N°. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	5 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: Norma NTP 400.037 (2018)

2.2.2.2.2. Agregado grueso

Según la NTP 400.011 (2020), el agregado grueso se define como la porción de árido que queda retenida en el tamiz normalizado de 4,75 mm (n° 4). Piedra triturada, grava, concreto triturado y concreto reciclado que cumplen los requisitos descritos en la NTP 400.037 y se producen de acuerdo con ASTM C33 son ejemplos de árido grueso.

La densidad del concreto se ve directamente afectada por el agregado grueso, que también minimiza los cambios de volumen a lo largo del proceso de fraguado. (Ruiz, 2021)

Tabla 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9 ^A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: Norma NTP 400.037 (2018)

2.2.2.3. Propiedades de los agregados

Los principales constituyentes del concreto son los agregados, cuyas cualidades deben ser óptimas y coherentes con los usos previstos del concreto. El peso específico, la granulometría, el porcentaje de absorción, el contenido húmedo y el peso de los áridos sueltos y compactados son las propiedades más cruciales y esenciales para llevar a cabo la dosificación del material. (Rodríguez, 2019)

2.2.2.3.1. Peso específico

La cantidad de material que ocupa un volumen determinado sin incluir vacíos se conoce como densidad relativa o gravedad específica, de los agregados. Es crucial para la dosificación de las mezclas y también se utiliza como indicador de la calidad de los agregados: los valores altos derivan de materiales de mayor rendimiento y los bajos, áridos más débiles y absorbentes. En los agregados naturales, la densidad relativa oscila entre 2,4 y 2,9 (Villegas, 2017)

2.2.2.3.2. Análisis granulométrico.

Se define como el estudio de la distribución de las partículas de los agregados la cantidad se mide mediante un proceso conocido como granulometría, que consiste en dividir la muestra en fracciones de igual tamaño haciendo pasar los agregados por una serie de tamices normalizados. La producción de un concreto excelente depende de que los agregados sean de todos los tamaños para ocupar todos los espacios, minimizando así los vacíos. (Rodríguez, 2019).

Del análisis granulométrico pueden deducirse los siguientes conceptos:

- **Tamaño máximo (TM):** Se refiere a las partículas más grandes, y la característica del agregado grueso es la abertura del tamiz más bajo de la serie que permite el paso del 100% de las partículas del agregado. (García, 2020)

- **Tamaño máximo nominal (TMN):** Esta malla coincide con la malla justo por encima de la que retiene al menos el 15% del material. El mayor promedio de fragmentos está representado por el TMN. (García, 2020)

2.2.2.3.3. Módulo de finura.

Según, Villegas (2017) es el resultado de dividir el porcentaje total del material retenido acumulado por 100. Es un indicador adimensional que representa el espesor dominante de un grupo de partículas y se utiliza para evaluar lo fino o grueso que es un agregado. La NTP 400.037 especifica un rango dentro del cual debe situarse un agregado fino con un módulo de finura adecuado, que oscila no menor a 2.3 y ni mayor a 3.1

2.2.2.3.4. Absorción.

Es la cantidad de agua que puede penetrar a través de los poros permeables de una sustancia porosa. El aumento de masa provocado por los líquidos que se filtran a través de los poros permeables también se denomina. (Rodríguez, 2019)

2.2.2.3.5. Contenido de humedad.

Para Villegas (2017) es una característica que depende exclusivamente de la porosidad de los áridos; es la cantidad de agua que contienen las partículas de árido en un momento dado. El contenido de humedad puede ser mayor o menor que el porcentaje de absorción, pero es crucial conocer su valor para entender cómo se incorpora el agua al diseño de la mezcla. Dado que los áridos suelen estar húmedos y cambian con el tiempo, a menudo es necesario determinar el contenido de humedad para modificar la dosificación de los materiales.

2.2.2.3.6. Peso unitario.

Según, Marcelo (2019) es el peso de una muestra de árido dividido por su volumen dentro de un recipiente de volumen conocido se expresa en kg/m³. En función de estos valores,

los áridos pueden clasificarse como ligeros, normales o pesados. Existen dos tipos de pesos unitarios: sueltos y compactados. El peso unitario viene determinado por el tamaño, la forma y la compactación del árido.

- a) **Peso unitario suelto:** Es la proporción entre el peso de un material y el volumen que ocupa cuando está suelto o sin compactar. Este valor es fundamental para el diseño y la planificación de las obras, ya que permite estimar las cantidades de material necesarias en función de las características específicas de la obra y predecir las variaciones de volumen que pueden producirse durante la manipulación o compactación del material. (NTP 400.017, 2020).

- b) **Peso unitario compactado:** El agregado se coloca en tres capas, cada una de las cuales constituye un tercio de la capacidad del recipiente. A continuación, se compactan cada capa dándole 25 golpes con una barra compactadora de punta semiesférica de 5/8» de diámetro. (NTP 400.017, 2020).

2.2.2.3.7. Agua para el concreto.

Según Cordero Esteves et al, (2019) es uno de los ingredientes más influyentes en la creación del concreto porque, al combinarse con el cemento, crea una pasta aglutinante que fija las partículas que componen el material. El agua también afecta a la fluidez, la trabajabilidad y las propiedades de la mezcla una vez endurecida; es necesario un control estricto del agua para evitar la porosidad, preferiblemente potable, y cumplir los requisitos de la NTP 339.088.

Tabla 5: Límites químicos del agua para mezclas.

Sustancias y PH	Límite máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
PH	6<PH<8

Fuente: Norma NTP 339.088 (2019)

2.2.3. Propiedades del concreto fresco.

Según, Barriga (2021) el concreto fresco es un líquido viscoso (pasta de cemento) con suspensiones concentradas de partículas sólidas llamadas áridos. Sus características son la temperatura, la trabajabilidad, el asentamiento, la consistencia y la exudación.

2.2.3.1. Trabajabilidad.

También se conoce como manejabilidad, es el grado en que el concreto puede mezclarse, moverse, compactarse y acabarse sin perder su homogeneidad, es decir, sin separarse ni filtrarse. La compactación, la movilidad, la cohesión, la consistencia y la flexibilidad son algunas de las cualidades que hacen que algo sea trabajable. (Rodríguez, 2019)

2.2.3.2. Asentamiento.

Según, Cordero (2019) es una medida de la consistencia o fluidez del concreto recién mezclado. Se refiere a la capacidad del concreto para moverse y asentarse bajo su propio peso, lo que influye en su trabajabilidad y facilidad de colocación. Para medir el asentamiento se compacta una muestra de concreto nuevo en un molde cónico. Esta prueba muestra lo seca o fluida que está la mezcla en su estado plástico y está directamente relacionada con el grado de fluidez de la mezcla.

2.2.3.3. Consistencia.

Es el grado de fluidez o rigidez que presenta la mezcla de concreto recién preparada. Es una propiedad que indica la facilidad con la que el concreto puede deformarse bajo su propio peso o bajo una fuerza externa, y está directamente relacionada con su trabajabilidad ésta propiedad se mide con el ensayo de asentamiento conocido como slump. (Cordero Estévez et al., 2019).

2.2.3.4. Temperatura.

Uno de los elementos más cruciales en el desarrollo de la resistencia del concreto es la temperatura; a medida que la mezcla envejece más rápidamente, se hace más resistente. La temperatura no debe ser superior a 32°C; si lo es, hay que descubrir un método para bajar la temperatura del agua y mantenerla por debajo de este umbral establecido. Además, la temperatura del agua no debe descender por debajo de 10°C durante el curado. (García, 2020)

2.2.3.5. Peso unitario del concreto.

Es la masa por unidad de volumen, normalmente expresada en kg/m³, y está estrechamente relacionada con la forma y la distribución de partículas de sus constituyentes, al igual que en otros materiales. El peso unitario del hormigón convencional oscila entre 2.000 y 2.600 kg/m³, en función de variables como el tamaño máximo de los áridos, la relación agua-cemento, la densidad de los áridos y el volumen de aire atrapado. (Rodríguez, 2019)

Tabla 6: Clasificación del concreto según su peso unitario

Peso unitario (kg/m³)	Descripción
500 - 2000	Concreto ligero
2000 - 2600	Concreto normal (Convencional)
>2600	Concreto pesado

Fuente: Rodríguez Mantilla (2019)

2.2.4. Propiedades del concreto endurecido.

Son las características que presenta el concreto una vez ha fraguado y alcanzado su estado final de resistencia y rigidez. Estas propiedades determinan su desempeño a largo plazo en una estructura, en términos de durabilidad, resistencia y funcionalidad. (Rodríguez, 2019).

2.2.4.1. Curado.

Es el proceso mediante el cual se mantiene la humedad y la temperatura adecuadas en la superficie del concreto recién colocado para asegurar un desarrollo adecuado de las propiedades mecánicas y durabilidad. El curado es esencial para que el concreto alcance su resistencia óptima y minimice problemas como la retracción o la formación de grietas (NTP 339.047, 2019).

2.2.4.2. Resistencia a compresión.

Una de las características mecánicas más importantes del hormigón es su resistencia a la compresión, que es su capacidad máxima para mantener una carga hasta que se rompe o falla, o hasta que la fuerza aplicada alcanza su valor máximo. La alta resistencia del hormigón a los esfuerzos de compresión es bien conocida, y se utiliza con frecuencia en el diseño de materiales y el control de calidad. Las unidades de medida de esta resistencia suelen ser libras por pulgada cuadrada (lb/in² o psi) a los 28 días de edad, megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²). (Rodríguez, 2019).

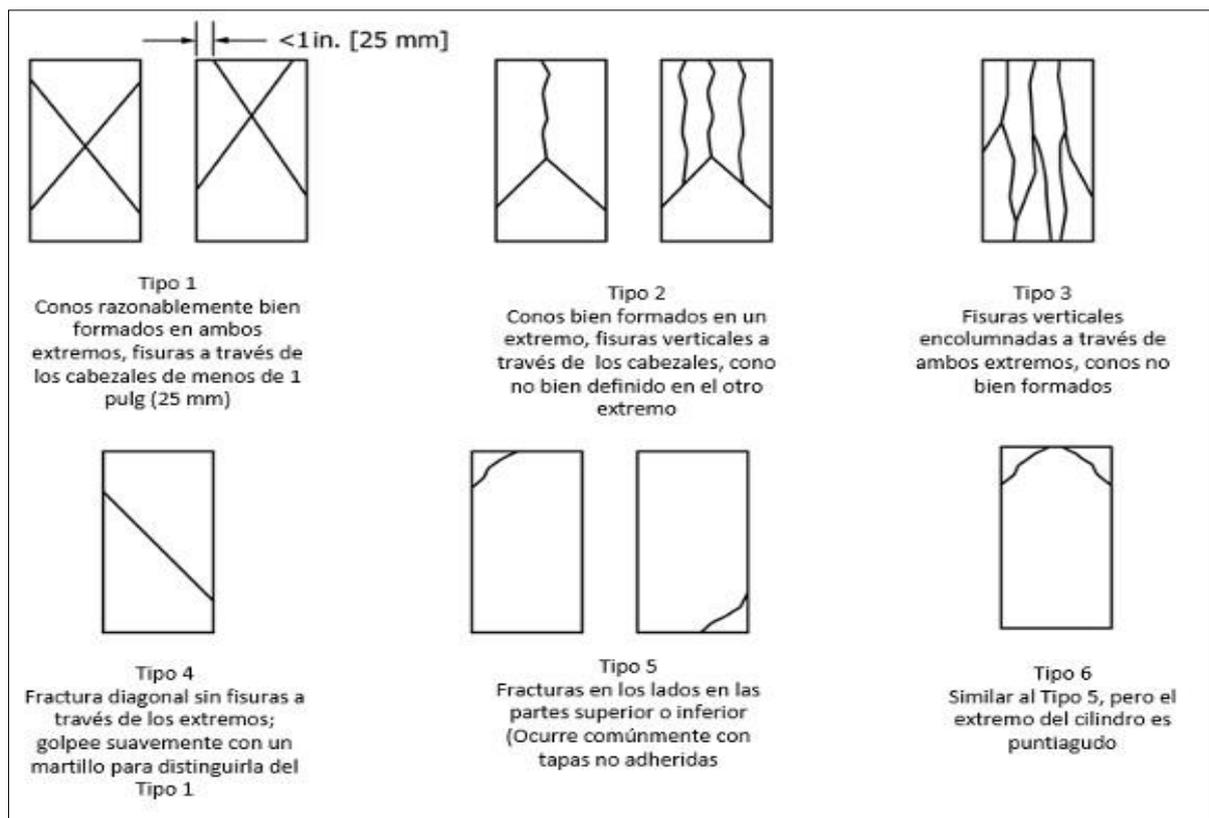
Según la NTP 339.034 (2021) indica que, dentro del plazo permitido, se rompen todos los cilindros de ensayo de una edad determinada. Además, existen los seis tipos de fracturas siguientes:

Tabla 7: Edades de ensayo y tolerancias permisibles.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0,5 h ó 2,1 %
3 d	± 2 h ó 2,8 %
7 d	± 6 h ó 3,6 %
28 d	± 20 h ó 3,0 %
90 d	± 48 h ó 2,2%

Fuente: Norma NTP 339.034 (2021)

Figura 1: Esquema de los modelos de fractura típicos.



Fuente: Norma NTP 339.034 (2021)

2.2.4.3. Resistencia a flexión.

Denominado como el mayor esfuerzo que puede soportar un cuerpo cuando se le aplica una carga a lo largo de su eje longitudinal, también se conoce como módulo de rotura o resistencia a la flexión. Se considera un elemento decisivo para la calidad del hormigón

utilizado en los pavimentos y es una medida directa de la resistencia a la tracción. (Masías, 2018)

Según, Avellaneda (2019) La resistencia a la rotura de una viga o losa de concreto no armado se mide por su módulo de rotura. Se calcula aplicando una carga a una viga de concreto que tenga una longitud mínima de tres veces la sección transversal y una sección transversal de 15 cm x 15 cm (6 x 6 pulgadas). Cuando la carga se aplica en la mitad del vano, el método de ensayo recomendado es la NTP 339.079 (ASTM C293), mientras que para determinar el módulo de rotura se utilizan los procedimientos de ensayo descritos en el NTP 339.078 (ASTM C78). Megapascuales (MPa), kilogramos por centímetro cuadrado o libras por pulgada cuadrada son medidas utilizadas para indicar el módulo de rotura, que suele variar entre el 10% y el 20% de la resistencia a la compresión del hormigón.

2.2.5. Fibras.

Son materiales de refuerzo discontinuos que se incorporan a la mezcla de concreto con el fin de mejorar algunas de sus propiedades, como la resistencia a la tracción, la durabilidad, el control de fisuración y la ductilidad. Estas fibras pueden estar hechas de diferentes materiales como acero, plástico (polipropileno), vidrio, entre otros, y se distribuyen homogéneamente en toda la masa del concreto, creando un refuerzo tridimensional. (Barriga, 2021)

2.2.6. Fibra de polipropileno.

- Características de la fibra de polipropileno

Córdova (2021), expone que son un tipo de fibra sintética que se añade al concreto para mejorar su comportamiento frente a la fisuración, especialmente las grietas por retracción plástica y retracción térmica. Son ligeras, resistentes y químicamente inertes, lo que las hace ideales para aplicaciones en las que se busca controlar la fisuración sin afectar negativamente otras propiedades del concreto.

La fibra de polipropileno está compuesta por un agente antibacteriano que es parte integral de su composición. Altera la función metabólica de los microorganismos y previene el crecimiento y la multiplicación de microorganismos (pp. 30-31).

Además, Córdova (2021), explica que la reducción del agrietamiento de los elementos estructurales es la principal ventaja de utilizar fibras de polipropileno en el concreto (pp. 32).

- **Influencia de la fibra de polipropileno en el concreto**

se refleja principalmente en la mejora de algunas propiedades relacionadas con el control de fisuras, la resistencia al impacto y la durabilidad. Estas fibras se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla, actuando como un refuerzo secundario para mejorar el comportamiento del concreto, especialmente durante sus primeras etapas de fraguado y endurecimiento.

2.2.7. Concretos reforzados con fibra.

El hormigón reforzado con fibras ha sido objeto de gran atención en los últimos tiempos y actualmente se están llevando a cabo numerosas investigaciones sobre el tema. Las fibras utilizadas en este hormigón se fabrican con muchos materiales, como acero, polímeros y vidrio. Numerosas pruebas han demostrado que estas fibras pueden mejorar significativamente las características del hormigón ordinario cuando se añaden en cantidades suficientes normalmente hasta el 1% o 2% en volumen (McCormac & Brown, 2017).

2.2.8. Especímenes de concreto.

Son muestras de concreto u mortero elaboradas con el fin de realizar ensayos y pruebas de laboratorio para evaluar sus propiedades mecánicas y físicas. Estos especímenes permiten obtener datos sobre el comportamiento del concreto bajo diferentes condiciones y ayudan a

garantizar que el concreto utilizado en una obra cumpla con los requisitos establecidos en el diseño estructural y las normas de calidad.

2.3. Definición de términos básicos.

- **Concreto:** Es una mezcla de materiales aglutinantes que se obtiene mezclando áridos finos y gruesos con una pasta hecha de cemento y agua. En el hormigón normal, se incluyen ocasionalmente puzolanas, escorias y/o aditivos químicos como aglutinantes, además del cemento Portland y el agua (NTP 339.047, 2019)
- **Resistencia a la compresión:** Se define como la máxima tensión que el concreto puede resistir cuando se somete a una fuerza de compresión. Se expresa en unidades de presión, como megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) (Sánchez, 2019).
- **Resistencia a la flexión:** Es la capacidad para soportar cargas que inducen esfuerzos de flexión o doblado, como los que se producen en vigas, losas y otros elementos estructurales sometidos a cargas transversales
- **PET:** El polietileno tereftalato (PET) es un poliéster termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido terftálico y etilenglicol, aunque también puede obtenerse utilizando dimetiltereftalato en lugar de ácido tereftálico.

El polietileno tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química. (Méndez, 2022)
- **Fibra de polipropileno:** Es utilizada en el concreto para mejorar diversas propiedades del material. Estas fibras son de polipropileno, un polímero termoplástico conocido por su resistencia y durabilidad (Isidro, 2017, p.34).

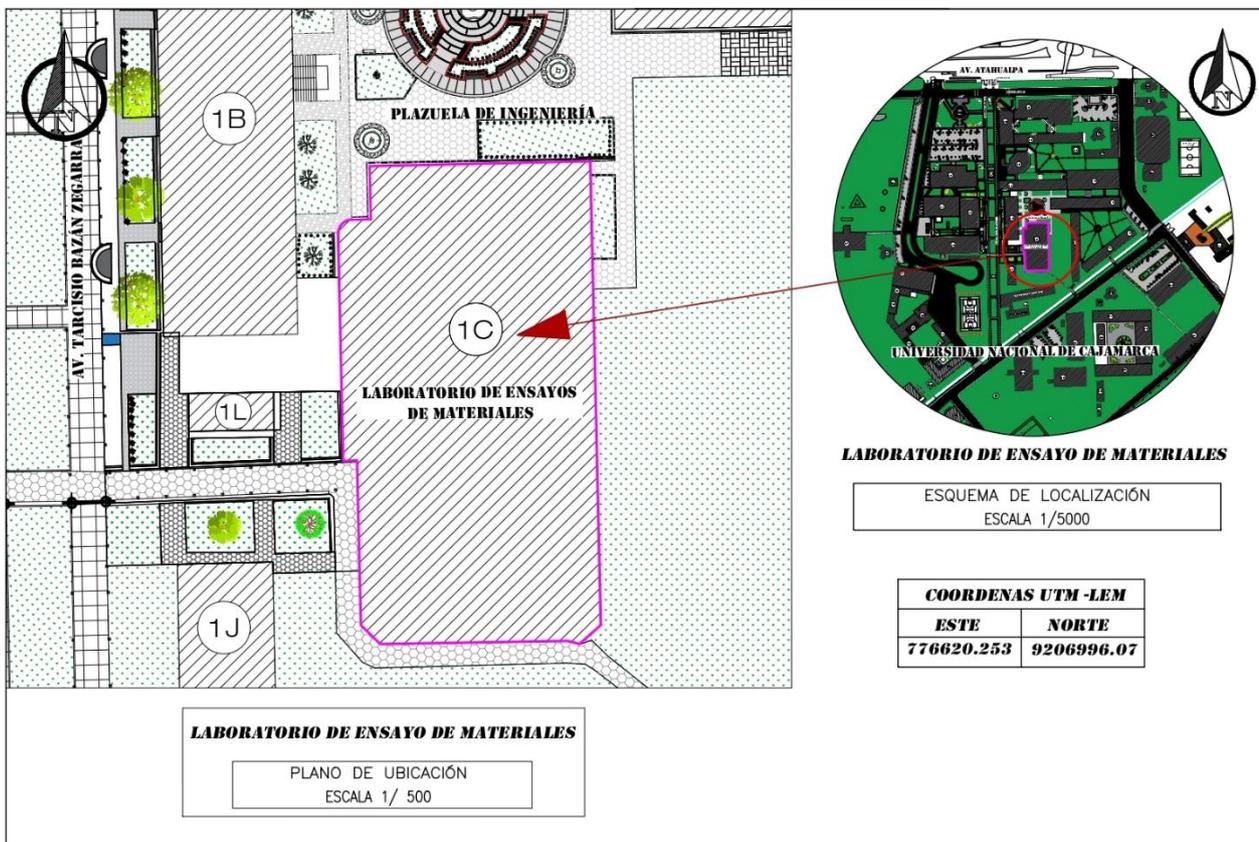
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Localización del proyecto.

3.1.1 Ubicación geográfica de la investigación.

El laboratorio de ensayos de materiales "Carlos Esparza Díaz" de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en la Av. Atahualpa No. 1050, Cajamarca, Perú, con coordenadas UTM 9206996.07 N y 776620.253 E fue el lugar donde se realizó la presente

Figura 2: Ubicación geográfica del lugar de investigación



3.1.2. Ubicación geográfica del origen de los agregados.

La cantera "La Ramona", que está situada en el río Condebamba y a la izquierda de la progresiva 1209+370 de la Carretera Longitudinal de la Sierra (3N) en el Distrito de Condebamba, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca, es la fuente de los agregados utilizados en este estudio. Sus coordenadas UTM son 9162045.82 N, 815108.09 E y a una altitud de 2089 msnm.

3.2 Tiempo y época de la investigación.

El estudio se realizó entre abril y noviembre de 2023.

3.3 Metodología de la investigación.

3.3.1. Tipo, nivel, diseño y metodología de la investigación.

3.3.1.1. Tipo de investigación.

Aplicada: Porque se enfoca en la solución práctica de problemas concretos en contextos reales

3.3.1.2. Nivel de investigación.

Correlacional: Por que asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población

3.3.1.3. Diseño de la investigación.

Experimental: Es aquella investigación donde el investigador manipula las variables independientes para observar su efecto en la variable dependiente

3.3.1.4. Método de la investigación.

Cuantitativo: Resultado de la recopilación y análisis de datos mediante mediciones estadísticas y numéricas para el avance de la investigación.

3.3.2. Variables.

Variable independiente:

- Porcentaje de fibra de botella reciclada PET (Tereftalato de Polietileno).

Variable dependiente:

- Resistencia a compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de botella reciclada
- Resistencia a la flexión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de botella reciclada

3.3.3. Población de estudio.

Grupo de especímenes de concreto de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de 2%, 4% y 6% de fibra de botella reciclada.

3.3.4. Muestra.

Las pruebas se realizaron en 48 especímenes en total. Para ello, se crearon 6 especímenes con y sin fibra de botella reciclada para cada diseño de mezcla. Estos especímenes se sometieron a ensayos de flexión y compresión después de 28 días. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el tamaño de la muestra para una población infinita con una distribución normal.

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Donde:

n: Tamaño de muestra.

z: Valor crítico de la distribución normal para el nivel de confianza deseado.

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

q = (1-p): Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

e: Error de estimación máximo aceptado.

Tabla 8: Valor crítico para el nivel de confianza deseado

Nivel de confianza	Z
99.70%	3
99%	2.58
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645
87.50%	1.554
80%	1.28

Para el presente estudio se eligió un nivel de confianza del 87,50%, lo que corresponde a un valor e del 12,5%, un $Z=1,554$ y un $p=95,8\%$ (Anexo 2: Tablas de distribución normal para la estimación de p). El tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{1.554^2 \cdot 0.958 \cdot 0.042}{0.125^2}$$

$$n = 6$$

Tabla 9: Número de muestras ensayadas.

ESPECÍMENES		FACTOR DE ANÁLISIS			
		CONCRETO PATRÓN	CON ADICIÓN DE FIBRA DE BOTELLA RECICLADA PET		
DOCIFICACIÓN		SIN FIBRA DE BOTELLA	2%	4%	6%
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	28 días	6	6	6	6
Resistencia a flexión (kg/cm ²)	28 días	6	6	6	6
TOTAL			48		

3.3.5. Unidad de análisis.

La resistencia a compresión y flexión del concreto de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con fibra de botella reciclada

3.3.6. Unidad de observación.

Especímenes de concreto con adición de fibra de botella reciclada.

3.4. Procedimiento de la investigación.

Para llevar a cabo la investigación, se siguieron los pasos descritos en el siguiente diagrama.

Figura 3: Procedimiento de investigación



3.5. Procedimiento de los ensayos de la investigación.

3.5.1. Propiedades de los agregados

3.5.1.1. Peso específico y absorción del agregado grueso

a) Normativa de ensayo:

ASTM C127 / NTP 400.021 MTC E206

b) Procedimiento:

- La muestra se lavó para eliminar el polvo y otros contaminantes de la superficie de las partículas.
- La muestra de ensayo se secó en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Durante una a tres horas, la muestra se enfría a temperatura ambiente.
- El agregado se sumergió en agua a temperatura ambiente durante 24 h.
- Después de sacar la muestra del agua, se hizo rodar sobre una tela absorbente hasta que desapareció toda el agua.
- La masa de la muestra de ensayo se calculó en condiciones de superficie seca y saturada.
- Tras determinar la masa en aire, la muestra saturada y secada en superficie se introdujo directamente en la cesta de alambre para calcular su peso aparente en agua.
- Se secó la muestra de ensayo en una estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, para posteriormente enfriar a temperatura constante y medir su masa.

c) Cálculo:

Peso específico de masa (P.e)

$$P. e. m = \frac{A}{B-C} \times 100$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca (P.e. S.S.S)

$$P. e. s. s. s. = \frac{B}{B-C} \times 100$$

Peso específico nominal o aparente (P.e.a.)

$$P. e. a. = \frac{A}{B-C} \times 100$$

Porcentaje de absorción (A.b.)

$$Ab(\%) = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos

B: Peso en el aire de la muestra secada con superficie seca en gramos

C: Peso en el agua de la muestra saturada en gramos

3.5.1.2. Peso específico y absorción del agregado fino.

a) Normativa de ensayo:

ASTM C128 / NTP 400.022 / MTC E205

b) Procedimiento:

- Se añadieron al frasco 500 g \pm 10 g de agregado fino saturado y superficialmente seco, y a continuación se añadió agua hasta alcanzar prácticamente los 500 cm³.

- Para asegurarse de que no queden burbujas de aire, se agitó el frasco y se ajustó su temperatura a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Al cabo de una hora, se aumentó el nivel de agua hasta 500 cm^3 y se calculó el peso combinado de la muestra, el agua y el picnómetro.
- El agregado fino se sacó del frasco, se dejó enfriar a temperatura ambiente y luego se secó en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que alcanzó una masa consistente para luego proceder a pesarlo.

c) Cálculo:

Peso específico de masa (Pem)

$$P. e. m = \frac{W_0}{V-V_a} \times 100$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca (P.e.s.s)

$$P. e. s. s = \frac{500}{V-V_a} \times 100$$

Peso específico nominal o aparente (P.e.a)

$$P. e. a = \frac{W_0}{(V-V_a)-(500-W_0)} \times 100$$

Porcentaje de absorción (Ab)

$$Ab = \frac{500-W_0}{W_0} \times 100$$

Donde:

Wo: Peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos

V: Volumen del frasco (cm³)

Vo: Peso en gramos o volumen (cm³) del agua añadida al frasco

3.5.1.3. Análisis granulométrico.

a) Normativa de ensayo:

NTP 400.012 / ASTM C136 / MTC E204

b) Procedimiento:

- La muestra necesaria se pesó y se secó en la estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que no hubo más de un 0,1% de diferencia entre dos pesadas sucesivas que se hicieron con una hora de diferencia.
- La muestra se extendió sobre mallas y se tamizó manualmente, teniendo cuidado de no presionar las partículas a través del tamiz con la mano.
- Cuando, al cabo de un minuto, no pasaba más del 1% del material mantenido en el tamiz, se decía que el proceso de tamizado había terminado.

c) Cálculo:

Se calcularon los porcentajes que pasan por cada tamiz, porcentajes retenidos parciales, porcentajes retenidos acumulados.

3.5.1.4. Módulo de finura.

Sumando los porcentajes acumulados que se retienen en los tamices de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50 y #100, Luego se divide entre 100 y es así cómo se calcula el módulo de finura a partir del análisis granulométrico.

$$MF = \frac{\% \text{Ret. acum. (3" ,1 1/2" ,3/4" ,3/8" , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

3.5.1.5. Tamaño máximo nominal (TMN)

El tamaño máximo nominal es especificado por la norma técnica peruana NTP 400.037 (2018) como el tamiz más pequeño de la serie que conserva entre 5% y 10% del material.

3.5.1.6. Contenido de humedad.

a) Normativa de ensayo:

ASTM D2216 / NTP 339.127 / MTC E 108.

b) Procedimiento:

- Una vez introducida la muestra húmeda para la prueba en un recipiente adecuado, se calculó el peso combinado del recipiente más la muestra húmeda.
- El recipiente de la muestra húmeda se colocó en una estufa programado para secar a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un día entero.
- Se determinó el peso del recipiente más muestra seca.

c) Cálculo:

Se calcula la cantidad de agua evaporada.

$$\%W = \frac{H}{MS} \times 100$$

Donde:

H: Peso del agua evaporada

MS: peso de muestra seca

%W: Porcentaje de Humedad

3.5.1.7. Peso unitario.

a) Normativa de ensayo:

ASTM C29 / NTP 400.017 / MTC E203

d) Procedimiento:

Peso unitario compactado

- La muestra se compactó con una barra compactadora aplicando 25 golpes uniformemente espaciados sobre la superficie después de llenar el contenedor hasta un tercio de su capacidad total y nivelar la superficie a mano.
- Tras llenar el recipiente hasta dos tercios de su capacidad total, se niveló una vez más y se compactó de forma similar al tercio anterior.
- Después de llenar completamente el recipiente, la barra compactadora se utilizó 25 veces y el material sobrante se desechó para posteriormente determinar su peso

Peso unitario suelto

- Se utilizó un cucharón para llenar el recipiente hasta que rebosara, teniendo cuidado de evitar que las partículas se segreguen desde una altura no más de 5 cm por encima del borde superior del recipiente.
- El peso neto del agregado se determinó después de eliminar cualquier exceso con una regla.

c) Cálculo:

Para calcular el peso unitario, tanto suelto como compactado, se utiliza la siguiente fórmula.:

$$PU = (W_s) \times f$$

Donde:

PU = Peso Unitario

Ws = Peso Neto del Agregado

B = factor f (se obtiene dividiendo unitario del agua (1000 Kg/m³) por el peso del agua para llenar el recipiente

3.5.1.8. Porcentaje que pasa el tamiz N°200.

a) Normativa de ensayo:

NTP 400.018/ MTC E 202

b) Procedimiento:

- Una vez secada la muestra de ensayo en un horno a 110 °C ± 5 °C y determinada su masa, se introdujo en el recipiente y se llenó con agua suficiente para cubrirla.
- Para separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz de 75 µm (n.º 200) de las partículas gruesas, la muestra se agitó enérgicamente.
- El agregado lavado se secó a 110 °C ± 5 hasta que alcanzó un peso consistente.

c) Cálculo:

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje de material fino lavado a través del tamiz n° 200 (75 µm)

P1 = Peso seco de la muestra original (gr)

P2 = Peso seco de la muestra después del lavado (gr)

3.5.2. Diseño de mezcla

El diseño de la mezcla de este estudio se realizó con una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y se ejecutó utilizando el método ACI. Y para ello consideramos la siguiente información general:

a) Cemento

- Cemento portland tipo I
- $P_e = 3.11 \text{ g/cm}^3$
- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $P_e \text{ agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Slump = 3" a 4"

b) Agregado

Identificamos las características de los agregados finos y gruesos de la cantera Daña Ramona.

c) Procedimiento del de diseño de mezclas de concreto

- Establecer la resistencia promedio para el diseño
- Determinar el asentamiento
- Relación agua-cemento (a/c)
- Cálculo de la cantidad de agua de mezclado y Aire
- Determinación de cantidad de cemento
- Cálculo del aire atrapado
- Determinar la cantidad de agregado grueso
- Cálculo del volumen absoluto del concreto para determinar el agregado fino de los componentes por m^3

- Cálculo del volumen absoluto de concreto para hallar el agregado fino de los materiales por m³
- Corrección por humedad
- Corrección por absorción
- Agua efectiva
- Diseño teórico húmedo
- Proporciones en peso
- Proporciones en volumen
- Se calculó los pesos por tanda

3.5.3. Elaboración de especímenes de concreto

a) Normativa:

ASTM C192/ NTP 3339.183

b) Procedimiento:

Para la elaboración de especímenes se agregaron los materiales a la mezcladora en el siguiente orden:

- 1° Agregado grueso
- 2° Un porcentaje de agua del total
- 3° Agregado fino
- 4° Cemento
- 5° El agua restante
- Tan pronto como se adquirió la mezcla, varillamos 25 veces por nivel en el cono de Abrams para la prueba de slump para determinar la cantidad de asentamiento que tiene la mezcla.

- Por último, rellenamos los moldes con la mezcla y teniendo en cuenta el varillado y los golpecitos por cada capa.

3.5.4. Curado de especímenes.

a) Normativa:

ASTM C192/ NTP 3339.183

b) Procedimiento:

- Las muestras se desmoldan unas 24 horas después, luego que la mezcla se haya endurecido.
- Proseguimos con el curado húmedo, que consistía en sumergir las probetas en un pozo que se mantenía continuamente lleno de agua en toda su superficie.

3.5.5. Peso unitario del concreto.

a) Normativa:

NTP 339.046

b) Procedimiento:

- Se añadieron tres capas de casi la misma cantidad de mezcla de concreto al molde. Se aplicaron veinticinco golpes con la barra de compactación uniformemente a través de la sección transversal del recipiente para cada capa.
- La barra de compactación se hundió unos 25 mm en la capa subyacente en la segunda y tercera capa.
- En la segunda y tercera capa, la barra compactadora se hundió aproximadamente 25 mm en la capa subyacente.

- Tras compactar cada capa, se dieron de diez a quince golpes con un martillo de goma en las paredes laterales del recipiente, empleando fuerza suficiente para sellar los huecos creados por el apisonado con la barra y eliminar las burbujas de aire atrapadas.

c) Cálculo:

$$\text{Peso unitario del concreto} = \frac{\text{Peso del total} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumne del molde}}$$

3.5.6. Resistencia a compresión.

a) Normativa de ensayo:

ASTM C39 / NTP 339.034 / MTC E704.

b) Procedimiento:

- Las probetas se sometieron a pruebas al cabo de 28 días.
- Los especímenes se sacan primero del pozo con agua de donde se realizó el curado.
- Se limpian las caras de las probetas, así como las superficies de contacto de los bloques superior e inferior de la máquina universal para proceder a ensayar.
- Las superficies superior e inferior de la probeta se cubren con placas de neopreno.
- A continuación, alinee cuidadosamente el eje de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque de asiento esférico.
- Verificar que el indicador de carga está a cero antes de ensayar la probeta.

c) Cálculo:

Para calcular la resistencia a compresión se utiliza la siguiente fórmula.

$$f'c = \frac{P}{A} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right); \text{ donde } A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Donde:

$f'c$: Resistencia de rotura a la compresión del concreto (kg/cm^2)

P: Carga de rotura (Kg)

ϕ : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

3.5.7. Resistencia a flexión.

a) Normativa de ensayo:

NTP 339.078

b) Procedimiento:

- Transcurridos 28 días, se ensayan los especímenes.
- Después de haber sacado los especímenes de la poza de curado se deja al aire libre para secar.
- Tras centrar el espécimen en los bloques de apoyo, el sistema de carga se prepara para aplicar la carga y hacer contacto con la superficie del espécimen en los tercios de la luz de la viga.

c) Cálculo:

La NTP 339.078 (2017) establece que en caso de que se produzca un fallo dentro del tercer vano, el módulo de rotura en flexión de las probetas se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

P: Carga máxima kg

L: Luz libre entre apoyos cm

b: Distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano en cm

h: Altura promedio del espécimen en el lugar de la fractura en cm

Mr: Módulo de rotura kg/cm²

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.6.1. Técnicas.

- Observación directa: Utilizaremos fichas de control para obtener los resultados en el laboratorio de ensayo de materiales.
- Análisis documentario: Permite comparar los resultados obtenidos con los de investigaciones anteriores.
- Experimentación: El último paso, esencial para confirmar la investigación sugerida.

3.6.2. Instrumentos.

- Fichas de observación directa
- Protocolos de ensayo a flexión
- Guía de análisis de documentos
- Internet

3.6.2. Presentación de resultados.

3.6.3.1 Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Tabla 10: Propiedades de los agregados de río (Cantera Doña Ramona)

PROPIEDADES	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Tamaño máximo nominal	.....		¾"	
Peso específico de masa	2.560	g/cm ³	2.768	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.590	g/cm ³	2.799	g/cm ³
Peso específico aparente	2.650	g/cm ³	2.856	g/cm ³
Peso unitario suelto	1655	kg/m ³	1390	kg/m ³
Peso unitario compactado	1775	kg/m ³	1590	kg/m ³
Contenido de humedad (%)	1.011	%	0.402	%
Absorción (%)	1.352	%	1.112	%
Módulo de finura	2.946		6.819	
Abrasión (%)	...		27.00	%
% que pasa malla n° 200	2.83	%	0.40	%

3.6.3.2 Resultados del diseño de mezcla

Tabla 11: Materiales de diseño necesarios para metro cúbico de concreto $f'_c=210$ kg/cm².

MATERIALES DE DISEÑO		
Cemento	280.8	kg
Agua de diseño	205.00	lt
Agregado fino seco	888.00	kg
Agregado grueso seco	935.00	kg
Aire total	2.00	%

Tabla 12: Materiales corregidos necesarios por metro cúbico de concreto $f'_c=210$ kg/cm².

MATERIALES CORREGIDOS		
Cemento	280.8	kg
Agua efectiva	214.7	lt
Agregado fino húmedo	897.00	kg
Agregado grueso húmedo	939.00	kg
Aire total	2.00	%

Tabla 13: Materiales corregidos para un metro cúbico de concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con adiciones de fibra de botella reciclada (PET).

MATERIALES CORREGIDOS	PORCENTAJE DE FIBRA DE PET			
	0%	2%	4%	6%
Cemento (kg)	280.8	280.8	280.8	280.8
Agua de efectiva (lt)	214.7	214.7	214.7	214.7
Agregado fino húmedo(kg)	897.0	897.0	897.0	897.0
Agregado grueso húmedo (kg)	939.0	939.0	939.0	939.0
Aire total (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
Fibra de PET (kg)	0.0	5.62	11.23	16.85

3.6.3.3 Resultados de las propiedades del concreto fresco

3.6.3.3.1. Asentamiento del concreto fresco

Tabla 14: Asentamiento del concreto

ADICIÓN DE FIBRA DE BOTELLA RECICLADA - PET (%)	ASENTAMIENTO		
	cm	Pulgadas	Variación
CP + 0% de PET	9.9	3.9	
CP + 2% de PET	9.7	3.8	- 2.0 %
CP + 4% de PET	8.9	3.5	- 10.1 %
CP + 6% de PET	7.9	3.1	- 20.2 %

3.6.3.3.2. Peso unitario del concreto fresco

Tabla 15: Peso unitario del concreto en estado fresco.

Adición de fibra de botella reciclada - PET (%)	Muestra	Peso unitario (kg/m ³)	Peso unitario promedio (kg/m ³)	Variación
CP + 0% de PET	M1	2409.22	2406.11	
	M2	2403.00		
CP + 2% de PET	M3	2393.67	2396.78	-0.39%
	M4	2399.89		
CP + 4% de PET	M5	2388.48	2385.37	-0.86%
	M6	2382.26		
CP + 6% de PET	M7	2370.86	2371.90	-1.42%
	M8	2372.93		

3.6.3.3. Temperatura del concreto fresco

Tabla 16: Temperatura del concreto en estado fresco

ADICIÓN DE FIBRA DE BOTELLA RECICLADA - PET (%)	TEMPERATURA	
	Celsius (°C)	Variación
CP + 0% de PET	19.7	
CP + 2% de PET	19.8	0.5 %
CP + 4% de PET	19.8	0.5 %
CP + 6% de PET	19.9	1.0 %

3.6.3.4 Resultados del concreto endurecido

3.6.3.4.1. Peso unitario del concreto en estado endurecido

Tabla 17: Peso unitario del concreto endurecido de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

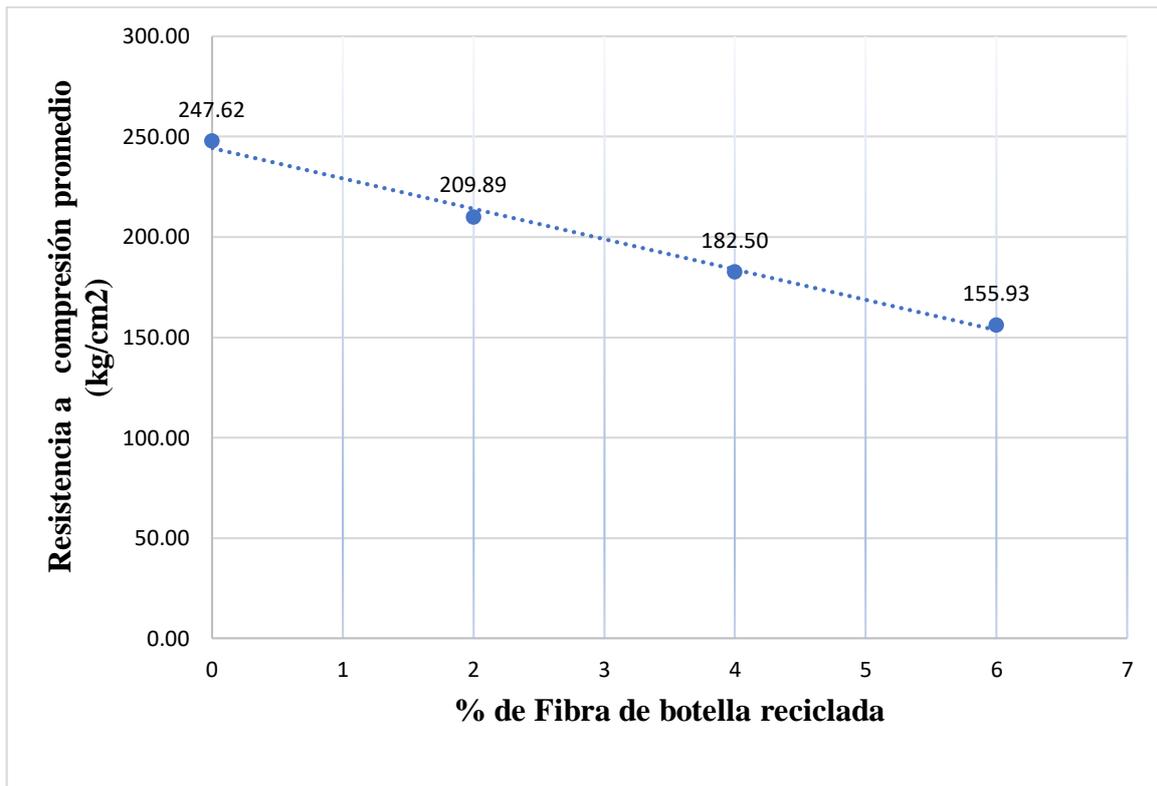
Descripción	Muestra	Peso unitario (kg/m ³)	Peso unitario promedio (kg/m ³)	Variación
Muestra patrón	M1	2288.470	2355.086	
	M2	2400.717		
	M3	2386.495		
	M4	2337.195		
	M5	2381.719		
	M6	2335.921		
Muestra patrón + 2% de fibra de botella reciclada	M7	2331.954	2341.388	- 0.58%
	M8	2357.437		
	M9	2362.276		
	M10	2364.108		
	M11	2368.197		
	M12	2264.357		
Muestra patrón + 4% de fibra de botella reciclada	M13	2352.161	2327.219	- 1.18%
	M14	2309.384		
	M15	2313.876		
	M16	2334.662		
	M17	2339.451		
	M18	2313.782		
Muestra patrón + 6% de fibra de botella reciclada	M19	2335.507	2311.495	- 1.85%
	M20	2316.379		
	M21	2335.957		
	M22	2277.920		
	M23	2311.322		
	M24	2291.883		

3.6.3.4.2. Resistencia a compresión del concreto a la edad de 28 días.

Tabla 18: Resistencia a la compresión del concreto a los de 28 días.

Descripción	Muestra	Carga de ruptura (kg)	F'c max. (Kg/cm2)	F'c promedio (kg/cm2)	% F'c	Tipo de falla	Variación
Muestra patrón	M1	46500.00	246.43	247.62	117.92%	5	
	M2	44500.00	248.49			5	
	M3	45000.00	247.99			6	
	M4	47000.00	253.97			5	
	M5	44000.00	242.48			6	
	M6	45000.00	246.37			2	
Muestra patrón + 2% de fibra de botella reciclada	M7	37500.00	203.97	209.89	99.95%	2	-15.24%
	M8	39000.00	214.92			5	
	M9	40000.00	220.44			5	
	M10	38000.00	208.04			4	
	M11	37500.00	205.31			6	
	M12	39000.00	206.69			6	
Muestra patrón + 4% de fibra de botella reciclada	M13	35000.00	192.88	182.50	86.91%	2	-26.30%
	M14	33500.00	182.21			2	
	M15	34000.00	184.93			3	
	M16	32000.00	175.19			2	
	M17	33000.00	181.86			3	
	M18	32500.00	177.93			2	
Muestra patrón + 6% de fibra de botella reciclada	M19	28000.00	155.33	155.93	74.25%	3	-37.03%
	M20	29000.00	159.82			3	
	M21	28500.00	161.28			2	
	M22	27500.00	150.56			3	
	M23	29000.00	159.82			3	
	M24	27000.00	148.79			2	

Figura 4: Gráfica resistencia a la compresión vs fibra de botella reciclada a los 28 días.

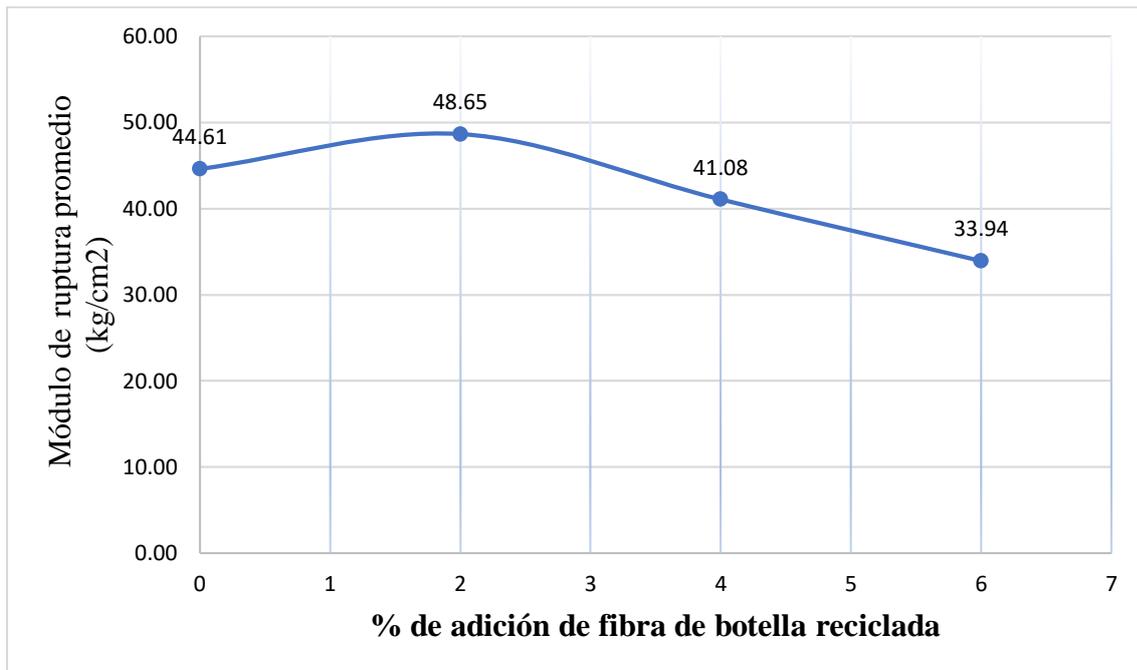


3.6.3.4.3. Resistencia a flexión del concreto a la edad de 28 días.

Tabla 19: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días.

Descripción	Muestra	Carga de ruptura (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Módulo de ruptura promedio (kg/cm ²)	Variación
Muestra patrón	M1	3500.00	46.24	44.61	
	M2	3460.00	42.50		
	M3	3520.00	46.02		
	M4	3540.00	44.95		
	M5	3480.00	43.73		
	M6	3400.00	44.21		
Muestra patrón + 2% de fibra de botella reciclada	M7	3620.00	47.63	48.65	9.07%
	M8	3780.00	50.57		
	M9	3700.00	48.20		
	M10	3640.00	48.21		
	M11	3700.00	48.84		
	M12	3720.00	48.46		
Muestra patrón + 4% de fibra de botella reciclada	M13	3380.00	43.48	41.08	-7.92%
	M14	3220.00	41.20		
	M15	3320.00	40.14		
	M16	3200.00	39.31		
	M17	3280.00	42.50		
	M18	3200.00	39.83		
Muestra patrón + 6% de fibra de botella reciclada	M19	2860.00	34.14	33.94	-23.91%
	M20	2780.00	33.81		
	M21	2720.00	34.31		
	M22	2820.00	35.10		
	M23	2600.00	32.25		
	M24	2680.00	34.03		

Figura 5: Gráfica resistencia a la flexión vs fibra de botella reciclada.



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. Análisis y discusión de resultados de los agregados.

4.1.1. Granulometría de los agregados

La Figura 6 y Figura 7 muestran las distribuciones granulométricas gruesa y fina de los agregados. Se observa que ambas cumplen las normas ASTM C33 y NTP 400.037, lo que demuestra que los agregados están bien gradados.

En la Tabla 29, el módulo de finura fue de 2,95, dentro del intervalo definido por la NTP 400.012 (2,3 a 3,1). Dado que el resultado está cerca del límite superior del rango definido y basándose en este módulo de finura, se clasificaría como arena gruesa.

4.1.2. Pesos específicos y absorción.

Los resultados presentados en la Tabla 24 y Tabla 33 se refieren a los agregados gruesos y finos, respectivamente. Estos resultados se ajustan a las especificaciones de ASTM C127, que especifica que los agregados naturales deben tener un peso específico de 2,4 a 2,9 g/cm³.

4.1.3. Peso unitario de los agregados.

En la Tabla 31 y la Tabla 32 indica el peso unitario en estado suelto y compacto respectivamente del agregado fino y éstos superan al agregado grueso indicados en la Tabla 22 y Tabla 23 debido a que las partículas finas tienen una mayor tendencia a reacomodarse. Los resultados obtenidos cumplen con los límites establecidos en la norma ASTM C29 que especifica que los pesos sueltos y compactados deben establecerse en el rango de 1.2 a 1.85 t/m³ (1200kg/m³-1850kg/m³)

4.1.4. Contenido de humedad.

La Tabla 26 muestra que el contenido de humedad del agregado grueso es del 0,402%, mientras que la tabla 35 muestra que es del 1,011% para el agregado fino. Esto ocurre como resultado del mayor potencial del agregado fino para absorber humedad que el agregado grueso.

4.1.5. Materiales finos que pasan por el tamiz 75 μm (N°200).

La Tabla 28 muestra que el porcentaje de materiales finos que atraviesan el tamiz de 75 μm (n° 200) es del 0,40% para el agregado grueso y del 2,83% para el agregado fino indicados en la tabla 36. Estos valores están dentro de los límites de la norma porque el agregado fino no debe ser superior al 5% y el agregado grueso no debe ser superior al 1%.

4.1.6. Abrasión del agregado grueso.

El porcentaje de desgaste del agregado grueso es del 27% indicados en la Tabla 27 satisface el requisito de la NTP 400.037 de que el desgaste del agregado grueso determinado mediante el método de los Ángeles sea inferior al 50%.

4.2. Análisis y discusión de resultados de la mezcla de concreto.

La Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 indica resultados obtenidos del diseño del concreto que se llevó a cabo mediante el método ACI para alcanzar una resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

La dosificación de cada material se estableció teniendo en cuenta las propiedades de los agregados que se obtuvieron mediante pruebas de laboratorio; asimismo, la dosificación se vio afectada por el uso de cemento Portland tipo I, que se empleó en este estudio. Teniendo en cuenta que existen otros materiales y que éstos tienen diversas cualidades, no se puede generalizar la dosificación de los componentes producidos en el diseño de la mezcla.

4.3. Análisis y discusión de resultados del concreto fresco.

4.3.1. Asentamiento del concreto fresco.

La Tabla 13 muestra cómo el asentamiento disminuye gradualmente a medida que aumenta el porcentaje de fibra de botella reciclada. Esto afecta a la trabajabilidad del concreto, ya que la mezcla se vuelve más seca, lo que se ve aún más afectado por la escasa adherencia de la fibra.

4.3.2. Peso unitario del concreto fresco.

La Tabla 14 demuestra que la adición de fibra de botella reciclada al hormigón produjo una pequeña disminución del peso unitario en comparación con el concreto patrón.

Dado que las cifras se sitúan entre 2200 y 2400 kg/cm², podemos clasificar el concreto como convencional o normal en función del peso unitario.

4.3.3. Temperatura del concreto fresco.

La Tabla 15 muestra que no hay diferencias perceptibles de temperatura entre el concreto patrón y el concreto al que se ha añadido fibra de botella reciclada.

4.4. Análisis y discusión de resultados del concreto endurecido.

4.4.1. Peso unitario del concreto en estado endurecido.

La Tabla 16 muestra el peso unitario del concreto endurecido. A medida que aumenta el porcentaje de fibra de botella reciclada, disminuye el peso unitario del concreto, lo que puede atribuirse a su ligereza y voluminosidad.

4.4.2. Resistencia a compresión del concreto.

La Tabla 17 sobre la resistencia a la compresión del concreto después de 28 días indica una notable disminución de la resistencia del material, con una caída de hasta el 37,03% en comparación con la resistencia del concreto patrón. La débil adherencia entre la fibra de botella reciclada y la mezcla de concreto es la causa de esta pérdida de resistencia.

4.4.3. Resistencia a la flexión del concreto.

En la Tabla 18 se muestran los resultados con un comportamiento diferente al de la resistencia a la compresión. En la dosis del 2%, la resistencia a la flexión aumenta un 9,07% en comparación con las muestras patrón; en las dosis del 4% y 6%, la resistencia a la flexión disminuye.

4.4.4. Contrastación de la hipótesis.

La adición de fibra de botella reciclada (tereftalato de polietileno - pet) no incrementa la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en un 5% puesto que en las tres proporciones de adición de pet varía negativamente a comparación del concreto patrón. Por otro lado, en la resistencia a flexión influye de manera positiva en la proporción de fibra de 2% variando hasta un 9.07% con respecto al concreto patrón y disminuye en las proporciones de 4% y 6%

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones

A continuación, se exponen las siguientes conclusiones de la investigación.

- La adición de fibra de botella reciclada PET (tereftalato de polietileno) influye de manera negativa en la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm², en la ciudad de Cajamarca puesto que los valores obtenidos son menores a comparación del concreto patrón mientras que sí influye de manera positiva en la resistencia a flexión del concreto con adición de 2% de botella reciclada y disminuye al 4% y 6%.
- La resistencia a compresión a los 28 días es la siguiente: 209.89, 182.50 y 155.93 kg/cm², para cada adición de botella reciclada (tereftalato de polietileno) al 2%, 4% y 6% respectivamente, mientras que el concreto patrón sin adición de fibra tiene una resistencia de 247.62 kg/ cm², concluyendo que presenta variaciones negativas de 15.24%, 26.30% y 37.03% respectivamente.
- La adición de fibra de botella reciclada (tereftalato de polietileno) al 2% aumenta la resistencia a flexión obteniéndose 48.65 kg/cm² mientras que al 4% y 6% de adición de fibra disminuye la resistencia a flexión a 41.08 y 33.94 kg/cm² respectivamente mientras que el concreto patrón sin adición de fibra su resistencia a flexión alcanzó 44.61 kg/cm², teniendo variaciones de 9.07%, -7.92% y -23.91 % respectivamente.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda realizar estudios para determinar el grado de adherencia que existe entre la fibra de botella reciclada (tereftalato de polietileno) y el concreto.
- Se recomienda usar fibra de botella reciclada para los diseños de concreto que no requieran de una alta resistencia a la compresión, ya que este material influye en cuanto a dicha resistencia, y se puede observar en nuestros resultados, al comparar con la probeta patrón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coavas Teajada, A., & Segrera León, V. d. (2020). Estudio del comportamiento mecánico del concreto con adición de fibras de politeraftalato de etileno (pet). Universidad de Cartagena, Colombia.

Cubas Becerra, L., & Valderrama Marín, L. A. (2021). Influencia de la incorporación de fibra de PET reciclado en la resistencia a la compresión y flexión del concreto, provincia de San Martín - Perú, 2021. Universidad Científica del Perú, San Martín - Perú.

Isidro, G. (2017). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f' = 210$ kg/cm². Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3842>

León, A. C. (2020). Estudio del Comportamiento Mecánico del Concreto con Adición de Fibras de Politeraftalato de Etileno (pet). Universidad de Cartagena - Colombia, Cartagena - Colombia.

Lugo Mejía, J. E., & Torres Perez, Y. S. (2019). Caracterización del comportamiento mecánico del concreto simple con adición de fibras poliméricas recicladas PET. Universidad Católica de Colombia, Colombia.

Machuca Campos, Y. A. (2021). Efectos de la incorporación de fibra de polipropileno en las propiedades físico - mecánicas de un concreto $f' = 210$ kg/cm². Universidad Peruana los Andes, Huánuco - Perú.

Rosario Córdova, L. E., & Veliz Torres, F. A. (2021). Fibra de polipropileno monofilamento para mejorar las propiedades físico y mecánicas del concreto. Universidad Ricardo Palma, Lima - Perú.

NTP 339.034. (2021). INACAL. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la

determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
(4ta. ed.). Lima, Perú.

NTP 339.078. (2017). INDECOPI. CONCRETO. método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. (3ra. ed.). Lima. Perú.

NTP 339.183. (2018). INDECOPI. CONCRETO. Práctica normaliza para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (2da. ed.). Lima, Perú.

NTP 339.185. (2018). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (2da. ed.).
Lima, Perú.

NTP 400.012. (2019). INDECOPI. AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Agregado Grueso y Global. (3ra. ed.). Lima, Perú.

NTP 400.017. (2020). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (3ra. ed.). Lima, Perú.

NTP 400.021. (2018). INACAL. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (3ra.ed.). Lima, Perú.

NTP 400.037. (2018). INACAL. AGREGADOS. Agregados para el Concreto. Requisitos (4ta.ed.). Lima, Perú

ANEXOS

ANEXO 1: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



Pacasmayo

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

Cemento Pórtland Tipo I

13 de enero de 2023

Periodo de despacho 01 de diciembre de 2022 - 31 de diciembre de 2022

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.0
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.5

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3960
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.10
Densidad (g/cm ³)	^	3.11
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	^	14.6
3 días	12.0 mín.	27.7
7 días	19.0 mín.	33.7
28 días *	28.0 mín.	42.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	145
Final	375 máx.	260

^ No específica

* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de noviembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2020.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S. A. A.

ANEXO 1: TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LA ESTIMACIÓN DE P

TABLA A: Probabilidades de la normal estándar (cont.)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

APÉNDICE

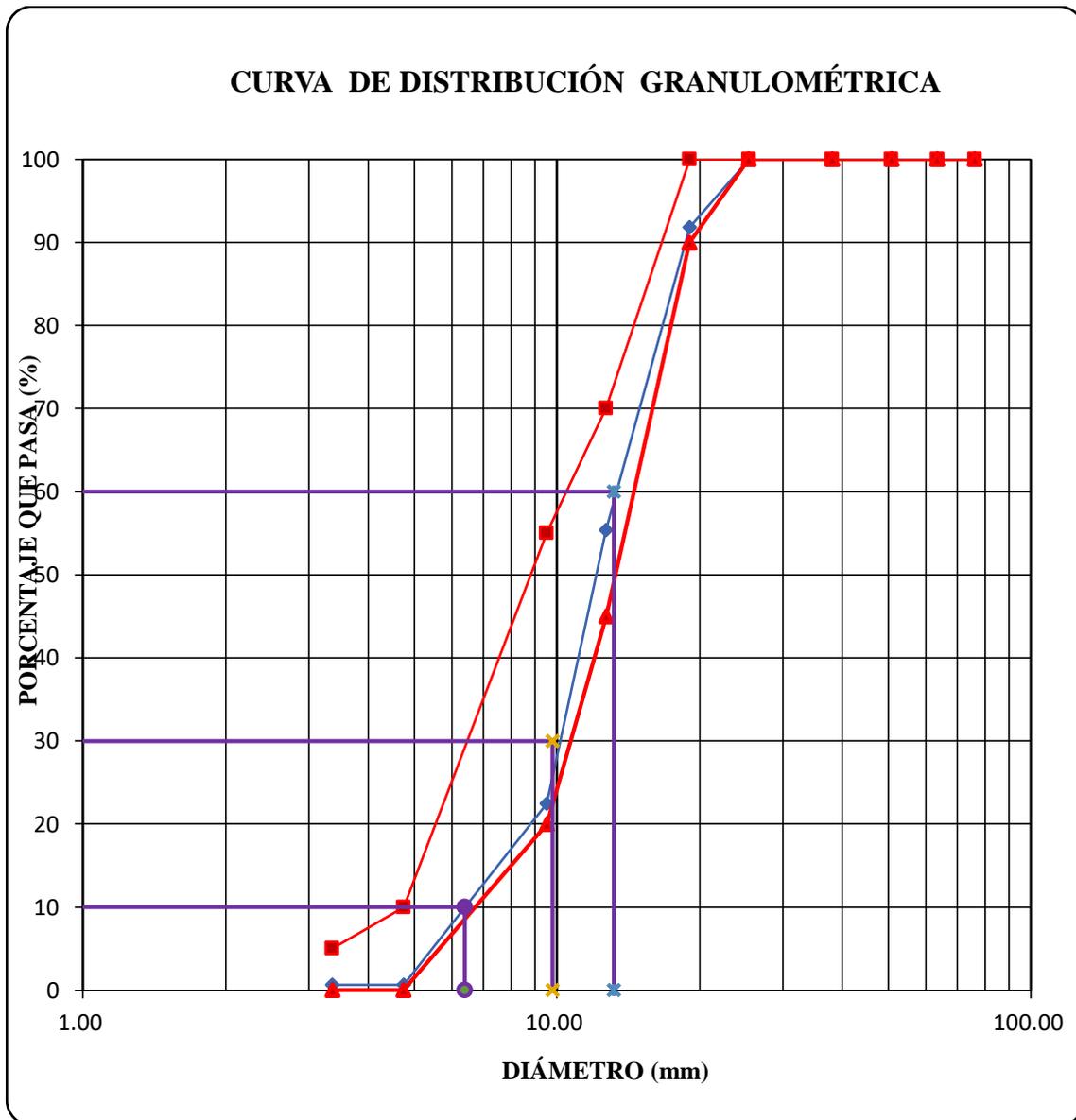
APÉNDICE A: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE RIO "DOÑA RAMONA"

1. AGREGADO GRUESO

Tabla 20: Análisis granulométrico del agregado grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 / AASHTO T- 27/ MTC E 202.

Peso seco inicial =		5000.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		32.00			
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	410.00	8.20	8.20	91.80
1/2"	12.70	1820.00	36.40	44.60	55.40
3/8"	9.53	1649.00	32.98	77.58	22.42
N°4	4.75	1089.00	21.78	99.36	0.64
N°8	3.36	0.00	0.00	99.36	0.64
N 16	1.18	0.00	0.00	99.36	0.64
N 30	0.60	0.00	0.00	99.36	0.64
N 50	0.30	0.00	0.00	99.36	0.64
N 100	0.15	0.00	0.00	99.36	0.64
N 200	0.075	0.00	0.00	99.36	0.64
Cazoleta	--	32	0.64	100.00	0.00
TOTAL		5000.00			
MÓDULO DE FINURA =		6.82			

Figura 6: Curva granulométrica del agregado grueso.



D60 =	13.00	D30 =	9.80	D10 =	6.40
	Cu =	2.03	Cc =	1.15	

Tabla 21: Peso específico del agua.

Descripción	Peso	unidades
Peso de la fiola	167	g
Peso de la fiola +agua	666	g
Volumen de la fiola	500.00	cm ³
Peso específico	0.99800	g/cm ³
P.e en (kg/m ³)	998.00	kg/cm ³

Tabla 22: Factor de calibración (f) del agregado grueso ASTM C29 / NTP 400.017.

Descripción	Peso	unidades
Peso del molde	4199.00	g
Peso del molde +agua	13981.00	g
Peso agua (kg)	9.7820	kg
f (1/m ³)”	102.024	1/m ³

Tabla 23: Peso unitario suelto agregado grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Descripción	Und	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4199.00	4199.00	4199.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	17841.00	17823.00	17804.00	
Peso de la muestra suelta	g	13642.00	13624.00	13605.00	
Factor (f)	1/m ³	102.024	102.024	102.024	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.392	1.390	1.388	1.390
Peso unitario suelto	kg/m³	1392	1390	1388	1390

Tabla 24: Peso unitario compactado agregado grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4199.00	4199.00	4199.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	19680.00	19796.00	19860.00	
Peso de la muestra suelta	g	15481.00	15597.00	15661.00	
Factor (f)		102.024	102.024	102.024	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.579	1.591	1.598	1.590
Peso unitario compactado	kg/m ³	1579	1591	1598	1590

Tabla 25: Peso específico agregado grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	3900.00	3615.00	3660.00	
Peso de canastilla sumergida	g	1972.00	1972.00	1972.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2967.00	2969.00	2965.00	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1928.00	1643.00	1688.00	
Peso específico de masa	g/cm ³	2.768	2.188	2.260	2.77
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/cm ³	2.799	2.211	2.287	2.80
Peso específico de aparente	g/cm ³	2.856	2.239	2.322	2.86

Tabla 26: Absorción (%) agregado grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2967.00	2969.00	2965.00	
Absorción (%)	%	1.112	1.044	1.180	1.11

Tabla 27: Contenido de humedad (%) agregado grueso - A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	92.00	92.00	92.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1092.00	1092.00	1092.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1088.00	1087.00	1089.00	
Contenido de humedad	W %	0.40	0.50	0.30	0.40

Tabla 28: Ensayo de abrasión agregado grueso - / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207

Gradación	Equipo mecánico	N° de esferas	Velocidad (rev/min)	N° de revoluciones	Tamaño máx. nominal	Peso de la muestra en (g.)
B	Máquina de los ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
				1°	2°	3°
N° DE ENSAYOS						
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 lavado y secado al horno en (g)				3668	3661	3669
% Desg. =((Pi -Pf) / Pi) x 100				26.64	26.78	26.62
Abrasión % desgaste promedio					27.00	

Tabla 29: Ensayo partículas < N° 200 para el agregado grueso.

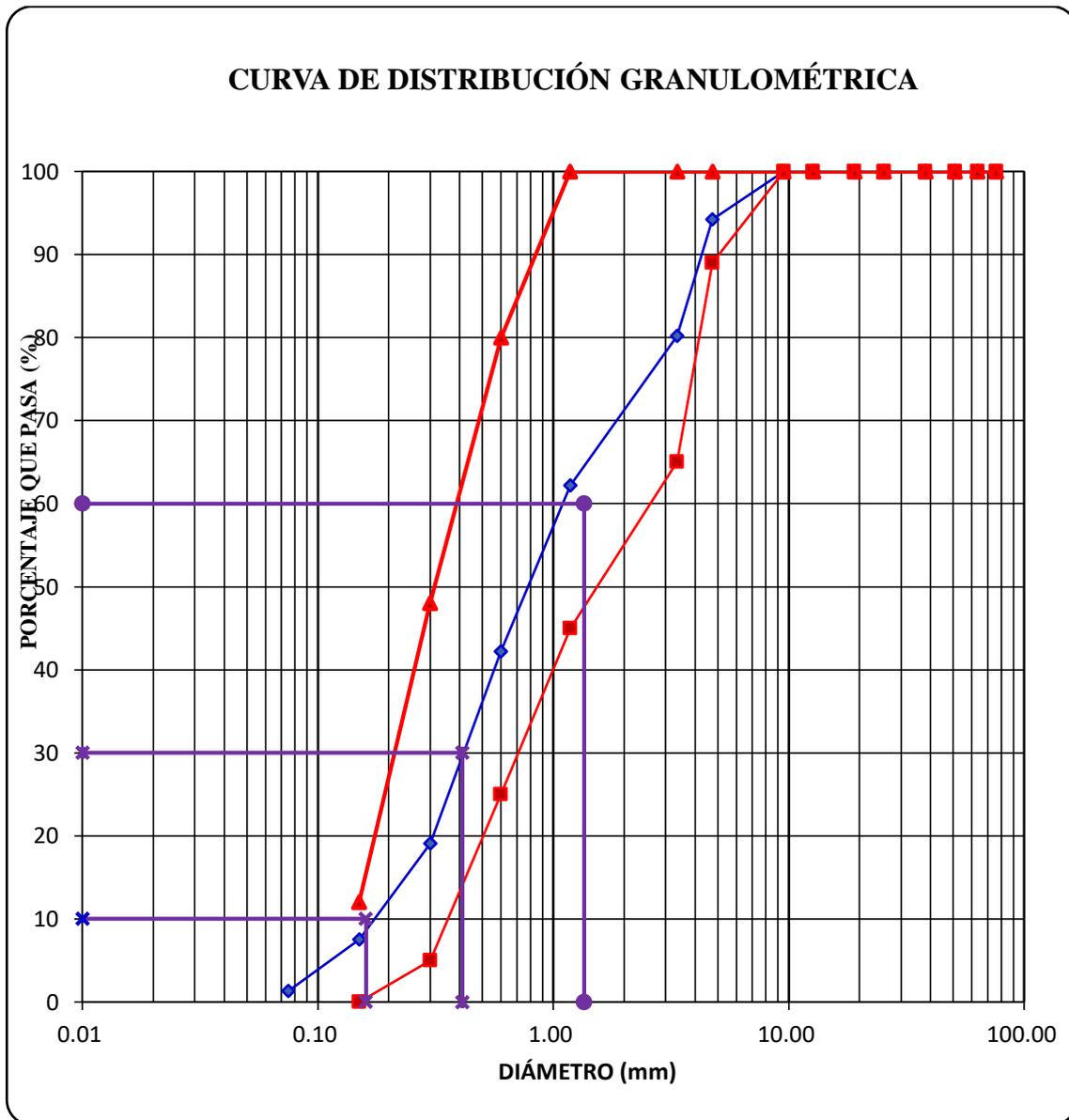
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra original	g	5000.00	5000.00	5000.00	
Peso de la muestra lavada	g	4979.80	4981.90	4983.62	
Peso del material que pasa el tamiz N° 200	g	20.20	18.10	16.38	
% de material que pasa el tamiz N° 200	%	0.404%	0.362%	0.328%	0.40%

2. AGREGADO FINO

Tabla 30: Análisis granulométrico del agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202

Peso seco inicial =		1000.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		13.00			
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	58.00	5.80	5.80	94.20
N°8	3.36	140.00	14.00	19.80	80.20
N 16	1.18	180.00	18.00	37.80	62.20
N 30	0.60	200.00	20.00	57.80	42.20
N 50	0.30	231.00	23.10	80.90	19.10
N 100	0.15	116.00	11.60	92.50	7.50
N 200	0.075	62.00	6.20	98.70	1.30
Cazoleta	--	13	1.30	100.00	0.00
TOTAL		1000.0			
MÓDULO DE FINURA =			2.95		

Figura 7: Curva granulométrica de agregado fino



D60 =	1.35	D30 =	0.41	D10 =	0.16
Cu =	8.44	Cc =	0.78		

Tabla 31: Factor de calibración (f) del agregado fino - ASTM C29 / NTP 400.017.

Descripción	Peso	unidades
Peso del molde	3876	g
Peso del molde +agua	6832	g
Peso agua	2.956	kg
f (1/m3) =	337.618	1/m3

Tabla 32: Peso unitario suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3876.00	3876.00	3876.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	8769.00	8780.00	8784.00	
Peso de la muestra suelta	g	4893.00	4904.00	4908.00	
Factor (f)		337.618	337.618	337.618	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.652	1.656	1.657	1.655
Peso unitario suelto	kg/m³	1651.97	1655.68	1657.03	1655

Tabla 33: Peso unitario compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3876.00	3876.00	3876.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	9150.00	9134.00	9120.00	
Peso de la muestra suelta	g	5274.00	5258.00	5244.00	
Factor (f)	1/m3	337.618	337.618	337.618	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.781	1.775	1.770	1.775
Peso unitario compactado	kg/m³	1780.60	1775.20	1770.47	1775

Tabla 34: Peso específico A.S.T.M.C -128 /NTP 400.022 / AASHTO T84 / MTC E 203.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	167.0	167.0	167.0	
Peso de la fiola +agua hasta menisco	g	666.0	666.0	666.0	
Peso de la fiola +agua + muestra	g	851.0	853.0	850.0	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	300.00	300.00	300.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	297.00	295.00	296.00	
Volumen de agua añadida al frasco (g)	g	384.0	386.0	383.0	
Peso específico de masa	g/m³	2.560	2.588	2.530	2.56
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/m³	2.586	2.632	2.564	2.59
Peso específico de aparente	g/m³	2.628	2.706	2.619	2.65

Tabla 35: Absorción (%) A.S.T.M.C -128 / NTP 400.022 / AASHTO T84 / MTC E 203

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	300.00	300.00	300.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	297.00	295.00	296.00	
Absorción (%)	%	1.010	1.695	1.351	1.35

Tabla 36: Contenido de humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	82.00	82.00	82.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	582.00	582.00	582.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	575.00	577.00	579.00	
Contenido de humedad	W %	1.42	1.01	0.60	1.01

Tabla 37: Ensayo partículas < N° 200 para el agregado fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra lavada	g	486.20	481.10	490.30	
Peso del material que pasa el tamiz N° 200	g	13.80	18.90	9.70	
Material que pasa el tamiz N° 200	%	2.76%	3.78%	1.94%	2.83%

APÉNDICE B: DISEÑO DE MEZCLA

TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO F'C= 210 KG/CM² CON ADICIÓN DE FIBRA DE BOTELLA RECICLADA CON DIFERENTES PROPORCIONES – CAJAMARCA

TESISTA: BACH. YOVER IVÁN BUSTAMANTE CHÁVEZ

ASESOR: ING. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ

A. CEMENTO (ASTM C 150/NTP 334.009)

Tipo: Pacasmayo : tipo I

Peso específico : 3.11 g/cm³

B. PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS

A. FINO: Doña Ramona - Valle de Condebamba.

A. GRUESO: Doña Ramona - Valle de Condebamba.

B.1. PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS

PROPIEDADES	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Tamaño máximo nominal	.....		¾"	
Peso específico de masa	2.560	g/cm ³	2.768	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.590	g/cm ³	2.799	g/cm ³
Peso específico aparente	2.650	g/cm ³	2.856	g/cm ³
Peso unitario suelto	1655	kg/m ³	1390	kg/m ³
Peso unitario compactado	1775	kg/m ³	1590	kg/m ³
Contenido de humedad (%)	1.011	%	0.402	%
Absorción (%)	1.352	%	1.112	%
Módulo de finura	2.946		6.819	
Abrasión (%)	...		27.00	%
% que pasa malla n° 200	2.83	%	0.40	%

C. PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

- ✓ F'c= 210 kg/cm²
- ✓ F'cr= 252 kg/cm
- ✓ TMN = ¾"
- ✓ SLUMP = 3" – 4" (Consistencia plástica)
- ✓ Volumen de agua = 205 lt/m³
- ✓ Aire total (%) = 2
- ✓ Relación a/c = 0.73
- ✓ Factor cemento = 280.82 kg/m³ 6.61 bolsas/m³

▪ **Determinación de volúmenes**

Cemento =	0.090	m3
Agua de mezclado =	0.205	m3
Aire (%) =	0.02	m3
Suma =	0.315	m3

Volumen de agregados = 0.685

Agregado fino seco =	888.00	kg/m3
Agregado grueso seco =	935.00	kg/m3

▪ **Materiales de diseño**

Cemento	280.8	kg
Agua de diseño	205.00	Lt
Agregado fino seco	888.00	kg
Agregado grueso seco	935.00	kg
Aire total	2.00	%

▪ **Aporte de agua de los agregados**

Aporte AF =	-3.03
Aporte AG =	-6.64
Total =	-9.67

▪ **Materiales corregidos**

Cemento	280.8	kg
Agua efectiva	214.7	lt
Agregado fino húmedo	897.00	kg
Agregado grueso húmedo	939.00	kg
Aire total	2.00	%

▪ **Proporción en peso**

Cemento =	1	
A. Fino =	3.19	
A. Grueso =	3.34	
Agua =	32.5	(lt / bolsa)

▪ **Proporción en volumen**

Cemento =	1	
A. Fino =	2.860	
A. Grueso =	3.590	
Agua =	32.500	(lt / bolsa)

APÉNDICE C: PROPIEDADES DEL CONCRETO

A. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

Tabla 38: Peso unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210$ kg/cm², con adición en diferentes porcentajes de fibra de botella reciclada – PET

Adición de fibra de botella reciclada - PET (%)	Muestra	Volumen (m ³)	Peso del molde (kg)	Peso del molde + concreto (kg)	Peso del concreto (kg)	Peso unitario (kg/m ³)	Peso unitario promedio (kg/m ³)	Variación
CP + 0% de PET	M1	0.00965	4.20	27.44	23.24	2409.22	2406.11	
	M2	0.00965	4.20	27.38	23.18	2403.00		
CP + 2% de PET	M3	0.00965	4.20	27.29	23.09	2393.67	2396.78	-0.39%
	M4	0.00965	4.20	27.35	23.15	2399.89		
CP + 4% de PET	M5	0.00965	4.20	27.24	23.04	2388.48	2385.37	-0.86%
	M6	0.00965	4.20	27.18	22.98	2382.26		
CP + 6% de PET	M7	0.00965	4.20	27.07	22.87	2370.86	2371.90	-1.42%
	M8	0.00965	4.20	27.09	22.89	2372.93		

B. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

Tabla 39: Peso unitario del concreto en estado endurecido para $f'c=210$ kg/cm²

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso del concreto (kg)	Peso unitario (kg/m ³)	Peso unitario promedio (kg/m ³)	Variación
Muestra patrón + 0% de fibra de botella reciclada	28	M1	15.50	188.69	30.55	0.00576	13.19	2288.470	2355.09	
		M2	15.10	179.08	30.55	0.00547	13.13	2400.717		
		M3	15.20	181.46	30.65	0.00556	13.27	2386.495		
		M4	15.35	185.06	30.60	0.00566	13.24	2337.195		
		M5	15.20	181.46	30.45	0.00553	13.16	2381.719		
		M6	15.25	182.65	30.75	0.00562	13.12	2335.921		
Muestra patrón + 2% de fibra de botella reciclada	28	M7	15.30	183.85	30.55	0.00562	13.10	2331.954	2341.39	-0.58%
		M8	15.20	181.46	30.60	0.00555	13.09	2357.437		
		M9	15.20	181.46	30.50	0.00553	13.07	2362.276		
		M10	15.25	182.65	30.30	0.00553	13.08	2364.108		
		M11	15.25	182.65	30.25	0.00553	13.09	2368.197		
		M12	15.50	188.69	30.55	0.00576	13.05	2264.357		
Muestra patrón + 4% de fibra de botella reciclada	28	M13	15.20	181.46	30.35	0.00551	12.95	2352.161	2327.22	-1.18%
		M14	15.30	183.85	30.50	0.00561	12.95	2309.384		
		M15	15.30	183.85	30.65	0.00564	13.04	2313.876		
		M16	15.25	182.65	30.45	0.00556	12.99	2334.662		
		M17	15.20	181.46	30.35	0.00551	12.88	2339.451		
		M18	15.25	182.65	30.50	0.00557	12.89	2313.782		
Muestra patrón + 6% de fibra de botella reciclada	28	M19	15.15	180.27	30.55	0.00551	12.86	2335.507	2311.49	-1.85%
		M20	15.20	181.46	30.55	0.00554	12.84	2316.379		
		M21	15.00	176.72	30.55	0.00540	12.61	2335.957		
		M22	15.25	182.65	30.30	0.00553	12.61	2277.920		
		M23	15.20	181.46	30.50	0.00553	12.79	2311.322		
		M24	15.20	181.46	30.60	0.00555	12.73	2291.883		

C. RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA LA EDAD DE 28 DÍAS

Tabla 40: Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio. (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kg)	F'C max (kg/cm ²)	Tipo de falla
Muestra patrón + 0% de fibra de botella reciclada	28	M1	15.50	15.50	15.50	188.69	46500.00	246.43	5
		M2	15.10	15.10	15.10	179.08	44500.00	248.49	5
		M3	15.00	15.40	15.20	181.46	45000.00	247.99	6
		M4	15.40	15.30	15.35	185.06	47000.00	253.97	5
		M5	15.30	15.10	15.20	181.46	44000.00	242.48	6
		M6	15.20	15.30	15.25	182.65	45000.00	246.37	2
Resistencia media							247.623	kg/cm ²	
Rango muestral							11.495	kg/cm ²	
Varianza							11.781		
Desviación estándar							3.432		
Coeficiente de variación							1.386	%	

Tabla 41: Resistencia a la compresión del concreto con adición 2 % de PET a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio. (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kg)	F'C máx (kg/cm ²)	Tipo de falla
Muestra patrón + 2% de fibra de botella reciclada	28	M7	15.30	15.30	15.30	183.85	37500.00	203.97	2
		M8	15.20	15.20	15.20	181.46	39000.00	214.92	5
		M9	15.20	15.20	15.20	181.46	40000.00	220.44	5
		M10	15.30	15.20	15.25	182.65	38000.00	208.04	4
		M11	15.20	15.30	15.25	182.65	37500.00	205.31	6
		M12	15.50	15.50	15.50	188.69	39000.00	206.69	6
Resistencia media							209.893	kg/cm ²	
Rango muestral							16.470	kg/cm ²	
Varianza							34.392		
Desviación estándar							5.864		
Coeficiente de variación							2.794	%	

Tabla 42: Resistencia a la compresión del concreto con adición 4 % de PET a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kg)	F'c max (kg/cm ²)	Tipo de falla
Muestra patrón + 4% de fibra de botella reciclada	28	M13	15.30	15.10	15.20	181.46	35000.00	192.88	2
		M14	15.30	15.30	15.30	183.85	33500.00	182.21	2
		M15	15.30	15.30	15.30	183.85	34000.00	184.93	3
		M16	15.20	15.30	15.25	182.65	32000.00	175.19	2
		M17	15.20	15.20	15.20	181.46	33000.00	181.86	3
		M18	15.10	15.40	15.25	182.65	32500.00	177.93	2
Resistencia media							182.501	kg/cm ²	
Rango muestral							17.687	kg/cm ²	
Varianza							31.402		
Desviación estándar							5.604		
Coeficiente de variación							3.071	%	

Tabla 43: Resistencia a la compresión del concreto con adición 6 % de PET a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio. (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kg)	F'c máx (kg/cm ²)	Tipo de falla
Muestra patrón + 6% de fibra de botella reciclada	28	M19	15.10	15.20	15.15	180.27	28000.00	155.33	3
		M20	15.20	15.20	15.20	181.46	29000.00	159.82	3
		M21	15.00	15.00	15.00	176.72	28500.00	161.28	2
		M22	15.30	15.20	15.25	182.65	27500.00	150.56	3
		M23	15.10	15.30	15.20	181.46	29000.00	159.82	3
		M24	15.20	15.20	15.20	181.46	27000.00	148.79	2
Resistencia media							155.931	kg/cm ²	
Rango muestral							12.483	kg/cm ²	
Varianza							23.156		
Desviación estándar							4.812		
Coeficiente de variación							3.086	%	

D. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA LA EDAD DE 28 DÍAS

Tabla 44: Resistencia a la flexión del concreto patrón a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de ruptura (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)
Muestra patrón + 0% de fibra de botella reciclada	28	M1	45.00	15.55	14.80	3500.00	46.24
		M2	45.00	15.55	15.35	3460.00	42.50
		M3	45.00	15.40	14.95	3520.00	46.02
		M4	45.00	15.75	15.00	3540.00	44.95
		M5	45.00	15.50	15.20	3480.00	43.73
		M6	45.00	15.80	14.80	3400.00	44.21
Resistencia media						44.608	kg/cm ²
Rango muestral						3.746	kg/cm ²
Varianza						1.696	
Desviación estándar						1.302	
Coeficiente de variación						2.919	%

Tabla 45: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 2% de PET a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de ruptura (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)
Muestra patrón + 2% de fibra de botella reciclada	28	M7	45.00	15.05	15.08	3620.00	47.63
		M8	45.00	15.05	14.95	3780.00	50.57
		M9	45.00	15.05	15.15	3700.00	48.20
		M10	45.00	15.10	15.00	3640.00	48.21
		M11	45.00	15.05	15.05	3700.00	48.84
		M12	45.00	15.15	15.10	3720.00	48.46
Resistencia media						48.652	kg/cm ²
Rango muestral						2.940	kg/cm ²
Varianza						0.865	
Desviación estándar						0.930	
Coeficiente de variación						1.912	%

Tabla 46: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 4% de PET a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de ruptura (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)
Muestra patrón + 4% de fibra de botella reciclada	28	M13	45.00	15.65	14.95	3380.00	43.48
		M14	45.00	15.95	14.85	3220.00	41.20
		M15	45.00	15.10	15.70	3320.00	40.14
		M16	45.00	15.15	15.55	3200.00	39.31
		M17	45.00	15.75	14.85	3280.00	42.50
		M18	45.00	15.05	15.50	3200.00	39.83
Resistencia media						41.075	kg/cm ²
Rango muestral						4.176	kg/cm ²
Varianza						2.233	
Desviación estándar						1.494	
Coeficiente de variación						3.638	%

Tabla 47: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 6% de PET a edad de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de ruptura (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)
Muestra patrón + 6% de fibra de botella reciclada	28	M19	45.00	15.10	15.80	2860.00	34.14
		M20	45.00	15.60	15.40	2780.00	33.81
		M21	45.00	15.75	15.05	2720.00	34.31
		M22	45.00	15.75	15.15	2820.00	35.10
		M23	45.00	15.60	15.25	2600.00	32.25
		M24	45.00	15.75	15.00	2680.00	34.03
Resistencia media						33.942	kg/cm ²
Rango muestral						2.855	kg/cm ²
Varianza						0.736	
Desviación estándar						0.858	
Coeficiente de variación						2.527	%

APÉNDICE D: ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA*1000 DE LOS ESPECIMENES DE CONCRETO.

Tabla 48: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días

Muestra patrón + 0% de PET				Muestra patrón + 0% de PET				Muestra patrón + 0% de PET			
Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)
M1	45	15.55	14.80	M2	45	15.55	15.35	M3	45	15.40	14.95
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.0	0.00
200	0.03	0.07	2.64	200	0.00	0.00	2.46	200	0.00	0.00	2.61
400	0.07	0.16	5.28	400	0.00	0.00	4.91	400	0.00	0.00	5.23
600	0.18	0.40	7.93	600	0.00	0.00	7.37	600	0.03	0.07	7.84
800	0.22	0.49	10.57	800	0.07	0.16	9.83	800	0.06	0.13	10.46
1000	0.31	0.69	13.21	1000	0.14	0.31	12.28	1000	0.11	0.24	13.07
1200	0.40	0.89	15.85	1200	0.26	0.58	14.74	1200	0.18	0.40	15.69
1400	0.47	1.04	18.50	1400	0.35	0.78	17.19	1400	0.21	0.47	18.30
1600	0.54	1.20	21.14	1600	0.41	0.91	19.65	1600	0.26	0.58	20.92
1800	0.66	1.47	23.78	1800	0.50	1.11	22.11	1800	0.34	0.76	23.53
2000	0.79	1.76	26.42	2000	0.55	1.22	24.56	2000	0.42	0.93	26.15
2200	1.01	2.24	29.07	2200	0.59	1.31	27.02	2200	0.48	1.07	28.76
2400	1.06	2.36	31.71	2400	0.64	1.42	29.48	2400	0.54	1.20	31.38
2600	1.12	2.49	34.35	2600	0.71	1.58	31.93	2600	0.68	1.51	33.99
2800	1.18	2.62	36.99	2800	0.79	1.76	34.39	2800	0.82	1.82	36.61
3000	1.22	2.71	39.64	3000	1.04	2.31	36.85	3000	0.90	2.00	39.22
3200	1.28	2.84	42.28	3200	1.12	2.49	39.30	3200	0.97	2.16	41.84
3400	1.31	2.91	44.92	3400	1.21	2.69	41.76	3400	1.15	2.56	44.45
3500	1.35	3.00	46.24	3460	1.29	2.87	42.50	3520	1.31	2.91	46.02

Figura 8: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días

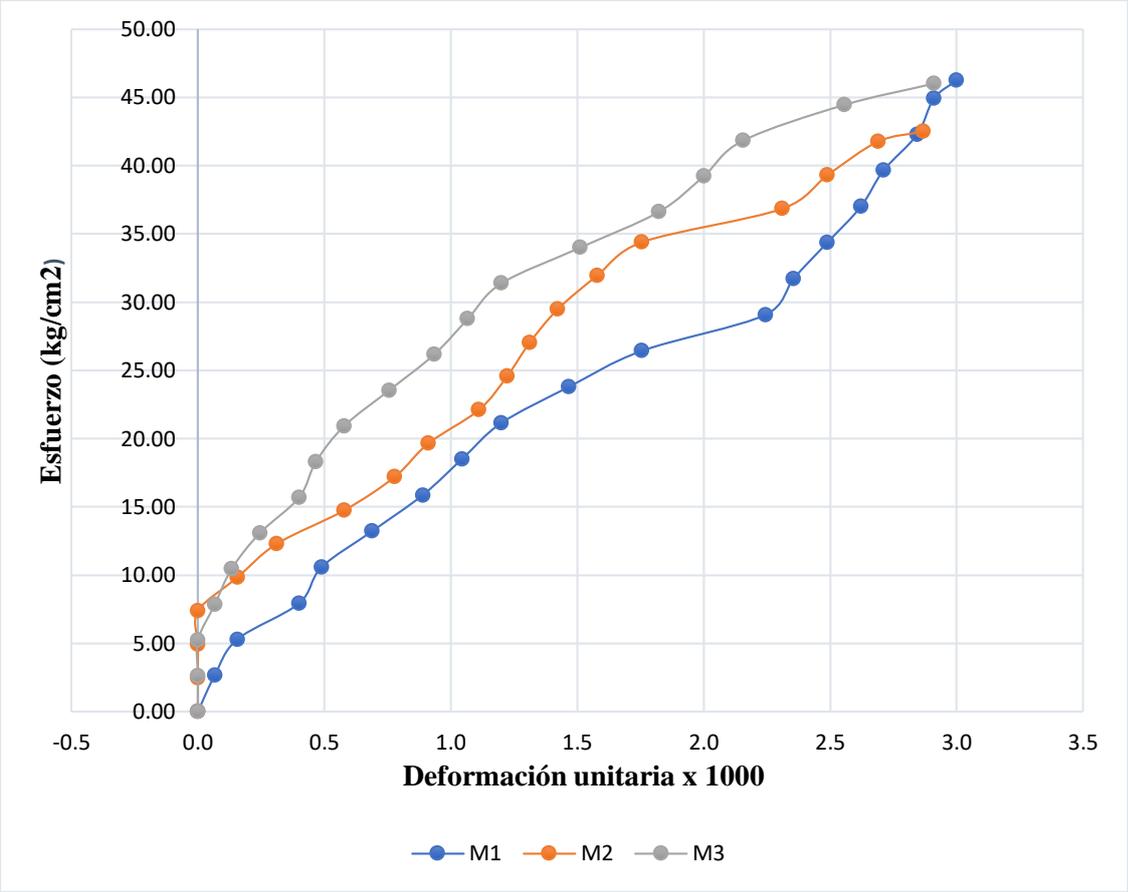


Tabla 49: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 2% de PET a edad de 28 días

Muestra patrón + 2% de PET				Muestra patrón + 2% de PET				Muestra patrón + 2% de PET			
Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)
M7	45	15.05	15.08	M8	45	15.05	14.95	M9	45	15.05	15.15
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)
0	0.00	0.0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.0	0.00
200	0.00	0.10	2.63	200	0.00	0.00	2.68	200	0.00	0.00	2.61
400	0.08	0.60	7.89	400	0.00	0.00	8.03	400	0.00	0.00	5.21
600	0.17	1.22	10.53	600	0.04	0.28	10.70	600	0.03	0.16	7.82
800	0.22	1.50	13.16	800	0.80	0.60	13.38	800	0.05	0.32	10.42
1000	0.31	1.85	15.79	1000	0.13	1.03	16.05	1000	0.14	0.76	13.03
1200	0.41	2.65	18.42	1200	0.23	1.75	18.73	1200	0.19	1.06	15.63
1400	0.47	3.12	21.05	1400	0.36	2.26	21.40	1400	0.23	1.34	18.24
1600	0.53	3.54	23.68	1600	0.39	2.54	24.08	1600	0.27	1.76	20.84
1800	0.66	4.38	26.31	1800	0.49	3.28	26.76	1800	0.34	1.29	23.45
2000	0.79	5.32	28.95	2000	0.53	3.54	29.43	2000	0.42	2.64	65.5
2200	1.03	7.05	31.58	2200	0.56	3.81	32.11	2200	0.49	3.14	28.66
2400	1.08	7.13	34.21	2400	0.64	4.19	34.78	2400	0.53	3.64	31.27
2600	1.13	7.48	36.84	2600	0.70	4.68	37.46	2600	0.66	4.39	33.87
2800	1.17	7.89	39.47	2800	0.78	5.20	40.13	2800	0.79	5.63	36.48
3000	1.21	8.10	42.10	3000	1.03	6.81	42.81	3000	0.88	5.98	39.08
3200	1.27	8.30	44.73	3200	1.13	7.45	43.15	3200	0.97	6.37	41.69
3400	1.31	8.64	45.65	3400	1.19	8.18	45.49	3400	1.18	7.40	44.29
3600	1.35	9.10	47.37	3600	1.26	8.48	48.16	3600	1.26	8.62	46.90
3620	1.39	9.15	47.63	3780	1.34	8.67	50.57	3700	1.31	8.91	48.20

Figura 9: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 2% de PET a edad de 28 días

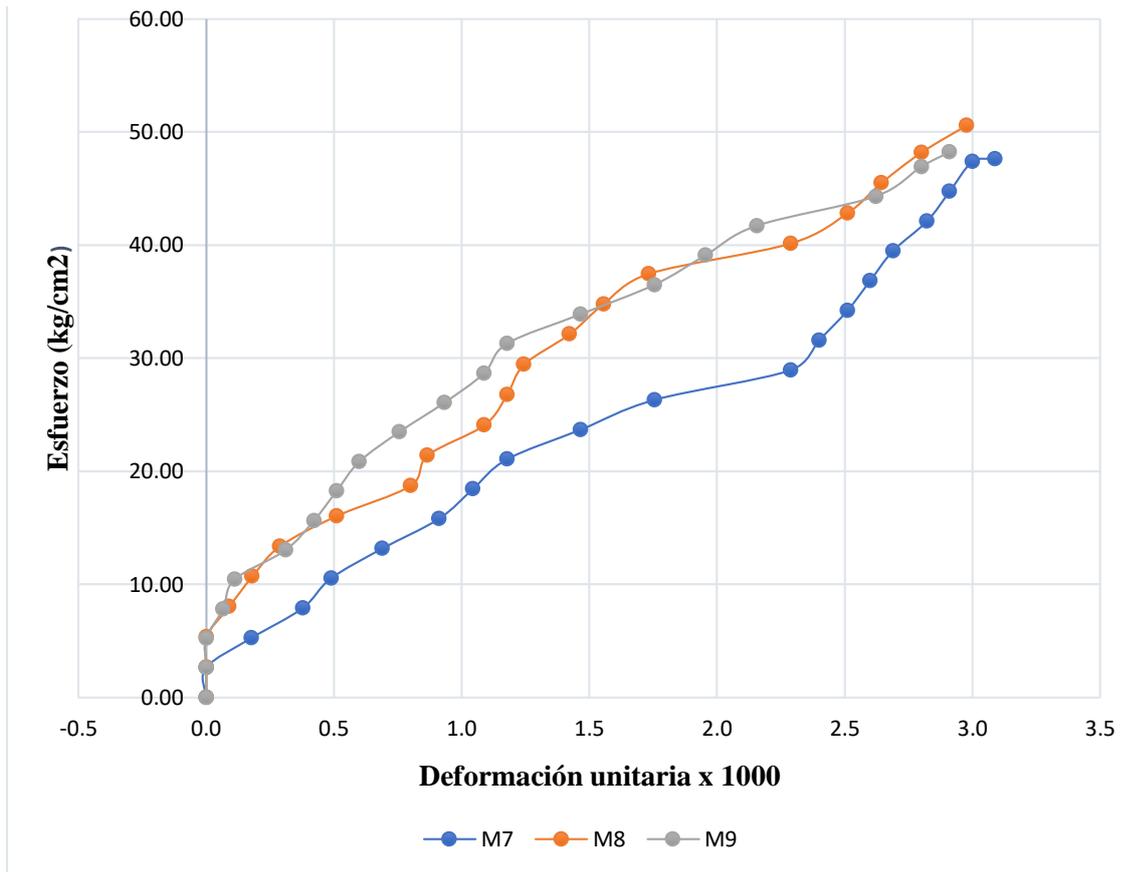


Tabla 50: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 4% de PET a edad de 28 días

Muestra patrón + 4% de PET				Muestra patrón + 4% de PET				Muestra patrón + 4% de PET			
Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)
M13	45	15.65	14.95	M14	45	15.95	14.85	M15	45	15.10	15.70
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)
0	0.00	0.0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.0	0.00
200	0.00	0.00	2.57	200	0.00	0.00	2.56	200	0.00	0.00	2.42
400	0.00	0.00	5.15	400	0.02	0.14	5.12	400	0.02	0.07	4.84
600	0.11	1.21	7.72	600	0.50	0.29	7.68	600	0.05	0.15	7.25
800	0.19	1.48	10.29	800	0.83	0.58	10.24	800	0.08	0.32	9.67
1000	0.29	1.82	12.87	1000	0.14	1.02	12.79	1000	0.14	0.76	12.09
1200	0.38	1.63	15.44	1200	0.22	1.78	15.35	1200	0.20	1.06	14.51
1400	0.46	3.14	18.01	1400	0.35	2.24	17.91	1400	0.23	0.35	16.93
1600	0.57	3.50	20.58	1600	0.40	2.50	20.47	1600	0.29	1.76	19.34
1800	0.68	4.29	23.16	1800	0.49	3.26	23.03	1800	0.34	1.29	21.76
2000	0.75	5.28	25.73	2000	0.53	3.52	25.59	2000	0.42	2.64	24.18
2200	1.04	7.03	28.30	2200	0.57	3.81	28.15	2200	0.46	3.18	26.60
2400	1.09	7.14	30.88	2400	0.63	4.19	30.71	2400	0.53	3.64	29.02
2600	1.14	7.45	33.45	2600	0.72	4.68	33.26	2600	0.66	4.39	31.43
2800	1.18	7.89	36.02	2800	0.78	5.20	35.82	2800	0.79	5.69	33.85
3000	1.23	8.10	38.60	3000	1.04	6.81	38.38	3000	0.87	5.98	36.27
3200	1.29	8.24	41.17	3200	1.15	7.48	40.94	3200	0.97	6.21	38.69
3380	1.33	8.63	43.48	3220	1.21	8.16	41.20	3320	1.23	7.43	40.14

Figura 10: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 4% de PET a edad de 28 días

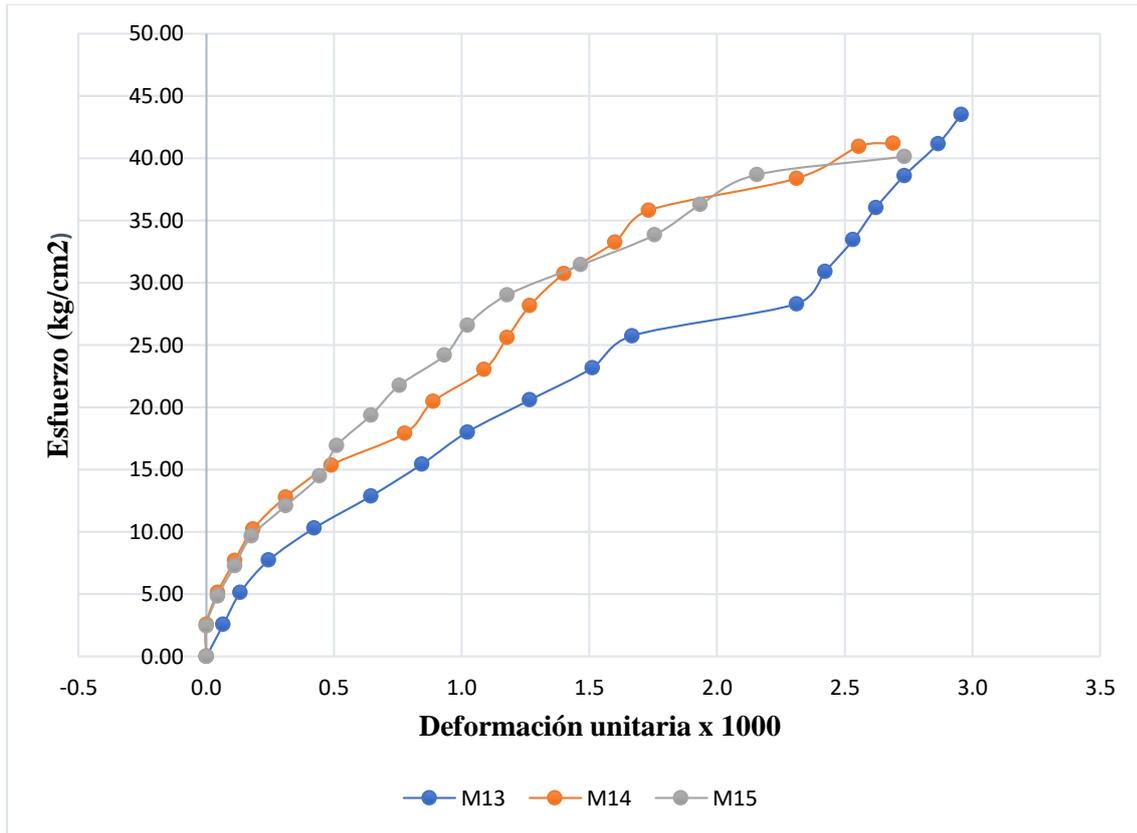
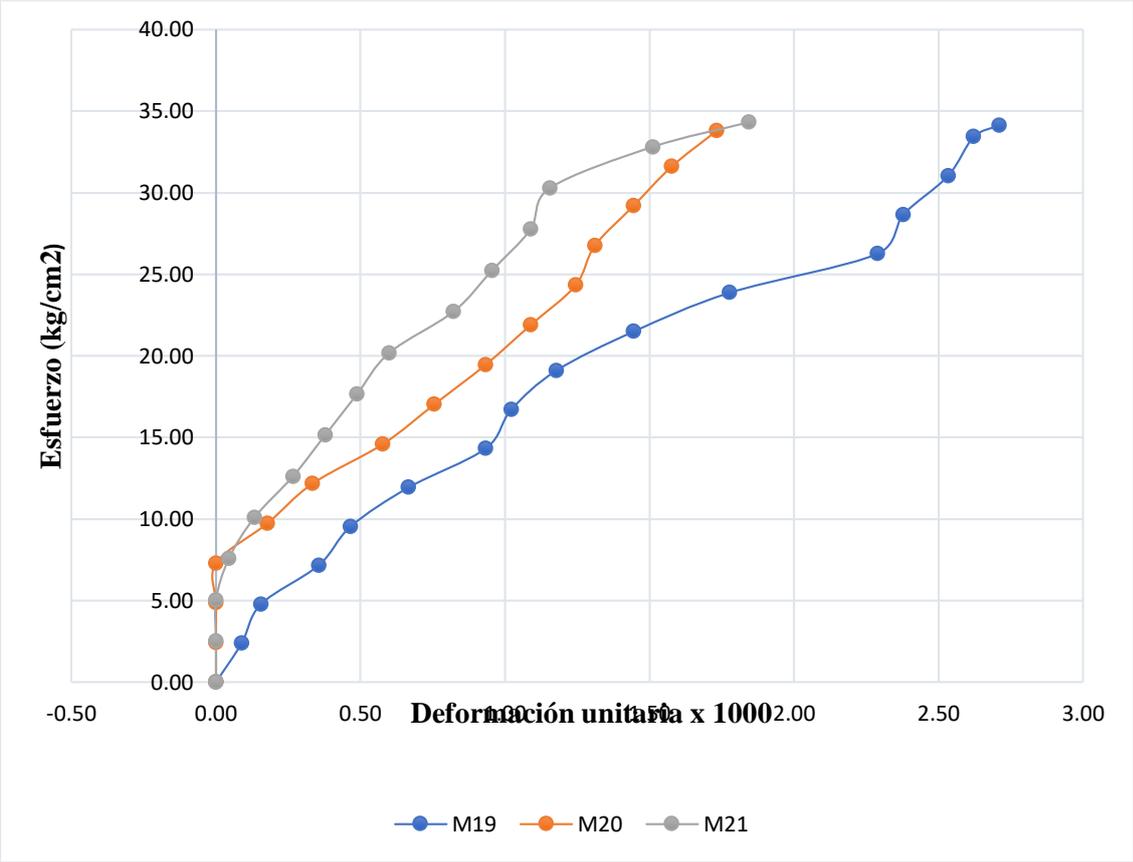


Tabla 51: Módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 6% de PET a edad de 28 días

Muestra patrón + 6% de PET				Muestra patrón + 6% de PET				Muestra patrón + 6% de PET			
Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Espécimen	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)
M19	45	15.10	15.80	M20	45	15.60	15.40	M21	45	15.75	15.05
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria*1000	Módulo de ruptura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.0	0.00
200	0.04	0.15	2.39	200	0.00	0.00	2.43	200	0.00	0.00	2.52
400	0.07	0.56	4.78	400	0.00	0.00	4.87	400	0.00	0.00	5.05
600	0.16	1.25	7.16	600	0.00	0.00	7.30	600	0.02	0.14	7.57
800	0.21	1.58	9.55	800	0.08	0.45	9.73	800	0.06	0.35	10.09
1000	0.30	1.92	11.94	1000	0.15	1.08	12.16	1000	0.12	0.78	12.61
1200	0.42	2.58	14.33	1200	0.26	1.75	14.60	1200	0.17	1.06	15.14
1400	0.46	3.15	16.71	1400	0.34	2.28	17.03	1400	0.22	1.33	17.66
1600	0.53	3.55	19.10	1600	0.42	2.58	19.46	1600	0.27	1.75	20.18
1800	0.65	4.35	21.49	1800	0.49	3.21	21.89	1800	0.37	2.35	22.71
2000	0.80	5.32	23.88	2000	0.56	3.68	24.33	2000	0.43	2.66	25.23
2200	1.03	7.05	26.26	2200	0.59	3.82	26.76	2200	0.49	3.12	27.75
2400	1.07	7.15	28.65	2400	0.65	4.21	29.19	2400	0.52	3.61	30.27
2600	1.14	7.45	31.04	2600	0.71	4.79	31.62	2600	0.68	4.35	32.80
2800	1.18	7.85	33.43	2780	0.78	5.25	33.81	2720	0.83	5.65	34.31
2860	1.22	8.12	34.14								

Figura 11: Gráfica módulo de rotura vs deformación unitaria para concreto con adición de 6% de PET a edad de 28 días



APÉNDICE E: CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNC.



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

CONSTANCIA

El Bach. BUSTAMANTE CHÁVEZ YOYER IVÁN, Exalumno de la Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz” las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Contenido de humedad
02	Análisis granulométrico
03	Peso unitario suelto y compactado
04	Peso específico
05	Ensayo material más fino que pasa malla N° 200
06	Elaboración especímenes de concreto
07	Ensayo resistencia a la compresión muestras cilíndricas.
08	Ensayo a flexión en muestras prismáticas

Para la Tesis Titulada: “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON ADICIÓN DE FIBRA DE BOTELLA REICLADA CON DIFERENTES PROPORCIONES – CAJAMARCA”. Dichas actividades se desarrollaron del 14/08/2023 al 03/11/2023.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 13 de diciembre de 2023.

Atentamente:

C.c. a:
_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Cesarion Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

APÉNDICE F: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 12: Adquisición y traslado de material desde la cantera “Doña Ramona” - Cajabamba hacia el laboratorio de ensayo de materiales de la UNC.



Figura 13: Fibra de botella reciclada - PET



Figura 14: Análisis granulométrico del agregado fino y grueso



Figura 15: Peso unitario de los agregados



Figura 16: Determinación del asentamiento del concreto



Figura 17: Peso unitario del concreto en estado fresco



Figura 18: Elaboración y desmolde de especímenes de concreto



Figura 19: Curado de especímenes de concreto



Figura 20: Rotura de probetas a compresión



Figura 21: Rotura de probetas a flexión.

