

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



**"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ USANDO LA CANTERA
DE PURUAY, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR LA BACHILLER

PAJARES PORTAL, Ana Paula.

ASESOR:

Mg. Ing. Alejandro Cubas Becerra

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador: Ana Paula Pajares Portal**

DNI: 76618841

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

2. **Asesor: M.T Alejandro Cubas Becerra**

Facultad: Ingeniería

3. **Grado académico o título profesional**

- Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

- Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ USANDO LA CANTERA DE PURUAY, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"

6. **Fecha de evaluación: 12/03/2024**

7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud: 17%**

9. **Código Documento: oid:3117:339342913**

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

- APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 12 de marzo del 2024



FIRMA DEL ASESOR

Alejandro Cubas Becerra

DNI: 26623287



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258801 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 12/03/2024 18:47:18-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza para lograr mis metas y sueños.

A mi asesor, el Ing. Alejandro Cubas Becerra, por su apoyo y orientación en la elaboración de la presente tesis de investigación, por su tiempo y calidad de persona.

Al Prof. Tulio Guillén, quien me preparó para mi ingreso a la universidad, gracias por su amistad y conocimientos.

A mi hermano y amigos por apoyarme en la parte práctica de esta investigación.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios por darle sentido a mi vida y darme la fortaleza necesaria para nunca rendirme.

A mis padres, por su inmenso amor y sacrificios para brindarme una buena educación, gracias a ustedes tengo las herramientas tanto como persona como profesional para lograr mis sueños.

A mi hermano, por estar presente en los momentos buenos y malos.

A mi Tía Cecilia y a mis abuelos por su apoyo incondicional.

A mis amigos, que me brindan su apoyo moral y consejos para seguir adelante en la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. HIPÓTESIS.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.5. ALCANCES O 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 DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	5
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	5
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1 CONCRETO.....	7
2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO	7
2.2.2.1 Cemento	7
2.2.2.2 Agregados	7
2.2.2.2.1 Cuarteo de agregados.....	8
2.2.2.2.2 Propiedades físicas de los agregados	10
2.2.2.3 Agua	18
2.2.3 FIBRAS	19
2.2.3.1 Concreto reforzado con fibras	19
2.2.3.2 Clasificación de las fibras.....	19

2.2.3.2.1 Por material	19
2.2.3.2.2 Por funcionalidad, geometría y dosificación	19
2.2.3.3 Fibras de vidrio	19
2.2.3.3.1 Tipos de fibra de vidrio	20
2.2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO	20
2.2.5 DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DE MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS	21
2.2.6 ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS DE CONCRETO	23
2.2.7 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	24
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	29
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	30
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CANTERA DE ESTUDIO	30
3.2. ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.3. PROCEDIMIENTO	30
3.3.1 ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	31
3.3.2 CEMENTO	34
3.3.3 AGUA	34
3.3.4 FIBRA	34
3.3.5 DISEÑO DE MEZCLA	35
3.3.6 ELECCIÓN DEL NÚMERO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO	35
3.3.7 ENSAYOS DEL CONCRETO	35
3.4. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	36
3.4.1 TRATAMIENTO DE DATOS	36
3.4.1.1 Descripción de los datos	36
3.4.2 ANÁLISIS DE DATOS	38
3.4.2.1 Tipo de investigación	38
3.4.2.2 Tipo de análisis	38
3.4.2.3 Recolección de datos	38
3.4.2.4 Procesamiento de datos	38
3.4.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	39
3.4.3.1 Resultados de las propiedades físicas de los agregados	39
3.4.3.2 Resultados del diseño de mezcla	39
3.4.3.3 Resultados de las propiedades del concreto fresco	40
3.4.3.3.1 Asentamiento del concreto	40

3.4.3.3.2	Peso unitario del concreto fresco.....	41
3.4.3.4	Resultados de las propiedades del concreto endurecido	42
3.4.3.4.1	Peso unitario del concreto en estado endurecido	42
3.4.3.4.2	Resistencia a compresión.....	43
3.4.3.4.3	Resistencia a flexión.....	44
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		45
4.1.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	45
4.2.	DISEÑO DE MEZCLA.....	45
4.3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO	46
4.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO....	46
4.5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	46
4.6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	46
4.7.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	47
4.8.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	47
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		48
5.1.	CONCLUSIONES	48
5.2.	RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		49
ANEXOS.....		52
APÉNDICE		54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamaño de la muestra de agregado.....	14
Tabla 2: Gradación de las muestras de ensayo	15
Tabla 3: Cantidad mínima de muestra de agregado grueso	18
Tabla 4: Relación agua/cemento por resistencia.....	22
Tabla 5: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso	22
Tabla 6: Contenido de aire atrapado	23
Tabla 7: Módulo de fineza de la combinación de agregados	23
Tabla 8: Coordenadas geográficas y UTM de la cantera de estudio	30
Tabla 9: Valor crítico Z para el nivel de confianza deseado	37
Tabla 10: Muestras ensayadas	38
Tabla 11: Propiedades físicas de los agregados	39
Tabla 12: Materiales de diseño por metro cúbico del concreto patrón.....	39
Tabla 13: Materiales de diseño corregidos por metro cúbico del concreto patrón	40
Tabla 14: Porcentajes de fibra adicionados y sus respectivos pesos	40
Tabla 15: Asentamiento de las tandas de concreto según diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio	40
Tabla 16: Peso unitario del concreto en estado fresco de las diferentes tandas según porcentajes de adición de fibra de vidrio.....	41
Tabla 17: Variación porcentual del peso unitario del concreto en estado fresco para los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio	41
Tabla 18: Peso unitario del concreto en estado endurecido según porcentajes de adición de fibra de vidrio	42
Tabla 19: Variación porcentual del peso unitario del concreto en estado endurecido para los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio	42
Tabla 20: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas cilíndricas	43
Tabla 21: Resistencia a flexión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas prismáticas	44
Tabla 22: Peso específico del agua	54
Tabla 23: Cálculo del factor F	54
Tabla 24: Peso unitario suelto (NTP 400.017).....	55
Tabla 25: Peso unitario compactado (NTP 400.017).....	55
Tabla 26: Peso específico (NTP 400.021).....	56
Tabla 27: Contenido de humedad (NTP 339.185)	56

Tabla 28: Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°01 (NTP 400.012).....	57
Tabla 29: Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°02 (NTP 400.012).....	59
Tabla 30: Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°03 (NTP 400.012).....	61
Tabla 31: Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200) por lavado (NTP 400.018)	63
Tabla 32: Abrasión (NTP 400.019).....	63
Tabla 33: Peso específico del agua	64
Tabla 34: Cálculo del factor F	64
Tabla 35: Peso unitario suelto (NTP 400.017).....	65
Tabla 36: Peso unitario compactado (NTP 400.017).....	65
Tabla 37: Peso específico (NTP 400.022).....	66
Tabla 38: Contenido de humedad (NTP 339.185)	66
Tabla 39: Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°01 (NTP 400.012).....	67
Tabla 40: Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°02 (NTP 400.012).....	69
Tabla 41: Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°03 (NTP 400.012).....	71
Tabla 42: Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200) por lavado (NTP 400.018)	73
Tabla 43: Peso unitario del concreto en estado endurecido de las diferentes tandas según porcentajes de adición de fibra de vidrio a los 28 días	77
Tabla 44: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 7 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	79
Tabla 45: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 14 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	81
Tabla 46: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 21 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	83
Tabla 47: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 28 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	85
Tabla 48: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 7 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	87
Tabla 49: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 14 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	89

Tabla 50: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 21 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	91
Tabla 51: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 28 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuarteo sobre una superficie dura, nivelada y limpia	9
Figura 2: Cuarteo sobre mantas de lona	9
Figura 3: Máquina de ensayo de abrasión Los Ángeles	16
Figura 4: Molde para el ensayo de asentamiento	25
Figura 5: Tipos de falla de cilindros de prueba estándar	27
Figura 6: Ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz	28
Figura 7: Diagrama de flujo del procedimiento realizado en la investigación	31
Figura 8: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas cilíndricas	43
Figura 9: Resistencia a flexión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas prismáticas	44
Figura 10: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N°01. Huso granulométrico “67” de la NTP 400.037 - 2014	58
Figura 11: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N°02. Huso granulométrico “67” de la NTP 400.037 - 2014	60
Figura 12: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N°03. Huso granulométrico “67” de la NTP 400.037 - 2014	62
Figura 13: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N°01. Huso granulométrico de la NTP 400.037 - 2014	68
Figura 14: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N°02. Huso granulométrico de la NTP 400.037 - 2014	70
Figura 15: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N°03. Huso granulométrico de la NTP 400.037 - 2014	72
Figura 16: Ensayo de análisis granulométrico	97
Figura 17: Deshilachado de la fibra de vidrio tipo E	97
Figura 18: Incorporación de fibra de vidrio en la mezcla de concreto	98
Figura 19: Ensayo de revenimiento o asentamiento de concreto en el cono de Abrams	98
Figura 20: Determinación del peso unitario del concreto en estado fresco	99
Figura 21: Elaboración de los especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos	99
Figura 22: Ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de concreto cilíndricos	100
Figura 23: Ensayo de resistencia a flexión de los especímenes de concreto prismáticos	100

RESUMEN

La fisuración del concreto debido a cargas vehiculares excesivas en pavimentos rígidos es un desafío para la Ingeniería Civil a nivel mundial, actualmente es un problema que se lo intenta prevenir y controlar mediante la implementación de juntas, sin embargo, este problema persiste. Esta investigación se presenta como una posible solución ante la fisuración del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ en pavimentos rígidos debido a su limitada resistencia a las cargas y esfuerzos a compresión y flexión a las que este está sometido debido al tráfico vehicular, lo cual compromete su uniformidad y disminuye su vida útil, por lo que se propone mejorar dichas propiedades mecánicas mediante la incorporación de fibra de vidrio. Asimismo, se debe determinar cómo afecta la incorporación de dicha fibra en la trabajabilidad del concreto para ver la viabilidad de la colocación de este tipo de mezcla en obra. El método empleado fue experimental, dado que se realizaron ensayos de asentamiento en el cono de Abrams, resistencia a compresión y resistencia a flexión para un concreto patrón, sin fibra de vidrio, y concreto con fibra incorporada. El procedimiento se llevó a cabo en laboratorio primero determinando las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, para luego elaborar el diseño de mezcla para el concreto patrón por el método de "Módulo de fineza de la combinación de agregados", después se calculó los pesos de fibra de vidrio incorporada, siendo estos determinados como un porcentaje del peso de los materiales de diseño, tales porcentajes de fibra de vidrio fueron de 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8%, luego se hicieron ensayos de asentamiento en el cono de Abrams para medir la trabajabilidad de las mezclas en estado fresco y, por último, se elaboraron las probetas cilíndricas y prismáticas para los ensayos de resistencia a compresión y flexión respectivamente, estos dos últimos a los 7, 14, 21 y 28 días. Finalmente, de los resultados obtenidos de esta investigación se concluyó que la fibra de vidrio mejora las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ solo para porcentajes como 0.2% y 0.4%, siendo la mezcla trabajable únicamente para 0.2% de fibra incorporada.

Palabras Clave: Concreto, fibra de vidrio, propiedades mecánicas, trabajabilidad, resistencia, compresión, flexión.

ABSTRACT

Concrete cracking due to excessive vehicular loads on rigid pavements is a challenge for Civil Engineering worldwide. It is currently a problem that attempts are made to prevent and control by implementing joints; however, this problem persists. This research is presented as a possible solution to the cracking of concrete $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ in rigid pavements due to its limited resistance to the loads and compression and bending stresses to which it is subjected due to vehicular traffic, which compromises its uniformity and reduces its useful life, so it is proposed to improve these mechanical properties by incorporating glass fiber. Likewise, it must be determined how the incorporation of said fiber affects the workability of the concrete to see the viability of placing this type of mixture on site. The method used was experimental, since settlement tests were carried out in the Abrams cone, compressive strength and flexural strength for a concrete pattern, without fiberglass, and concrete with incorporated fiber. The procedure was carried out in the laboratory, first determining the physical and mechanical properties of the aggregates, and then developing the mix design for the concrete pattern by the "Finance module of the combination of aggregates" method, then the weights were calculated. . of incorporated glass fiber, these being determined as a percentage of the weight of the design materials, such percentages of glass fiber were 0.2%, 0.4%, 0.6% and 0.8%, then settlement tests were carried out in the cone of Abrams to measure the workability of the mixtures in a fresh state and, finally, cylindrical and prismatic probes were made for the compression and bending resistance tests respectively, the latter two at 7, 14, 21 and 28 days. Finally, from the results obtained from this research, it was concluded that fiberglass improves the mechanical properties of concrete $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ only for percentages such as 0.2% and 0.4%, the mixture being workable only for 0.2% fiber incorporated.

Keywords: Concrete, fiberglass, mechanical properties, workability, resistance, compression, bending.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fisuración del concreto debido a excesivas cargas vehiculares en pavimentos rígidos es un desafío para la Ingeniería Civil a nivel mundial, actualmente es un problema que se lo intenta prevenir y controlar mediante la implementación de juntas, sin embargo, este problema persiste. Por ello, se debe procurar la ausencia de estas fisuras para que dichos pavimentos cumplan su función de brindar una superficie de rodadura resistente y uniforme a lo largo de su vida útil. (Amaya, S. y Ramirez, M., 2019, p.29)

Según Maxi, A. y Mamani, M. (2021) un buen concreto para pavimento rígido no se logra únicamente con un adecuado diseño de mezcla y colocación, ya que, aun siguiendo con estas exigencias, puede no tener la suficiente resistencia a flexión frente a las cargas vehiculares ocasionando que este se fisure. Así pues, frente a esta problemática bastante común en los pavimentos rígidos en vías urbanas y carreteras de tráfico pesado en Perú, la incorporación de fibras de vidrio al concreto es una alternativa para minimizar las fisuras y aumentar su resistencia a la compresión y flexión, esto debido a que al ser distribuidas en el concreto de manera uniforme actúan como un refuerzo de este.

De acuerdo a Gástulo, J. y Villegas, R. (2021) las fibras de vidrio en concreto para pavimentos rígidos son una opción viable debido a que refuerzan el concreto mejorando sus propiedades mecánicas, y en consecuencia evitando la fisuración de estos. Esta alternativa debe ser considerada en el ámbito local, dada la presencia de fisuras, grietas y baches en los pavimentos de las vías urbanas de Cajamarca.

La incorporación de fibra de vidrio al concreto se presenta como una posible solución a la fisuración del concreto en los pavimentos rígidos al mejorar sus propiedades mecánicas, específicamente en su resistencia a compresión y flexión. Así también, es importante ver cómo afecta la incorporación de esta en la trabajabilidad del concreto para ver la viabilidad de la colocación del uso de este tipo de mezcla en obra. Finalmente, los resultados obtenidos de la presente investigación son un aporte a nuevas alternativas para el diseño de pavimentos, puesto que aún no existe una dosificación normalizada para la incorporación de fibra de vidrio al concreto.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280$ Kg/cm² usando la cantera de Puruay, provincia de Cajamarca – Cajamarca?

1.3. HIPÓTESIS

La incorporación de fibras de vidrio aumenta más de 3% las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280$ Kg/cm² usando la cantera de Puruay, provincia de Cajamarca – Cajamarca.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La incorporación de fibra de vidrio al concreto $f'c = 280$ Kg/cm² para pavimentos rígidos representa un avance tecnológico significativo en la industria de la construcción al ofrecer una solución innovadora para aumentar sus propiedades mecánicas en respuesta a la problemática persistente de la limitada resistencia a flexión del concreto en dichos pavimentos que conduce a la fisuración y la necesidad de reparaciones frecuentes. Con la presente investigación se pretende mejorar las propiedades mecánicas del concreto, específicamente en su resistencia a compresión y flexión. Asimismo, se pretende que la mezcla sea trabajable para su colocación en obra impulsando la innovación en la construcción al promover la eficiencia y calidad en los proyectos de infraestructura vial, abordando específicamente los problemas de fisuración asociados con la limitada resistencia a flexión ante las cargas vehiculares.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se enfoca en determinar la influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280$ Kg/cm². Para tal propósito, se estableció un concreto patrón, es decir un concreto sin contenido de fibra, y se lo comparó con concreto con 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio incorporada respecto al peso de los materiales de diseño. Esta comparación se hizo basándose en los resultados obtenidos de ensayos de resistencia a compresión y flexión a especímenes cilíndricos y prismáticos a edades de 7, 14, 21 y 28 días; así también, se hicieron ensayos de asentamiento en el cono de Abrams para medir la trabajabilidad de dichas mezclas de concreto.

Los resultados de esta investigación son válidos únicamente para la cantera de Puruay y cemento Pacasmayo Portland Tipo I, dado que para las propiedades de los agregados de otras canteras y otros tipos de cemento los harían variar.

1.6. LIMITACIONES

En la presente investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- Falta de una dosificación normalizada para la incorporación de fibra de vidrio en el concreto.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ usando la cantera de Puruay, provincia de Cajamarca – Cajamarca.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la fibra de vidrio en la trabajabilidad del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ mediante ensayos de asentamiento en el cono de Abrams.
- Determinar la influencia de la fibra de vidrio en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ a través de ensayos a compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
- Determinar la influencia de la fibra de vidrio en la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ mediante ensayos a flexión de especímenes prismáticos de concreto.

1.8. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

La presente investigación cuenta con cinco capítulos, descritos a continuación:

CAPÍTULO I: Se presenta la introducción, la cual comprende el planeamiento del problema, formulación del problema, hipótesis, justificación de la investigación, alcances o delimitación de la investigación, limitaciones y los objetivos.

CAPÍTULO II: Este capítulo abarca el marco teórico, el cual incluye los antecedentes internacionales, nacionales y locales. Se presentan, también, las bases teóricas que se tuvieron en cuenta en esta investigación y la definición de términos básicos.

CAPÍTULO III: En este capítulo se indica la ubicación geográfica y el tiempo en el cual se realizó la investigación. Asimismo, se describe paso a paso el procedimiento realizado y se indica el tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

CAPÍTULO IV: En este capítulo se analiza y discute los resultados obtenidos en esta investigación.

CAPÍTULO V: En este capítulo finaliza la investigación, estableciendo conclusiones para cada objetivo planteado, derivadas de los resultados obtenidos. También se dan las recomendaciones afines a esta investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Beltrán, A. y Villalba, S. (2020) en su proyecto de grado "Diseño de mezcla para concreto permeable con fibra de vidrio", realizado en Colombia; donde pretendieron encontrar una dosificación adecuada para implementarla en un concreto permeable adicionando tres porcentajes de fibra de vidrio (1, 2 y 3%) donde se verificase cuál proporcionará la mayor resistencia, según la normativa colombiana. Asimismo, las autoras concluyeron que el 2% de fibra, fue el porcentaje que más aportó a la resistencia a compresión de la mezcla en comparación con el 1% y 3%, estos estuvieron por debajo en un 2% y 11% respectivamente, concluyendo así que este porcentaje logra una mejor interacción con el agregado y la pasta cementante.

Amaya, S. y Ramirez, M. (2019) en su trabajo de grado "Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras", desarrollado en Colombia, utilizó fibras de vidrio como refuerzo en el concreto, evaluando su comportamiento mecánico mediante los resultados obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Ensayándose dos especímenes cilíndricos a compresión para 7, 14 y 28 días y un espécimen prismático a flexión a los 14 y 28 días. Dando como resultado que las fibras de vidrio como reforzamiento del concreto muestran un aumento de su resistencia a compresión, empero la diferencia entre los resultados obtenidos no es significativa, pues apenas es del 1%.

Bustos, A. (2018) en su tesis doctoral "Morteros con propiedades mejoradas de ductilidad por adición de fibras de vidrio, carbono y basalto", hecha en España, cuyo objetivo principal fue evaluar la influencia de la incorporación de diferentes porcentajes de fibras en las propiedades mecánicas de morteros de cemento y de cal hidratada. Concluyó que, el aumento progresivo de fibras de vidrio incorporadas reduce la trabajabilidad de las mezclas y que la capacidad de absorción de energía de los morteros, tanto a flexión como a compresión, incrementa notablemente al incorporar dichas fibras.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

De acuerdo a Maxi, A. y Mamani, M. (2021) en su tesis "Implementación de la fibra de vidrio, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm², Cusco -

2021", tienen como objetivo general determinar la influencia de la fibra de vidrio en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Los porcentajes de fibra adicionados fueron de 0.5%, 1%, y 1.5%, con respecto al peso del cemento, y se elaboraron 72 probetas para ser ensayadas a compresión y flexión a 7, 14 y 28 días. Concluyendo que, la adición de fibra de vidrio incrementa la resistencia a compresión y flexión, pero reduce la trabajabilidad, obteniéndose asentamientos por debajo de 3", es decir, mezclas poco trabajables.

Según Ríos, J. y Rojas, X. (2021) en su tesis "Influencia de la fibra de vidrio en las características físicas y mecánicas del concreto, cemento - arena Iquitos 2020". En esta investigación se demostró que incorporar fibra de vidrio en 1% al concreto cemento-arena, aumenta la resistencia a la compresión, ya que comparando un concreto sin fibra con uno que contenía fibra de vidrio hubo un incremento de 14.7 Kg/cm^2 . Además, los autores concluyeron también que, la resistencia a flexión aumenta, aunque no representativamente, en 7 Kg/cm^2 , y que la trabajabilidad disminuye de 3" a $2 \frac{3}{4}$ ".

Acorde a Tovar, P. (2021) en su tesis "Influencia de la fibra de vidrio en la resistencia mecánica del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en el distrito de Huancán 2021". En esta investigación se utilizaron porcentajes de 0.025, 0.075 y 0.125% de fibra de vidrio incorporada con respecto a los materiales y se concluyó que la resistencia a compresión disminuye a mayor incorporación de fibra de vidrio y que la dosificación ideal es la adición de fibras de vidrio hasta un 0,025%, con lo que se puede conseguir la máxima resistencia a la compresión de 321 Kg/cm^2 a los 28 días, ya que para otros porcentajes de fibra la resistencia es menor a 210 Kg/cm^2 .

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

De acuerdo con Abrigo, L. (2018) en su tesis "Resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% y 6%". En esta investigación se comparó un concreto patrón (sin fibras) con concreto con 2, 4 y 6% de fibra de vidrio adicionada mediante los resultados obtenidos de ensayos de resistencia a compresión. Los resultados obtenidos mostraron solo un aumento de dicha resistencia para el 2% de fibra de vidrio añadida. Para el resto de porcentajes, las resistencias estuvieron por debajo de la resistencia a compresión del concreto patrón.

Pinedo, J. y Azañero, A. (2022) en su tesis "Análisis de la trabajabilidad y resistencia a compresión, adicionando fibra de vidrio e incorporando aditivo de adherencia resistente a sulfatos Cajamarca 2022". En esta investigación se adicionaron porcentajes de 2 y 4%

de fibra de vidrio a un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y se realizaron ensayos de trabajabilidad y resistencia a compresión. Los resultados obtenidos mostraron que a mayor porcentaje de fibra de vidrio adicionada se va perdiendo la trabajabilidad y se reduce también la resistencia a compresión.

Otro estudio en el ámbito local es el de Gástulo, J. y Villegas, R. (2021) en su tesis "Caracterización física y mecánica de concreto permeable vs convencional utilizando fibras de vidrio en el centro poblado de San Luis, Cajamarca". En esta investigación se ensayaron tres probetas, por cada diseño de mezcla y edad, para ensayos de asentamiento, resistencia a compresión y resistencia a flexión. Correspondiendo los diseños a un concreto base $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y concretos con 5, 10 y 15% de fibra de vidrio adicionada para edades de ensayo de 7, 14 y 28 días. Concluyendo que, a mayor adición de fibra de vidrio se disminuye la trabajabilidad, pero aumenta la resistencia a compresión y flexión.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 CONCRETO

La Norma NTP 339.047 lo define como una combinación de un material aglomerante y agregados. Por lo general, en el concreto normal se usan como medio aglomerante, el cemento Portland y el agua, pero también puede incluir aditivos.

2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.2.1 Cemento

Cemento hidráulico producto de la pulverización del clinker, el cual consiste principalmente en silicatos de calcio y una o más formas de sulfato de calcio (yeso). Al adicionarle agua, estos se fraguan y endurecen por reacción química (NTP 339.047, 2006, p. 5).

2.2.2.2 Agregados

Llamados también "áridos", son partículas de origen natural o artificial con dimensiones establecidas entre límites fijados por la NTP 400.011.

A. Agregado Fino

Agregado procedente de la disgregación natural o artificial de las rocas, que pasa por el tamiz 3/8" (9.52 mm) y cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 (NTP 400.011, 2008, p. 4).

B. Agregado Grueso

Agregado retenido en el tamiz N°4 (4.75 mm) procedente de la disgregación natural o artificial de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 (NTP 400.011, 2008, p. 4).

2.2.2.2.1 Cuarteo de agregados

El cuarteo de los agregados se realizó acorde a la NTP 400.043, la cual establece el siguiente método descrito a continuación:

Método – Cuarteo

Definición: Acorde a la normativa correspondiente el cuarteo de agregados es la reducción de las muestras obtenidas en el campo a tamaños necesarios para realizar los ensayos de laboratorio.

Aparatos: Pala plana, espátula, brocha y base doble de plástico de 2 x 2,5 m.

Procedimiento:

La norma establece los siguientes procedimientos o una mezcla de ambos:

- Acomodar la muestra en una superficie nivelada, limpia y dura para evitar pérdida o contaminación. Mezclar el material 3 veces por volteo, en la última vuelta se apilará la muestra cónicamente, aplanar el cono usando la pala hasta obtener un diámetro y espesor convenientes para dividir la muestra en 4 sectores circulares, tal que el diámetro sea 4 a 8 veces el espesor. Luego, dividir en 4 partes iguales y retirar con ayuda de la pala o espátula los cuartos opuestos. Repetir el proceso hasta obtener la cantidad deseada de la muestra.

Figura 1: Cuarteo sobre una superficie dura, nivelada y limpia



Fuente: Norma NTP 400.043

- Un procedimiento alternativo cuando la superficie del piso es irregular será colocar la muestra sobre un plástico doble y realizar la mezcla igual que el proceso anterior o levantar cada esquina del plástico moviendo y rodando la muestra hacia la esquina diagonal opuesta. Después se apilará, aplanará y dividirá la muestra tal como el proceso anterior. Si la superficie no es desnivelada insertar un elemento divisorio bajo el centro del apilamiento y levantar las esquinas dividiendo la muestra 2, luego se coloca por debajo la barra dividiendo la muestra en 4 partes iguales. Se repite el proceso hasta obtener la cantidad deseada de la muestra.

Figura 2: Cuarteo sobre mantas de lona



Fuente: Norma NTP 400.043

2.2.2.2.2 Propiedades físicas de los agregados

Los ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos en la presente investigación se realizaron acorde a la Norma NTP 400.037.

A. Peso unitario:

Norma: NTP 400.017.

Definición: Es el peso de una muestra seca al llenar un recipiente de volumen conocido, ya sea en su estado suelto o compactado.

Equipos y materiales: Balanza, recipiente metálico y cilíndrico, varilla compactadora de acero y cucharón.

Procedimiento:

▪ Determinación del Peso Unitario Suelto:

- ✓ Llenar con agregado el recipiente metálico con ayuda del cucharón desde una altura no mayor de 5cm hasta rebosar el recipiente, eliminar el agregado sobrante con la varilla, calcular el peso del recipiente metálico con agregado y solo.

▪ Determinación del Peso Unitario Compactado:

- ✓ Llenar un tercio del recipiente y apisonar la superficie con la mano, compactar el agregado con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre esta primera capa. Hacer lo mismo con una segunda capa a los 2/3 y una tercera capa en la cual rebose el material.

Al compactar la primera capa evitar golpear el fondo del recipiente con la varilla, y en las capas posteriores atravesar solo la capa correspondiente. Cuando el recipiente esté lleno, enrasar con la varilla y determinar los pesos correspondientes.

Cálculo:

$$M = \frac{(G - T)}{V} \quad (1)$$

$$M = (G - T) \times F \quad (2)$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m³

G = Peso del recipiente de medida más agregado en kg

T = Peso del recipiente de medida en kg

V = Volumen del recipiente de medida en m³

F = Factor del recipiente de medida en m⁻³

B. Peso específico y absorción de agregados gruesos

Norma: NTP 400.021.

Definición: Relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa del mismo volumen de agua.

Equipos: Balanza, cesta con malla de alambre, depósito de agua, dispositivo para suspender la cesta del centro de la escala de la balanza y estufa.

Procedimiento:

- Reducir la muestra por el procedimiento de cuarteo, lavarla para eliminar el polvo e impurezas y secar la muestra en la estufa a una temperatura entre 100 °C + 5°C. A continuación, dejar la muestra sumergida en agua por 24 h ± 4 h, retirar la muestra del agua y secar con un paño hasta eliminar toda la película visible de agua y registrar el peso de la muestra superficialmente seca. Luego, colocar la muestra saturada superficialmente seca en la cesta y sumergirlas determinando dicho peso. Finalmente, secar la muestra en la estufa a una temperatura entre 100 °C + 5°C y dejar enfriar de 1 a 3 h o hasta que haya enfriado a una temperatura cómoda al tacto y registrar su peso.

Cálculo:

- **Peso específico de masa:**

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos;

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos;

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

- **Peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS):**

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

- **Peso específico aparente:**

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

- **Absorción:** Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido en ella 24 horas, se expresa como porcentaje del peso seco.

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

C. Gravedad específica y absorción de agregados finos

Norma: NTP 400.022.

Definición: Relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa del mismo volumen de agua.

Equipos y materiales:

- Balanza, estufa, frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, molde cónico metálico y varilla para apisonado metálica.

Procedimiento:

- Dejar reposar 24 horas en agua la muestra obtenida por cuarteo, previamente lavada y secada en la estufa. Seguidamente, verter el agua evitando la pérdida de finos, extender la muestra en una superficie lisa y secar al ambiente removiéndola para que se seque uniformemente. Disponer la muestra en el molde cónico, apisonar con la varilla dando 25 golpes suaves y quitar el molde. El cono debe derrumbarse significando que el agregado fino alcanzó un estado superficialmente seco, caso contrario continuar removiendo hasta que el cono se derrumbe parcialmente.

- Introducir en el frasco volumétrico 500 g de la muestra preparada, llenar por partes con agua a una temperatura de 23 ± 2 °C hasta la marca de 500 cm³ y eliminar las burbujas de aire de manera manual rodándola o mecánicamente. Eliminadas dichas burbujas llenar el frasco hasta la capacidad calibrada, registrar el peso del frasco más muestra y agua, remover la muestra y secarla en la estufa a temperatura de 110 ± 5 °C. Por último, dejar enfriar a temperatura ambiente por $\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{2}$ hora y anotar el peso.

Cálculo:

- **Peso específico de masa:**

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

Donde:

Pe_m = Peso específico de masa

W_0 = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g;

V = Volumen del frasco en cm³

V_a = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco.

- **Peso específico de masa saturado con superficie seca:**

$$Pe_{SSS} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

- **Peso específico aparente:**

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100$$

- **Absorción:** Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido en ella 24 horas, se expresa como porcentaje del peso seco.

$$A_b (\%) = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100$$

D. Contenido de humedad

Norma: NTP 339.185.

Definición: Porcentaje que expresa la cantidad de agua en un material sólido (agregado). Se calcula en función de la muestra seca.

Equipos: Balanza, estufa, y tara.

Muestra: Disponer de una cantidad de material acorde a lo especificado en la Tabla 1, protegiéndola de la pérdida de humedad antes de pesarla.

Tabla 1: Tamaño de la muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulgada)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (N°4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (2.1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2.1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3.1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

Procedimiento:

Pesar la muestra húmeda, secarla en la estufa por 24 horas a temperatura de 110 ± 5 °C, dejarla enfriar a temperatura ambiente y registrar el peso de la muestra seca.

Cálculo:

$$P = \frac{100 (W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramo

E. Abrasión

Norma: NTP 400.019.

Definición: Resistencia de los agregados frente al desgaste, ya sea de manera mecánica o hidráulica.

Equipo: Máquina de Los Ángeles, tamices conforme con la NTP 350.001, balanza, carga: esferas de acero y estufa.

Muestra: Obtener la muestra por cuarteo, lavarla y secarla en la estufa a 110 ± 5 °C. La cantidad de muestra dispuesta estará acorde a lo especificado en la Tabla 2.

Tabla 2: Gradación de las muestras de ensayo

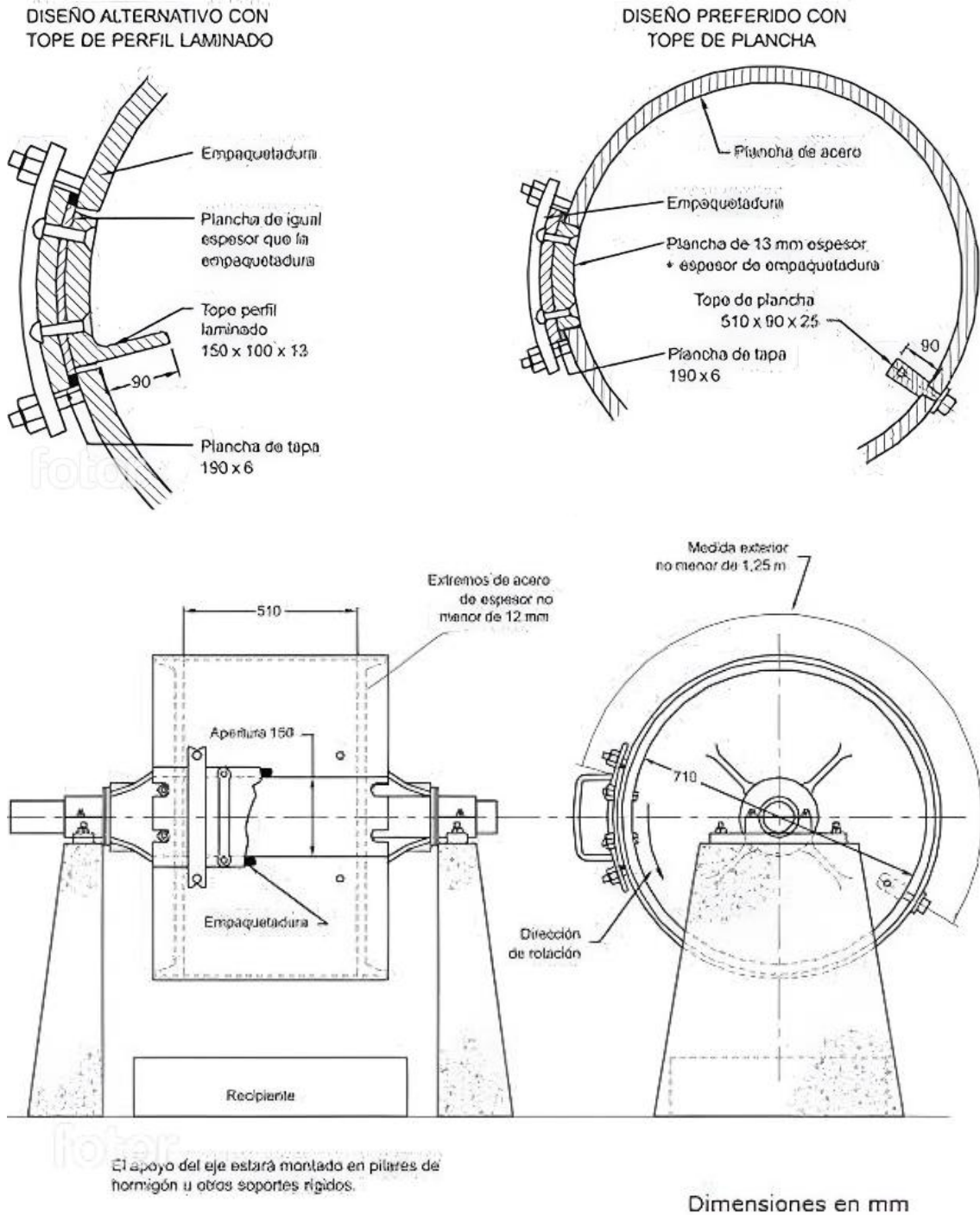
Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (⅜")	6,3 mm (¼")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

Procedimiento:

Colocar la muestra y la carga en la máquina de Los Ángeles, girándola a velocidad entre 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones. Seguidamente, se descarga el material, se realiza una separación preliminar usando el tamiz Nº 12, el agregado retenido en dicho tamiz se lava y se lo seca en la estufa a 110 ± 5 °C. Registrar el peso de la muestra seca.

Figura 3: Máquina de ensayo de abrasión Los Ángeles



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

Cálculo:

Calcular el porcentaje de desgaste en base a la masa inicial y final de la muestra ensayada.

F. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) por lavado

Norma: NTP 400.018.

Definición: Es la cantidad de material fino (arcillas y limo) del agregado que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200).

Equipos y materiales: Balanza, estufa, recipiente, tamices Nº 200 y Nº 16.

Procedimiento:

- Registrar el peso de la muestra secada en la estufa a temperatura de 110 ± 5 °C, colocarla en el recipiente y añadirle agua hasta cubrirla, agitar vigorosamente separando por suspensión las partículas más finas que el tamiz Nº 200. Verter el agua de lavado sobre el juego de tamices evitando la decantación de las partículas más gruesas, añadir agua nuevamente agua al recipiente agitándolo y decantando como antes. Repetir el proceso hasta que el agua de lavado esté completamente clara.

Regresar el agregado retenido en los tamices mediante un chorro de agua a la muestra lavada. Dejar secar la muestra lavada en la estufa a una temperatura de 110 ± 5 °C, dejar enfriar y registrar su peso.

Cálculo:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) por lavado.

B = Peso seco de la muestra original, en gramos.

C = Peso seco de la muestra después de lavado, en gramos.

G. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

Normas: NTP 400.012.

Definición: Distribución por tamaños de las partículas de agregado.

Equipo y materiales: Balanzas, estufa, tamices acordes a las especificaciones del material a ensayar.

Muestra: Reducir la muestra por cuarteo, cuya cantidad después de secado debe ser 300 g mínimo para el agregado fino y para el agregado grueso de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3.

Tabla 3: Cantidad mínima de muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

Procedimiento:

- Pesar la muestra seca a temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, tamizarla manualmente o mecánicamente usando la serie de tamices establecidos hasta que después de un tiempo prudente no pase más del 1% de la muestra retenida en cada tamiz. Finalmente, registrar los pesos retenidos verificando que la suma de ellos sea igual al peso de la muestra seca.

Cálculo:

Calcular los porcentajes de los pesos retenidos, porcentajes de retenidos acumulados y porcentaje que pasa.

2.2.2.3 Agua

El agua empleada en la mezcla de concreto debe cumplir con los estándares de calidad de la norma NTP 339.088.

2.2.3 FIBRAS

La Norma NTP 339.204 define las fibras como filamentos alargados y delgados de un material natural o artificial que pueden añadirse a la mezcla del concreto fresco.

2.2.3.1 Concreto reforzado con fibras

Según el ACI 544.1R. (2002) es una mezcla de cemento, agua, agregados y fibras. Dichas fibras pueden ser de origen natural o artificial y su finalidad es mejorar ciertas propiedades del concreto.

2.2.3.2 Clasificación de las fibras

Sika (2014) indica que las fibras se clasifican de la siguiente manera:

2.2.3.2.1 Por material

- Fibras Metálicas: Hechas de acero con una relación entre 20 y 100 para su longitud y diámetro.
- Fibras Sintéticas: Compuestas por acrílico, aramid, carbón, polipropileno, poliestileno, nylon, poliéster etc.
- Fibras de Vidrio: Resistentes al álcali.
- Fibras Naturales: De origen natural como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc.

2.2.3.2.2 Por funcionalidad, geometría y dosificación

- Microfibras: Evitan la fisuración del concreto en estado fresco o antes que transcurran 24 horas, se dosifican entre 0.03% a 0.15% del volumen del concreto y sus diámetros varían entre 0.023 mm a 0.050 mm.
- Macrofibras: Evitan la fisuración del concreto endurecido, reducen el ancho de fisura y permiten el funcionamiento adecuado de la estructura fisurada, se dosifican entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto y sus diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm y las más comunes son las de polipropileno.

2.2.3.3 Fibras de vidrio

De acuerdo a PCA (2016) la fibra de vidrio es un material fibroso producto de la solidificación de vidrio fundido al hacerlo fluir a través de un espinerette (pieza de agujeros diminutos). Además, dichas fibras son lo suficientemente flexibles para su uso.

2.2.3.3.1 Tipos de fibra de vidrio

Según el ACI 544.1R. (2002) se tiene:

- Fibras tipo E: Se utilizan en construcción, para componentes de vehículos y deportes o como parte de los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV).
- Fibra tipo A: Empleadas como reforzante debido a su gran resistencia química, resiste a medios alcalinos.
- Fibra tipo B: Destacan sus características eléctricas y gran durabilidad.
- Fibras tipo AR: Utilizadas en la construcción como alternativa al asbesto en el refuerzo de cemento, esto debido a que no presenta riesgos cancerígenos.
- Fibras tipo D: Se emplean en la fabricación de materiales electrónicos, de comunicación y como elemento permeable a las ondas electromagnéticas.
- Fibras tipo C: Se utilizan mayormente en tuberías debido a su resistencia a la corrosión.
- Fibras tipo S: Destaca su uso en aeronáutica debido a su gran resistencia a la tracción y estabilidad térmica.
- Fibras de tipo R: Comúnmente empleada en aeronáutica, aviación y armamento por su elevada resistencia mecánica.

2.2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO

Para realizar de manera correcta el diseño de mezcla primero se debe tener en claro las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido. Estas se describen a continuación:

2.2.4.1 Propiedades físicas del concreto

- Trabajabilidad: Manejabilidad del concreto en su estado fresco al ser mezclado, colocado y compactado. (PCA, 2016, p. 3).
- Consistencia: Fluidez o plasticidad del concreto en estado fresco, está relacionada con la cantidad de agua utilizada. (ACI 211.1, 2022, p. 3).

2.2.4.2 Propiedades mecánicas del concreto

- Resistencia: Capacidad del concreto en estado endurecido para soportar cargas y esfuerzos sin fallas ni deformaciones excesivas. (PCA, 2016, p. 8).
- Durabilidad: Propiedad del concreto para resistir efectos adversos causados por agentes agresivos a lo largo del tiempo, estos pueden ser mecánicos, químicos o físicos. (ACI 318, 2019, p. 8).

2.2.5 DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DE MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS

Según el PCA (2016), el diseño de mezcla implica la selección y cálculo de las proporciones necesarias de cemento, agregado, agua y tal vez aditivos para obtener un concreto con adecuada trabajabilidad, durabilidad y resistencia. El método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados ajusta los contenidos de agregados finos y gruesos según la resistencia deseada, teniendo en cuenta la cantidad de agua de mezcla y la relación agua-cemento mediante el contenido de cemento de la mezcla. El módulo de fineza de la combinación de agregados se determina mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f}$$

Donde:

m = Módulo de fineza de la combinación de agregados

m_f = Módulo de fineza del agregado fino

m_g = Módulo de fineza del agregado grueso

r_f = Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

A continuación, se describe los pasos a seguir para determinar las proporciones necesarias de los componentes del concreto con el mencionado método:

1. Selección de la resistencia de diseño.
2. Elección de la relación a/c por resistencia (Tabla 4).
3. Elección de asentamiento.
4. Selección de agua de mezclado (Tabla 5).
5. Selección de vacíos (Tabla 6).
6. Cálculo de cantidad de cemento.
7. Cálculo de los componentes de la pasta.
8. Determinación del módulo de fineza de la combinación de agregados (Tabla 7).
9. Cálculo del porcentaje de agregado fino.
10. Determinación de los pesos secos de los agregados.

11. Determinación de volúmenes absolutos de los agregados.
12. Materiales de diseño por metro cúbico.
13. Materiales de diseño corregidos por humedad.
14. Proporción en peso y en volumen.
15. Cálculo de pesos por tanda.

Tabla 4: Relación agua/cemento por resistencia

f' cr (kg/cm ²)	Relación agua cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	
450	0,38	

Fuente: Comité ACI 211

Tabla 5: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso

AGUA, en kg/m ³ de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamiento indicados.								
ASENTAMIENTO (Centímetros)	9,5 mm 3/8 "	12,7 mm 1/2 "	19,0 mm 3/4 "	25,4 mm 1 "	38,0 mm 1 1/2"	50,8 mm 2 "	76,0 mm 3 "	152,0 mm 6 "
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
2,5 a 5,0	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 a 10,0	228	216	205	193	181	169	145	124
15,0 a 17,5	243	228	216	202	190	178	160	---
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
2,5 a 5,0	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5 a 10,0	202	193	184	175	165	157	133	119
15,0 a 17,5	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Comité ACI 211

Tabla 6: Contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Aire atrapado (%)
3/8 "	3,0
1/2"	2,5
3/4"	2,0
1 "	1,5
1 1/2 "	1,0
2 "	0,5
3 "	0,3
4 "	0,2

Fuente: Comité ACI 211

Tabla 7: Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos por metro cúbico indicados			
	6	7	8	9
3/8"	3,96	4,04	4,11	4,19
1/2"	4,46	4,54	4,61	4,69
3/4"	4,96	5,04	5,11	5,19
1"	5,26	5,34	5,41	5,49
1 1/2"	5,56	5,64	5,71	5,79
2"	5,86	5,94	6,01	6,09
3"	6,16	6,24	6,31	6,39

Fuente: Comité ACI 211

2.2.6 ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS DE CONCRETO

Norma: NTP 339.183.

Equipos: Moldes para los especímenes de concreto cilíndricos de 150 mm de diámetro por 300 de altura, moldes para los especímenes de concreto prismáticos con una

sección transversal de 150 mm por 150 mm y una longitud de por lo menos 500 mm (mayor que tres veces la altura de la probeta) y varilla compactadora.

Tener en cuenta que en el proceso de elaboración de probetas se ejecutaron ensayos para evaluar algunas propiedades de este, tales como el ensayo de asentamiento y peso unitario en estado fresco. Asimismo, se tomaron los datos necesarios para el ensayo de peso unitario en estado endurecido, esto previamente a realizar los ensayos a compresión y flexión para las edades de prueba correspondientes.

Procedimiento:

- Se revistieron ligeramente los moldes con un material no reactivo antes de su uso.
- Se hizo el mezclado de concreto.
- Se elaboró la probeta cilíndrica a ser ensayada a compresión llenando el molde con la mezcla hasta un tercio de su altura compactándolo con la varilla mediante 25 golpes verticales repartidos desde el borde hasta el centro espiraladamente. Se repitió el procedimiento en las siguientes dos capas penetrando con la varilla a la capa anterior no más de 1" y en la última capa se colocó material en exceso para enrasarlo con el borde superior del molde. Finalmente, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado se golpeó ligeramente las paredes del molde con un martillo de goma. Un proceso similar se siguió para las probetas prismáticas a ser ensayadas a flexión, pero en este caso se llenó y varilló solamente en dos capas iguales, aplicando con el mazo de 10 a 15 golpes por capa distribuidos.
- Se cubrió inmediatamente los especímenes después del acabado con una lámina de plástico para evitar la evaporación del agua.
- Luego del fraguado del concreto, después de 24 horas aproximadamente, se desencofró y codificaron las probetas. Finalmente, se realizó el curado en un pozo con agua e hidróxido de calcio.

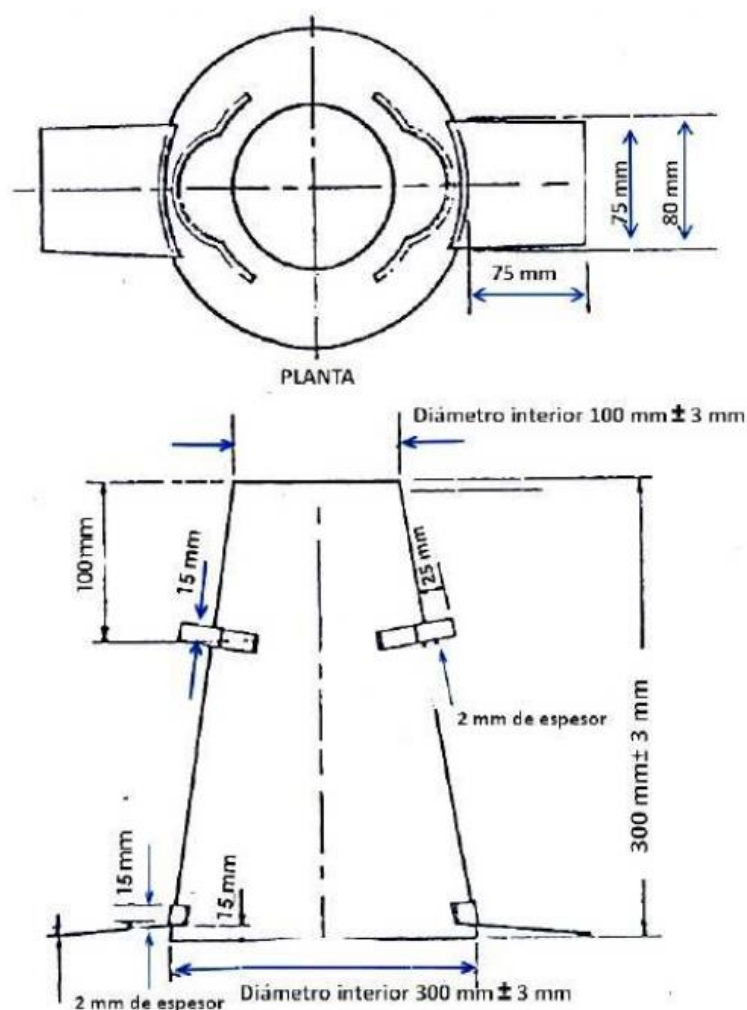
2.2.7 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

2.2.7.1 Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams

Normas: NTP 339.035.

Aparatos: Molde troncocónico con las características mostradas en la Figura 4, varilla, wincha y cucharón.

Figura 4: Molde para el ensayo de asentamiento



Dimensiones del molde

mm	2	3	15	25	75	80	100	200	300
pulg	1/16	1/8	1/2	1	3	3 1/8	4	8	12

Fuente: Norma NTP 339.035

Procedimiento:

- Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana, nivelada y suficientemente grande para contener todo el concreto asentado. Durante el procedimiento, el operador parado sobre las dos piezas de apoyo de los pies del molde debe mantener este firmemente en su lugar. Seguidamente, llenar el molde en tres capas, cada una de las cuales ocupará aproximadamente un tercio del volumen total del molde.
- Varillar cada capa 25 veces, para la primera capa será necesario inclinar ligeramente la varilla y hacer aproximadamente la mitad de los golpes cerca al

perímetro y continuar con golpes verticales de manera espiral hacia el centro. Asimismo, para la capa inferior varillar atravesando toda su profundidad y para las siguientes dejar que atravesase aproximadamente 1".

- Para la última capa colocar material en exceso antes del varillado, así también agregarlo si la compactación produce un hundimiento del concreto. A continuación, enrasar la superficie de concreto mediante un movimiento de regleado con la varilla.
- Retirar el concreto que rodee la base del molde sin dejar de mantener firme el molde.
- Levantar el molde verticalmente y con cuidado. Inmediatamente, medir el asentamiento, este será la diferencia de altura entre el borde superior del molde y la masa de concreto después de retirar el molde.

2.2.7.2 Ensayo de resistencia a compresión

Norma: NTP 339.034.

Aparatos: Máquina de prueba, placas de apoyo de neopreno y probetas cilíndricas.

Procedimiento:

- Preparación de la muestra.
- Preparar la máquina de prueba.
- Colocar la muestra.
- Aplicar la carga.
- Registrar datos.

Cálculo

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad ; \quad A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Dónde:

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

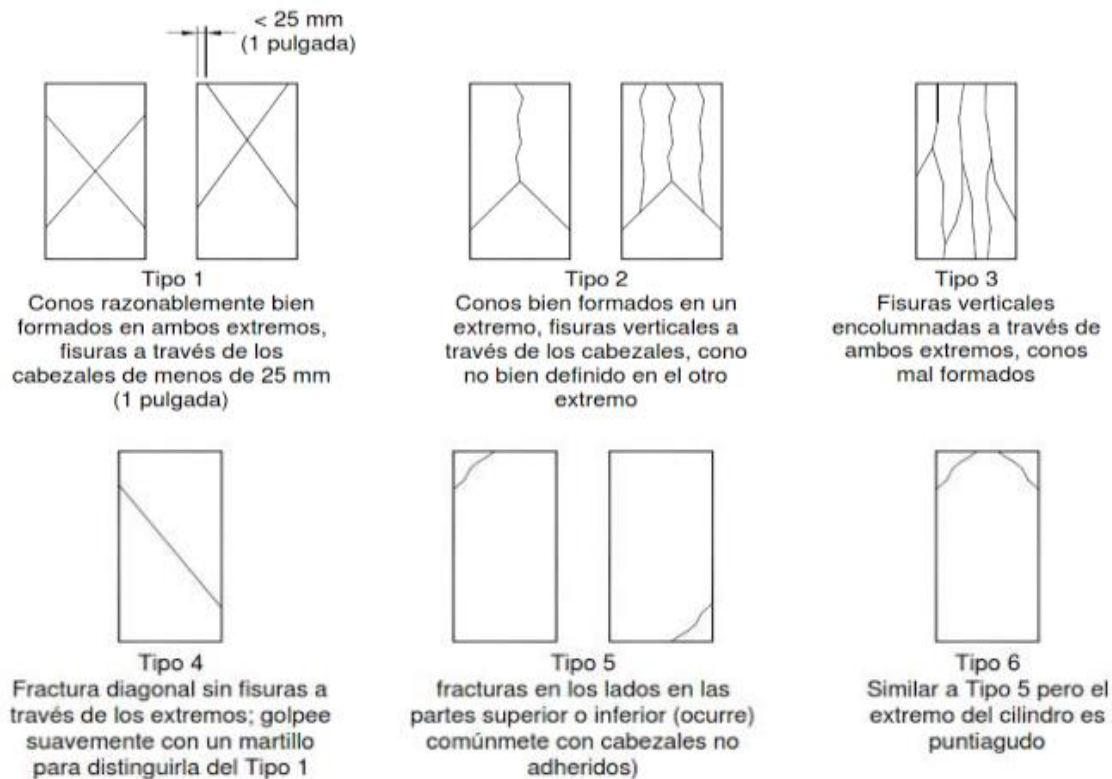
P : Carga de rotura (kg)

ϕ : Es la Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

A : Área promedio de la probeta (cm^2)

Tipos de fractura

Figura 5: Tipos de falla de cilindros de prueba estándar



Fuente: Norma NTP 339.034

2.2.7.3 Ensayo de resistencia a flexión

Normas: NTP 339.078.

Aparatos: Máquina de ensayo y probetas prismáticas.

Procedimiento:

- Preparación de la muestra.
- Preparar la máquina de ensayo.
- Colocar la muestra.
- Aplicar la carga.
- Registrar datos.

Cálculo:

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura de las probetas ensayadas a flexión se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Dónde:

M_r : Módulo de rotura, en (kg/cm^2)

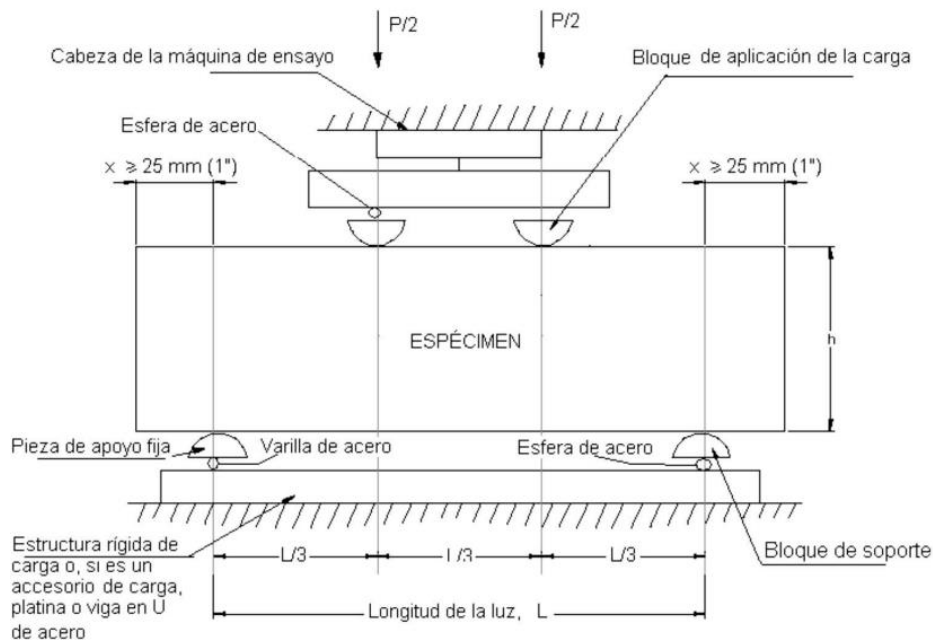
P : Carga máxima aplicada (kg)

L : Longitud entre apoyos, en cm

b : Ancho promedio de la muestra en cm

d : Altura promedio de la muestra en cm

Figura 6: Ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz



Nota: Este equipo se puede usar invertido, si la máquina de ensayo aplica la fuerza a través de una cabeza asentada en una rótula, el pivote central se puede omitir.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Agregado.** Partículas naturales o artificiales, que son tratadas o elaboradas, y sus dimensiones están dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037. (NTP 339.047, 2006, p. 3).
- **Agregado fino.** Agregado proveniente de la disgregación natural o artificial de las rocas, que pasa por el tamiz 3/8" y cumple con los parámetros establecidos por la NTP 400.037. (NTP 339.047, 2006, p. 3).
- **Agregado grueso.** Agregado proveniente de la disgregación natural o artificial de las rocas, es retenido en el tamiz N° 4 y cumple los parámetros establecidos por la NTP 400.037. (NTP 339.047, 2006, p. 3).
- **Cemento Portland.** Se define como cemento hidráulico producido mediante pulverización del clínker; principalmente compuesto por silicatos de calcio hidráulicos, y a veces se le adiciona caliza o sulfato de calcio durante la molienda. (NTP 334.009, 2005, p. 4).
- **Fibras.** Son filamentos de origen natural o que provienen de un proceso industrial, son incorporados al concreto para evitar la fisuración de este. (NTP 339.047, 2006, p. 11).
- **Fibra de vidrio.** Material obtenido al fluir vidrio fundido a través de una pieza con pequeños orificios, y que al solidificarse tiene la flexibilidad necesaria para su uso como fibra. (ACI 544.1R, 2002 p. 21).
- **Propiedades mecánicas:** Son propiedades del concreto en estado endurecido, se refieren a su capacidad para resistir cargas y esfuerzos. (PCA, 2016, p. 185).
- **Resistencia a la compresión.** Es una medida para calcular el fracturado de probetas cilíndricas de concreto mediante una máquina de ensayos a la compresión. (PCA, 2016, p. 8).
- **Resistencia a flexión.** Es una medida de la resistencia a la falla por momento de un elemento estructural. (PCA, 2016, p. 8).
- **Trabajabilidad.** Propiedad del concreto en estado fresco que determina la facilidad de este para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. (NTP 339.047, 2006, p. 15).

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en Cajamarca - Perú, específicamente en el Laboratorio de Ensayo de Materiales "Carlos Esparza Díaz" - Edificio 1 C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), ubicada en la Av. Atahualpa N°1050.

3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CANTERA DE ESTUDIO

Se utilizó agregados provenientes de la cantera de Puruay, ubicada en la Av. Vía de Evitamiento Norte N° 2016, Cajamarca. Sus coordenadas UTM son 772920.80E y 9212716.80N.

Tabla 8: *Coordenadas geográficas y UTM de la cantera de estudio*

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 06' 57" S	78° 31' 45" W	772920.80	9212716.80

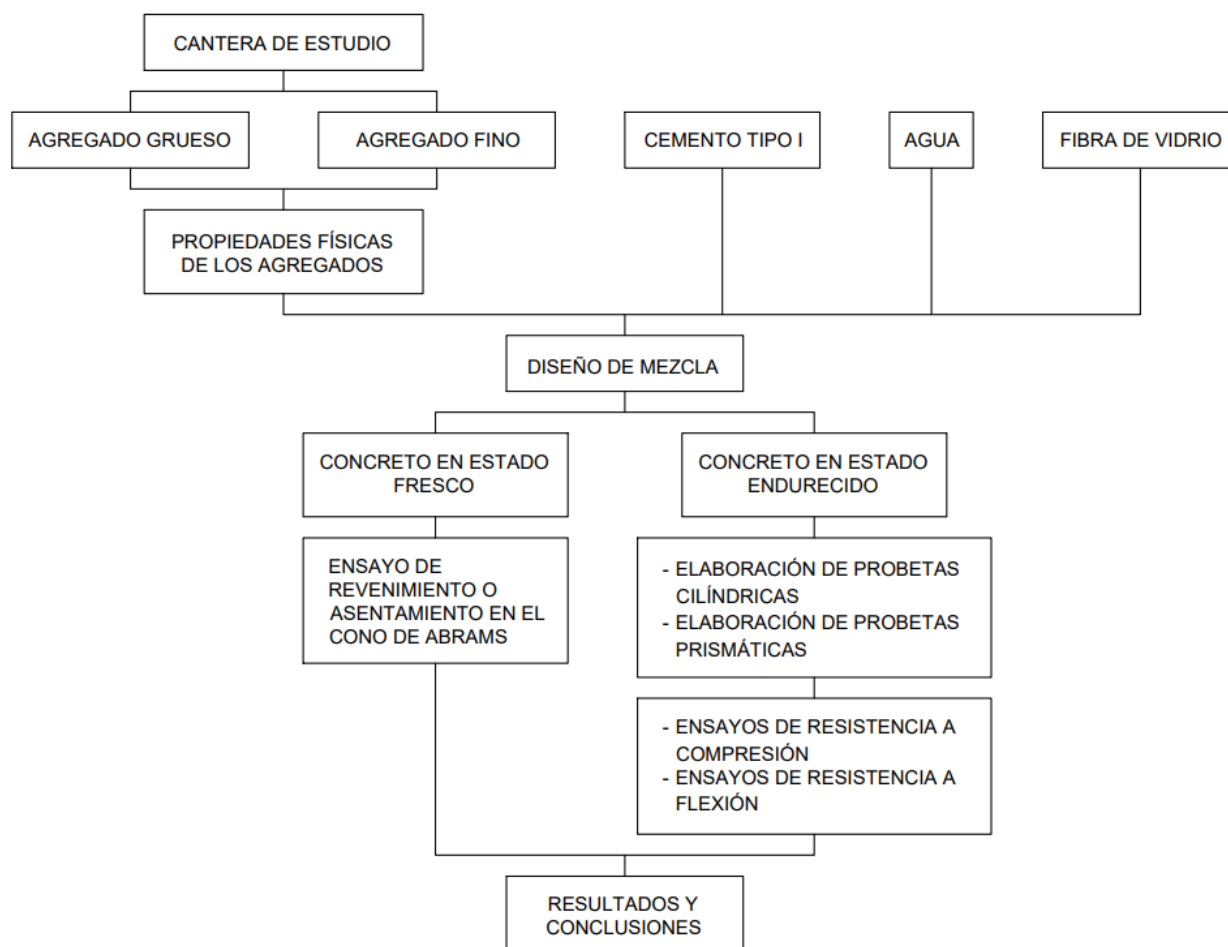
3.2. ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó entre los meses de abril y julio del año 2023.

3.3. PROCEDIMIENTO

A continuación, se presenta un diagrama de flujo del procedimiento realizado en la presente investigación.

Figura 7: Diagrama de flujo del procedimiento realizado en la investigación



3.3.1 ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

3.3.1.1 Procedimiento de cuarteo de agregados

El cuarteo de los agregados se realizó conforme a la Norma NTP 400.043. La muestra fue acomodada en una superficie nivelada y limpia. El material se mezcló 3 veces por volteo, apilando la muestra cónicamente en la última vuelta. Se aplanó el cono con la pala hasta lograr el diámetro y espesor deseados. La muestra se dividió en 4 sectores circulares (cuartos opuestos) y se retiró con la pala o espátula. Este proceso se repitió hasta obtener la cantidad necesaria de muestra.

3.3.1.2 Peso unitario

Se llevó a cabo acorde lo establecido por la NTP 400.017.

Peso Unitario Suelto:

- Se llenó el recipiente metálico con agregado utilizando un cucharón desde una altura no mayor de 5 cm hasta que rebosara.
- Se eliminó el exceso de agregado usando la varilla.
- Se determinó el peso unitario del agregado.

Peso Unitario Compactado:

- Se llenó un tercio del recipiente y se apisonó la superficie con la mano.
- Se compactó el agregado con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre esta primera capa.
- Se repitió el proceso para la segunda capa, alcanzando los 2/3 del recipiente, y luego para la tercera capa hasta que rebosó el material. Asimismo, se evitó golpear el fondo del recipiente con la varilla al compactar la primera capa y, en capas posteriores, se atravesó solo la capa correspondiente.
- Se enrasó el contenido del recipiente con la varilla y se determinaron los pesos correspondientes.

3.3.1.3 Peso específico y absorción de agregados gruesos

El ensayo para determinar el Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos se realizó siguiendo lo estipulado por la norma NTP 400.021.

- Se redujo la muestra por el procedimiento de cuarteo. La muestra fue lavada para eliminar polvo e impurezas.
- Se secó en la estufa a una temperatura entre $100\text{ }^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.
- La muestra se dejó sumergida en agua por $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.
- Se retiró la muestra del agua y se secó con un paño para eliminar toda la película visible de agua.
- Se registró el peso de la muestra superficialmente seca.
- La muestra superficialmente seca se colocó en la cesta.
- Se sumergió la cesta en agua, registrando el peso de la muestra saturada superficialmente seca.
- La muestra saturada superficialmente seca se secó en la estufa.
- Se dejó enfriar de 1 a 3h, hasta que alcanzara una temperatura cómoda al tacto.
- Se registró el peso final de la muestra.

3.3.1.4 Gravedad específica y absorción de agregados finos

El procedimiento para determinar la Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos se desarrolló conforme a la norma NTP 400.022.

- La muestra obtenida por cuarteo, previamente lavada y secada, se dejó reposar en agua durante 24 horas.
- Se vertió el agua de la muestra, evitando la pérdida de finos.
- La muestra se extendió en una superficie lisa y se dejó secar al ambiente, removiéndola para garantizar un secado uniforme.
- La muestra se dispuso en el molde cónico apisonándola con la varilla dando 25 golpes suaves.
- Se retiró el molde cónico, y se observó el derrumbe del cono como indicador de que el agregado fino alcanzó un estado superficialmente seco.
- Se introdujeron 500 g de la muestra preparada en el frasco volumétrico.
- Se llenó el frasco con agua hasta la marca de 500 cm³.
- Se eliminaron las burbujas de aire manualmente y se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada.
- Se registró el peso del frasco más muestra y agua.
- La muestra se secó en la estufa a temperatura de 110 ± 5 °C.
- Después de enfriarse a temperatura ambiente por $\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{2}$ hora, se registró el peso final de la muestra.

3.3.1.5 Contenido de humedad

El procedimiento para determinar el Contenido de Humedad se llevó a cabo según la norma NTP 339.185. Inicialmente, se pesó la muestra húmeda, utilizando 3 kg de material en conformidad con las normativas mencionadas, registrando el peso inicial. Posteriormente, la muestra se sometió a un proceso de secado en la estufa a una temperatura constante de 110 ± 5 °C durante 24 horas para asegurar un secado uniforme. Tras el periodo de secado, la muestra se retiró de la estufa y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Finalmente, se realizó el pesado final de la muestra seca.

3.3.1.6 Abrasión

El procedimiento para evaluar la resistencia a la abrasión de los agregados, en conformidad con la norma NTP 400.019, consistió en colocar la muestra y la carga en la máquina de Los Ángeles, girándola a una velocidad entre 30 rpm y 33 rpm por 500 revoluciones. Posteriormente, se descargó el material y se llevó a cabo una separación preliminar utilizando el tamiz N° 12. El agregado retenido en dicho tamiz fue sometido a

un proceso de lavado y secado en la estufa a 110 ± 5 °C. Finalmente, se registró el peso de la muestra seca.

3.3.1.7. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (Nº 200) por lavado

El proceso para determinar la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (Nº 200) por lavado, de acuerdo con la norma NTP 400.018, comenzó registrando el peso de la muestra previamente secada en la estufa a una temperatura de 110 ± 5 °C. Posteriormente, la muestra se colocó en un recipiente y se le añadió agua hasta cubrirla, realizando una agitación vigorosa para separar, por suspensión, las partículas más finas que el tamiz Nº 200. Se vertió el agua de lavado sobre el juego de tamices, evitando la decantación de las partículas más gruesas, y se repitió el proceso hasta que el agua de lavado estuvo completamente clara.

3.3.1.8 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

El procedimiento para realizar el análisis granulométrico de agregados gruesos y finos, de acuerdo con la norma NTP 400.012, se llevó a cabo de la siguiente manera: Primero, se pesó la muestra seca a una temperatura de 110 ± 5 °C. Posteriormente, se tamizó la muestra manualmente utilizando la serie de tamices establecidos. Se continuó tamizando hasta que, después de un tiempo prudente, no pasó más del 1% de la muestra retenida en cada tamiz. Finalmente, se registraron los pesos retenidos, asegurándose de que la suma de estos pesos fuera igual al peso de la muestra seca.

3.3.2 CEMENTO

El cemento empleado en la elaboración de los especímenes de concreto para esta investigación fue Cemento Pórtland Tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A. de uso general en la construcción. Asimismo, cumple con los requisitos normalizados por la NTP 334.009 y cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo 1.

3.3.3 AGUA

El agua empleada cumple con los estándares de calidad de la norma NTP 339.088.

3.3.4 FIBRA

Las fibras utilizadas en el desarrollo de la presente investigación fueron fibras de vidrio tipo E "POWDER CHOPPED STAND MATS E-GLASS", fabricadas por China Jushi Co., Ltd. en Zhejiang – China.

3.3.5 DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla utilizado en esta investigación se realizó mediante el método de “Módulo de fineza de la combinación de los agregados” para una resistencia $f'c = 280$ Kg/cm² siguiendo los pasos descritos a continuación:

- Elección de la resistencia promedio, relación a/c, asentamiento, agua y vacíos.
- Cálculo de cantidad de cemento.
- Determinación de los componentes de la pasta.
- Determinación del módulo de fineza de la combinación de agregados, cálculo del porcentaje de agregado fino, determinación de los pesos secos y volúmenes absolutos de los agregados.
- Materiales de diseño por metro cúbico.
- Materiales de diseño corregidos por humedad.
- Proporcionamiento de materiales por peso y volumen.

3.3.6 ELECCIÓN DEL NÚMERO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

En la presente investigación se realizaron 6 especímenes cilíndricos y prismáticos por cada diseño de mezcla, correspondientemente para ensayos a compresión y a flexión, con la finalidad de tener una mayor cantidad de datos y por ende resultados más confiables conforme a una distribución normal permitiendo una mejor evaluación de la variabilidad de los datos y garantizando resultados confiables y consistentes para respaldar las conclusiones de la investigación.

3.3.7 ENSAYOS DEL CONCRETO

3.3.7.1 Ensayo de revenimiento o asentamiento del concreto en el cono de Abrams

El ensayo de revenimiento o asentamiento del concreto en el cono de Abrams, siguiendo la norma NTP 339.035, se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se humedeció el molde y se lo colocó sobre una superficie plana y nivelada.
- Se llenó el molde en tres capas, cada una ocupando aproximadamente un tercio de su volumen total.

- Se varilló cada capa 25 veces. Para la última capa, se agregó material en exceso antes del varillado y, si la compactación producía hundimiento del concreto, se añadía más material.
- Se enrasó la superficie de concreto mediante un movimiento de regleado con la varilla.
- Se retiró el concreto que rodeaba la base del molde sin dejar de mantener firme el molde.
- Se levantó el molde verticalmente con cuidado, y de inmediato, se midió el asentamiento.

3.3.7.2 Ensayo de resistencia a compresión

Se realizó el ensayo de resistencia a compresión, en conformidad con la norma NTP 339.034, en un total de 120 especímenes cilíndricos de concreto ensayados a 7, 14, 21 y 28 días. Para ello, se retiró los especímenes a ser ensayados de la poza de curado con agua, se los codificó, se midió su diámetro y altura, se los pesó, luego se los colocó en la máquina de prueba ajustando las placas de neopreno en las caras superior e inferior de dichas muestras y finalmente se aplicó la carga hasta la falla.

3.3.7.3 Ensayo de resistencia a flexión

El ensayo de resistencia a flexión se hizo conforme a la norma NTP 339.078 en 120 especímenes prismáticos, también a edades de 7, 14, 21 y 28 días. Para este ensayo primero se retiraron las muestras de concreto prismáticas de la poza de curado con agua, se las codificó, se midió su longitud, ancho y altura, se las pesó y por último se las colocó en la máquina de ensayo aplicando una carga hasta alcanzar la falla de la muestra. Durante todo el procedimiento, se registraron meticulosamente los datos.

3.4. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.4.1 TRATAMIENTO DE DATOS

3.4.1.1 Descripción de los datos

- **Población de estudio:** Especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos sin y con fibra de vidrio (0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% respecto al peso de los materiales).
- **Muestra:** El total de muestras ensayadas fue de 240 especímenes. Para ello, se elaboraron 6 especímenes por cada diseño de mezcla sin y con fibra de vidrio,

tanto para los que fueron sometidos a ensayos a compresión como a flexión a los 7, 14, 21 y 28 días. Este tamaño de muestra se determinó con la siguiente fórmula para una población infinita con distribución normal:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

Donde:

n: Tamaño de muestra

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

p: Proporción estimada de la población

e: Error de estimación máximo aceptado

Tabla 9: Valor crítico *Z* para el nivel de confianza deseado

Nivel de confianza	Z
99.70%	3
99%	2.58
98.75%	2.51
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645

Para la presente investigación se tomó un nivel de confianza del 98.75% correspondiendo un $Z = 2.51$, $p = 99.4\%$ (Anexo 2: Tablas de distribución normal para la estimación de p) y $e = 1.25\%$ (nivel de significancia deseado). Obteniendo un tamaño de muestra de:

$$n = \frac{2.51^2 \cdot 0.994 \cdot 0.006}{0.0125^2} = 240$$

Tabla 10: Muestras ensayadas

RESULTADOS		FACTORES DE ANÁLISIS				
		PATRÓN	CON FIBRA			
DOSIFICACIÓN		Sin fibra	0.2% de fibra	0.4% de fibra	0.6% de fibra	0.8% de fibra
Resistencia a la compresión	7 días	6	6	6	6	6
	14 días	6	6	6	6	6
	21 días	6	6	6	6	6
	28 días	6	6	6	6	6
Subtotal de muestras para ensayos de resistencia a la compresión						120
Resistencia a la flexión	7 días	6	6	6	6	6
	14 días	6	6	6	6	6
	21 días	6	6	6	6	6
	28 días	6	6	6	6	6
Subtotal de muestras para ensayos de resistencia a la flexión						120
TOTAL DE MUESTRAS A ENSAYAR						240

3.4.2 ANÁLISIS DE DATOS

El método para el análisis de datos fue comparativo. Esto se debe a que, se compararon los resultados de las resistencias a compresión y flexión promedio de probetas con un diseño de mezcla patrón con los resultados promedio de probetas de concreto con fibra de vidrio incorporada. Evaluándose las diferencias entre estos grupos para determinar el impacto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto.

3.4.2.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental.

3.4.2.2 Tipo de análisis

El tipo de análisis utilizado fue comparativo.

3.4.2.3 Recolección de datos

Los datos fueron recopilados a través de fichas donde se registraron los datos y resultados obtenidos en laboratorio.

3.4.2.4 Procesamiento de datos

Se realizó el procesamiento de los datos de manera sistemática usando como herramienta Microsoft Excel.

3.4.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en laboratorio se presentan a continuación a través de tablas y figuras:

3.4.3.1 Resultados de las propiedades físicas de los agregados

Tabla 11: Propiedades físicas de los agregados

PROPIEDAD	Agregado Fino	Agregado Grueso
Tamaño Máximo Nominal	-	¾ "
Perfil del agregado grueso	-	Angular
Peso Específico de Masa	2.472 gr/cm ³	2.599 gr/cm ³
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco	2.543 gr/cm ³	2.657 gr/cm ³
Peso Específico Aparente	2.662 gr/cm ³	2.760 gr/cm ³
Absorción	2.90 %	2.25 %
Peso Unitario Suelto	1395.91 Kg/m ³	1363.49 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1715.88 Kg/m ³	1462.86 Kg/m ³
Contenido de Humedad	2.50 %	1.80 %
Modulo de Finura	3.04 %	6.78 %
Abrasión	-	19 %
% que pasa malla N°200	4.10%	0.20 %
Vacios		43.71 %

3.4.3.2 Resultados del diseño de mezcla

Tabla 12: Materiales de diseño por metro cúbico del concreto patrón

MATERIALES DE DISEÑO	
Cemento	459.60 Kg
Agua de Mezcla	216.00 Lts
Agregado Fino	685.92 Kg
Agregado Grueso	908.78 Kg

Tabla 13: Materiales de diseño corregidos por metro cúbico del concreto patrón

MATERIALES DE DISEÑO CORREGIDOS	
Cemento	459.60 Kg
Agua de Mezcla	216.00 Lts
Agregado Fino	675.39 Kg
Agregado Grueso	925.14 Kg

Tabla 14: Porcentajes de fibra adicionados y sus respectivos pesos

FIBRA DE VIDRIO ADICIONADA	
0.2% de fibra de vidrio	4.57 Kg
0.4% de fibra de vidrio	9.13 Kg
0.6% de fibra de vidrio	13.70 Kg
0.8% de fibra de vidrio	18.26 Kg

3.4.3.3 Resultados de las propiedades del concreto fresco

3.4.3.3.1 Asentamiento del concreto

Tabla 15: Asentamiento de las tandas de concreto según diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio

TANDA	PATRÓN	0.2% DE FIBRA	0.4% DE FIBRA	0.6% DE FIBRA	0.8% DE FIBRA
		ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN EL CONO DE ABRAMS (pulg)			
N° 01	3.3	3.4	1.7	0.8	0.2
N° 02	3.5	3.4	2.3	1.0	0.3
N° 03	3.4	3.5	2.2	1.2	0.4
N° 04	3.3	3.4	1.9	1.2	0.6
N° 05	3.4	3.4	1.7	0.8	0.5
N° 06	3.6	3.4	2.0	1.1	0.3
PROMEDIO	3.4	3.4	2.0	1.0	0.4

3.4.3.3.2 Peso unitario del concreto fresco

Tabla 16: *Peso unitario del concreto en estado fresco de las diferentes tandas según porcentajes de adición de fibra de vidrio*

TANDA	PATRÓN	0.2% DE FIBRA	0.4% DE FIBRA	0.6% DE FIBRA	0.8% DE FIBRA
		PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/m³)			
N° 01	2375.51	2328.70	2308.04	2255.33	2216.33
N° 02	2375.40	2356.32	2322.59	2275.25	2253.22
N° 03	2334.82	2336.61	2311.20	2293.91	2248.06
N° 04	2340.30	2352.74	2322.59	2289.28	2251.11
N° 05	2336.82	2350.21	2312.15	2276.10	2236.46
N° 06	2336.40	2337.66	2320.06	2281.79	2248.16
PROMEDIO	2349.87	2343.71	2316.10	2278.61	2242.22

Tabla 17: *Variación porcentual del peso unitario del concreto en estado fresco para los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio*

% ADICIONADO DE FIBRA DE VIDRIO	PESO UNITARIO PROMEDIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/m³)	VARIACIÓN
PATRÓN	2349.87	
0.2% DE FIBRA DE VIDRIO	2343.71	-0.26 %
0.4% DE FIBRA DE VIDRIO	2316.10	-1.44 %
0.6% DE FIBRA DE VIDRIO	2278.61	-3.03 %
0.8% DE FIBRA DE VIDRIO	2242.22	-4.58 %

3.4.3.4 Resultados de las propiedades del concreto endurecido

3.4.3.4.1 Peso unitario del concreto en estado endurecido

Tabla 18: Peso unitario del concreto en estado endurecido según porcentajes de adición de fibra de vidrio

PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO (Kg/m³)					
PROBETA	PATRÓN	0.2% DE FIBRA (Kg/m³)	0.4% DE FIBRA (Kg/m³)	0.6% DE FIBRA (Kg/m³)	0.8% DE FIBRA (Kg/m³)
N° 01	2300.68	2240.46	2208.94	2194.71	2172.86
N° 02	2320.65	2283.22	2242.97	2224.59	2167.40
N° 03	2278.48	2244.12	2238.26	2240.00	2142.45
N° 04	2272.61	2272.08	2171.00	2199.04	2147.74
N° 05	2257.30	2222.37	2253.67	2218.83	2163.49
N° 06	2273.72	2297.92	2188.28	2202.22	2140.86
PROMEDIO	2283.91	2260.03	2217.19	2213.23	2155.80

Tabla 19: Variación porcentual del peso unitario del concreto en estado endurecido para los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio

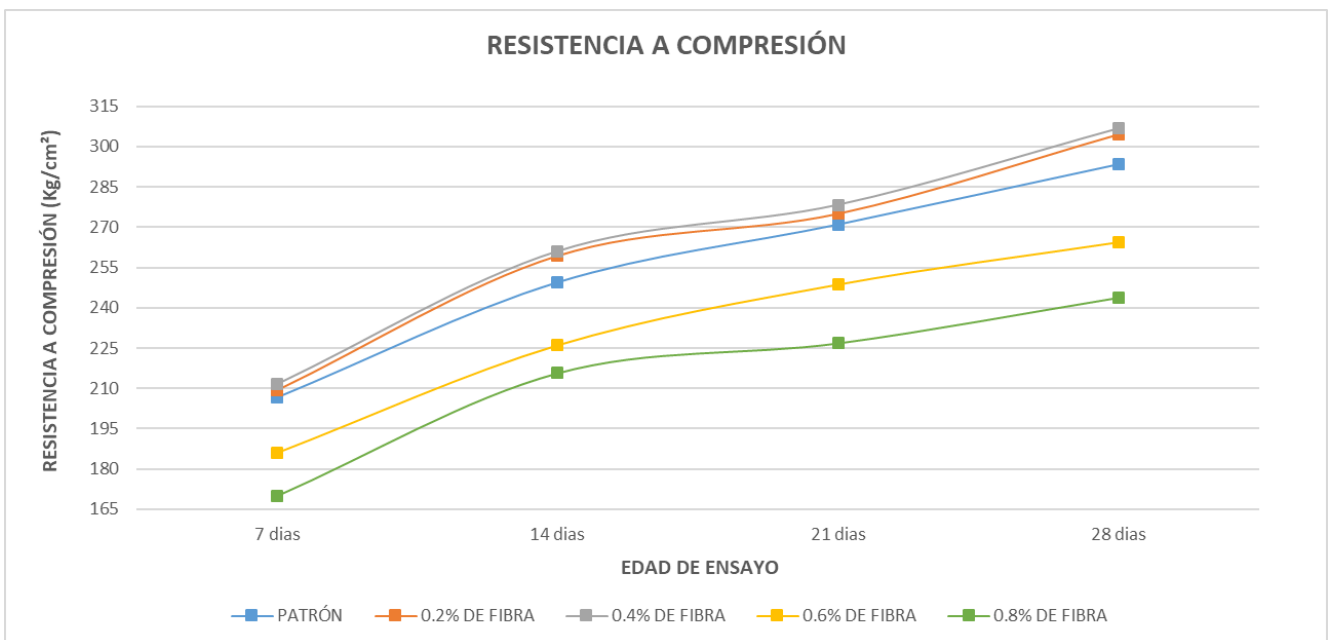
% ADICIONADO DE FIBRA DE VIDRIO	PESO UNITARIO PROMEDIO DEL CONCRETO ENDURECIDO (Kg/m³)	VARIACIÓN
PATRÓN	2283.91	
0.2% DE FIBRA DE VIDRIO	2260.03	-1.05 %
0.4% DE FIBRA DE VIDRIO	2217.19	-2.92 %
0.6% DE FIBRA DE VIDRIO	2213.23	-3.09 %
0.8% DE FIBRA DE VIDRIO	2155.80	-5.61 %

3.4.3.4.2 Resistencia a compresión

Tabla 20: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas cilíndricas

EDAD DE ENSAYO	PATRÓN	0.2% DE FIBRA	0.4% DE FIBRA	0.6% DE FIBRA	0.8% DE FIBRA
		RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Kg/cm ²)			
7 días	206.65	209.47	211.45	186.12	169.93
14 días	249.49	259.40	260.97	226.20	215.72
21 días	271.01	275.02	278.23	248.79	226.87
28 días	293.39	304.50	306.67	264.52	243.89

Figura 8: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas cilíndricas

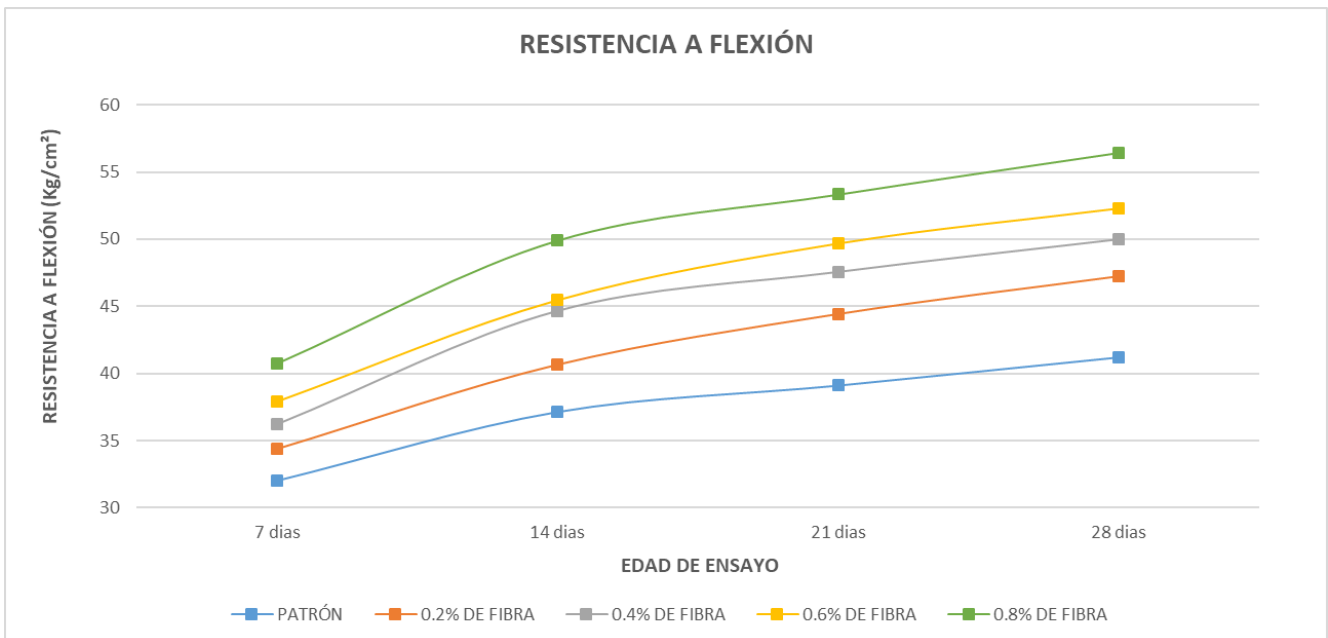


3.4.3.4.3 Resistencia a flexión

Tabla 21: Resistencia a flexión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas prismáticas

EDAD DE ENSAYO	PATRÓN	0.2% DE FIBRA	0.4% DE FIBRA	0.6% DE FIBRA	0.8% DE FIBRA
		RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kg/cm ²)			
7 días	32.00	34.42	36.20	37.93	40.74
14 días	37.14	40.68	44.67	45.47	49.91
21 días	39.11	44.44	47.57	49.67	53.34
28 días	41.21	47.24	50.01	52.28	56.45

Figura 9: Resistencia a flexión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días en probetas prismáticas



CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Las curvas de distribución granulométricas del agregado fino y grueso cumplen con los parámetros límites establecidos para los husos granulométricos de la NTP 400.037, indicando una buena gradación. La Tabla 11 resume los resultados obtenidos en laboratorio de las propiedades de los agregados, los cuales están dentro de los rangos permisibles y recomendados por la mencionada norma NTP 400.037. Tal es así que, los pesos específicos para los agregados están dentro del intervalo de 2.3 a 2.9 gr/cm³, la absorción, de 2.90% para agregado fino y 2.25% para agregado grueso, se encuentran comprendidos en el rango recomendado por norma entre 0.20% y 3.5%. Igualmente, el peso unitario suelto, de 1395.91 Kg/m³ para el agregado fino y de 1363.49 Kg/m³ para el agregado grueso, están entre los límites permisibles de 1250 a 1400 kg/m³ y 1350 a 1680 kg/m³ respectivamente. El peso unitario compactado del agregado fino de 1715.88 Kg/m³ está entre los límites permisibles de 1550 a 1750 Kg/m³. Así también, el peso unitario compactado del agregado grueso de 1462.86 Kg/m³ se encuentra dentro del intervalo permisible de 1450 a 1760 kg/m³. En cuanto al contenido de humedad, los valores están dentro de los parámetros establecidos por norma, la cual dicta son de hasta 8% o más para agregado fino y hasta 4% para agregado grueso, obteniendo un contenido de humedad en laboratorio de 2.5% y 1.8% para cada agregado respectivamente. Asimismo, el módulo de finura para el agregado fino de 3.04% se encuentra dentro del rango establecido por norma, para el cual este valor no debe ser menor a 2.3% ni mayor a 3.1%. Finalmente, el resultado obtenido para la abrasión del agregado grueso fue de 19%, el cual es aceptable, ya que la pérdida no debe ser mayor al 50% del peso original.

4.2. DISEÑO DE MEZCLA

Después de la determinación de las propiedades físicas de los agregados en laboratorio, se procedió a realizar el diseño de mezcla por el método de "Módulo de fineza de la combinación de los agregados" para la obtención de un concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

Los materiales de diseño corregidos por metro cúbico del concreto patrón se muestran en la Tabla 13, en la Tabla 14 se muestran los diferentes porcentajes de fibra adicionados y sus respectivos pesos por metro cúbico.

4.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO

Se determinó la trabajabilidad mediante el ensayo de asentamiento en el cono de Abrams, dichos resultados se muestran en la Tabla 15, donde se observa que el asentamiento promedio disminuye conforme aumenta el porcentaje de adición de fibra de vidrio. Asimismo, se observa que para el concreto patrón y concreto con 0.2% de fibra adicionada el asentamiento está entre 3" - 4", es decir la mezcla es trabajable. Por otra parte, para concretos con 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra adicionada el asentamiento está entre 0" - 2", es decir la mezcla se vuelve poco trabajable.

4.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

En la Tabla 16 se presentan los resultados del peso unitario del concreto en estado fresco, en ella se observa que este disminuye conforme se adiciona mayor cantidad de fibra de vidrio; esto debido a que, al adicionar fibras estas ocupan un espacio en la mezcla reduciendo el de los otros componentes, y al ser menos densa también reduce el peso unitario promedio del concreto en la mezcla. Cabe señalar también, que estos valores están dentro del rango típico para esta propiedad acorde a la NTP 339.046, la cual establece que es entre 2200 y 2400 Kg/m³. Por otra parte, la Tabla 17 muestra que estas variaciones son insignificantes respecto al PUC° fresco del concreto patrón.

4.5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

La Tabla 18 y la Tabla 19 muestran los resultados y las variaciones para el peso unitario de concreto en estado endurecido, en ellas se observa que esta propiedad disminuye ligeramente respecto a la patrón. Esto debido a que, al incorporar fibra pueden quedar espacios de aire en la mezcla, reduciendo el PUC° en estado endurecido, también se debe al nuevo espacio ocupado por las fibras que tienen una menor densidad.

4.6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

En la Tabla 20 se presentan los resultados de la resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a 7, 14, 21 y 28 días de ensayo; en dicha tabla se observa que a los 28 días para el concreto patrón, concreto con 0.2% y 0.4% de fibra de vidrio adicionada se sobrepasa la resistencia a compresión de 280 Kg/cm², pero para concreto con 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada las resistencias están 15.48 y 36.11 Kg/cm² por debajo de dicha resistencia.

La Figura 9 muestra las resistencias a compresión promedio para las cuatro edades de ensayo, donde se puede apreciar mejor lo indicado anteriormente. Asimismo, se observa que para el concreto patrón, concreto con 0.2% y 0.4% de fibra de vidrio adicionada la resistencia a compresión a los 7 y 14 días cumplen con llegar al 70 y 85%, no siendo así para los otros porcentajes.

4.7. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La Tabla 21 y la Figura 10 muestran los resultados de la resistencia a flexión promedio de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada a las cuatro edades de ensayo; en ellas se observa que esta propiedad aumenta conforme se va adicionando un mayor porcentaje de fibra de vidrio.

4.8. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La incorporación de fibras de vidrio aumenta más de un 3% las propiedades mecánicas del concreto $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ solo para porcentajes de 0.2% y 0.4%. Puesto que, aumenta la resistencia a compresión en 3.79% y 4.53% para cada uno de dichos porcentajes de fibra, respectivamente, así también aumenta la resistencia a flexión en 14.63% y 21.34%, correspondientemente.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La fibra de vidrio aumenta más de 3% las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ cuando es adicionada en porcentajes de 0.2% y 0.4%, dado que incrementa más de dicho porcentaje la resistencia a compresión y flexión. Sin embargo, para porcentajes de 0.6% y 0.8% disminuye la resistencia a compresión, pero aumenta la resistencia a flexión.
- De los resultados obtenidos de los ensayos de asentamiento, se concluye que la incorporación de fibras de vidrio influye negativamente en trabajabilidad del concreto, reduciendo esta propiedad. Siendo que para 0.2% de fibra adicionada, la mezcla aún es trabajable con un asentamiento de 3.4"; sin embargo, para 0.4%, 0.6% y 0.8% de adición de fibra, la mezcla es poco trabajable presentando asentamientos entre 0 y 2".
- La fibra de vidrio influye positivamente en la resistencia a compresión para porcentajes de 0.2% y 0.4%, pero negativamente para 0.6% y 0.8%. Donde, a los 28 días, la resistencia a compresión para cada uno de estos diseños con fibra de vidrio fue de 304.5, 306.67, 264.52 y 243.89 Kg/cm^2 respectivamente, mientras que la resistencia a compresión para el concreto patrón fue de 293.39 Kg/cm^2 . Representando estos resultados variaciones de 3.79%, 4.53%, -9.84% y -16.87%.
- La fibra de vidrio influye positivamente en la resistencia a flexión del concreto, evidenciándose esto en los resultados obtenidos a los 28 días, para los cuales dicha resistencia a flexión fue de 47.24, 50.01, 52.28 y 56.45 Kg/cm^2 para 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra incorporada respectivamente, en tanto que la resistencia a flexión para el concreto patrón fue de 41.21 Kg/cm^2 . Es decir, las variaciones fueron positivas, siendo estas de 14.63%, 21.34%, 26.87% y 36.97% para cada porcentaje de fibra incorporada, respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones incorporando menores porcentajes de fibra de vidrio para evaluar su influencia en las propiedades mecánicas del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abrigo, L. (2018). *Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% y 6%*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14739>
- ACI 211.1. (2022). *Standard practice for selecting proportions for normalheavyweight, and mass concrete*.
- ACI 544.1R. (2002). *Report on fiber reinforced concrete*.
- ACI 318 (2019). *Building code requirements for structural concrete*.
- Amaya, S. y Ramirez, M. (2019). *Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/0a077063-b4cf-497f-8c86-c35a986dcc4b>
- ASTM C39 (2001). *Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de hormigón*. Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM C78 (2002). *Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la flexión del hormigón (usando una viga simple con cara en los tercios)*. Pensilvania, Estados Unidos.
- Beltrán, A. y Villalba, S. (2020). *Diseño de mezcla para concreto permeable con fibra de vidrio*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25180>
- Bustos, A. (2018). *Morteros con propiedades mejoradas de ductilidad por adición de fibras de vidrio, carbono y basalto*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://oa.upm.es/54114/>
- Gástulo, J. y Villegas, R. (2021). *Caracterización física y mecánica de concreto permeable vs convencional utilizando fibras de vidrio en el centro poblado de San Luis, Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

Repositorio institucional. Obtenido de
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75278>

Maxi, A. y Mamani, M. (2021). *Implementación de la fibra de vidrio, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm², Cusco - 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62672>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Perú.

NTP 339.034 (2015). CONCRETO. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. 4ª Ed. Lima, Perú.

NTP 339.035 (2009). HORMIGÓN (CONCRETO). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. 3ª Ed. Lima, Perú.

NTP 339.047 (2006). HORMIGÓN (CONCRETO). *Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*. 2ª Ed. Lima, Perú.

NTP 339.078 (2012). CONCRETO. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. 3ª Ed. Lima, Perú.

NTP 400.037 (2015). AGREGADOS. *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. 3ª Ed. Lima, Perú.

PCA (2016). *Diseño y control de mezclas de concreto*.

Pinedo, J. y Azañero, A. (2022). *Análisis de la trabajabilidad y resistencia a compresión, adicionando fibra de vidrio e incorporando aditivo de adherencia resistente a sulfatos Cajamarca 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33775>

Ríos, J. y Rojas, X. (2021). *Influencia de la fibra de vidrio en las características físicas y mecánicas del concreto, cemento-arena Iquitos 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1324>

Sika. (2014). CONCRETO. Concreto reforzado con fibras.

Tovar, P. (2021). *Influencia de la fibra de vidrio en la resistencia mecánica del concreto $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Huancan 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3812>

ANEXOS

ANEXO 1: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La victoria Nro. 350 Urb. 97 Virrey de Montenegro Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 517 - 0000



Planta: Pacasmayo

Cemento Pórtland Tipo I

19 de Abril de 2023

Periodo de despacho 01 de Enero de 2023 - 31 de Enero de 2023

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.8
SO _x (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.6

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	7
Superficie específica (cm²/g)	2600 mín.	4040
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.10
Densidad (g/mL)	A	3.11
Resistencia a la compresión min. (MPa)		
1 día	A	16.3
3 días	12.0	28.8
7 días	19.0	35.2
28 días ⁽¹⁾	28.0	45.0
Tiempo de fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	121
Final, no mayor que:	375	248

A No específica.

⁽¹⁾ Requisito opcional.

La resistencia a 28 días corresponde al mes de Diciembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

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

ANEXO 2: TABLAS DE DISTRIBUCION 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 1: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS DE RÍO DE LA CANTERA DE PURUAY

1.1. **AGREGADO GRUESO:** A continuación se detallan las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso, cuyos resultados se muestran más adelante:

- Peso específico del agua
- Cálculo del factor F
- Peso unitario suelto
- Peso unitario compactado
- Peso específico
- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°01
- Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°02
- Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°03
- Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200) por lavado
- Abrasión

Tabla 22: *Peso específico del agua*

Descripción	Valor
Peso de la fiola	167.00 gr
Peso de la fiola + 500 ml de agua	666.00 gr
Volumen de la fiola	500 cm ³
Peso específico del agua	998.00 Kg/m ³

Tabla 23: *Cálculo del factor F*

Descripción	Valor
Peso del recipiente + vidrio	6457.00 gr
Peso del recipiente + vidrio + agua	15924.00 gr
Peso del agua	9.46700 Kg
Factor F (1/m ³)	105.419

Tabla 24: Peso unitario suelto (NTP 400.017)

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	4198 gr	4198 gr	4198 gr
Peso del recipiente + muestra suelta	17131 gr	17130 gr	17135 gr
Peso de muestra suelta	12933 gr	12932 gr	12937 gr
Factor F (1/m ³)	105.419	105.419	105.419
Peso Unitario Suelto	1.363 gr/cm ³	1.363 gr/cm ³	1.364 gr/cm ³
Peso Unitario Suelto promedio	1363.49 Kg/m³		

Tabla 25: Peso unitario compactado (NTP 400.017)

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	4198 gr	4198 gr	4198 gr
Peso del recipiente + muestra compactada	18007 gr	18005 gr	18212 gr
Peso de muestra compactada	13809.00 gr	13807.00 gr	14014.00 gr
Factor F (1/m ³)	105.419	105.419	105.419
Peso Unitario Compactado	1.456 gr/cm ³	1.456 gr/cm ³	1.477 gr/cm ³
Peso Unitario Compactado promedio	1462.86 Kg/m³		

Tabla 26: Peso específico (NTP 400.021)

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de muestra SSS	3000 gr	3000 gr	3000 gr
Peso de canastilla sumergida	875 gr	875 gr	875 gr
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	2746 gr	2747 gr	2745 gr
Peso de la muestra sumergida en el agua	1871 gr	1872 gr	1870 gr
Peso de la muestra secada al horno	2934 gr	2935 gr	2933 gr
Peso Específico de Masa	2.599 gr/cm ³	2.602 gr/cm ³	2.596 gr/cm ³
	2.599 gr/cm³		
Peso Específico de Masa SSS	2.657 gr/cm ³	2.660 gr/cm ³	2.655 gr/cm ³
	2.657 gr/cm³		
Peso Específico Aparente	2.760 gr/cm ³	2.761 gr/cm ³	2.759 gr/cm ³
	2.760 gr/cm³		
Absorción	2.249 %	2.215 %	2.284 %
	2.249 %		

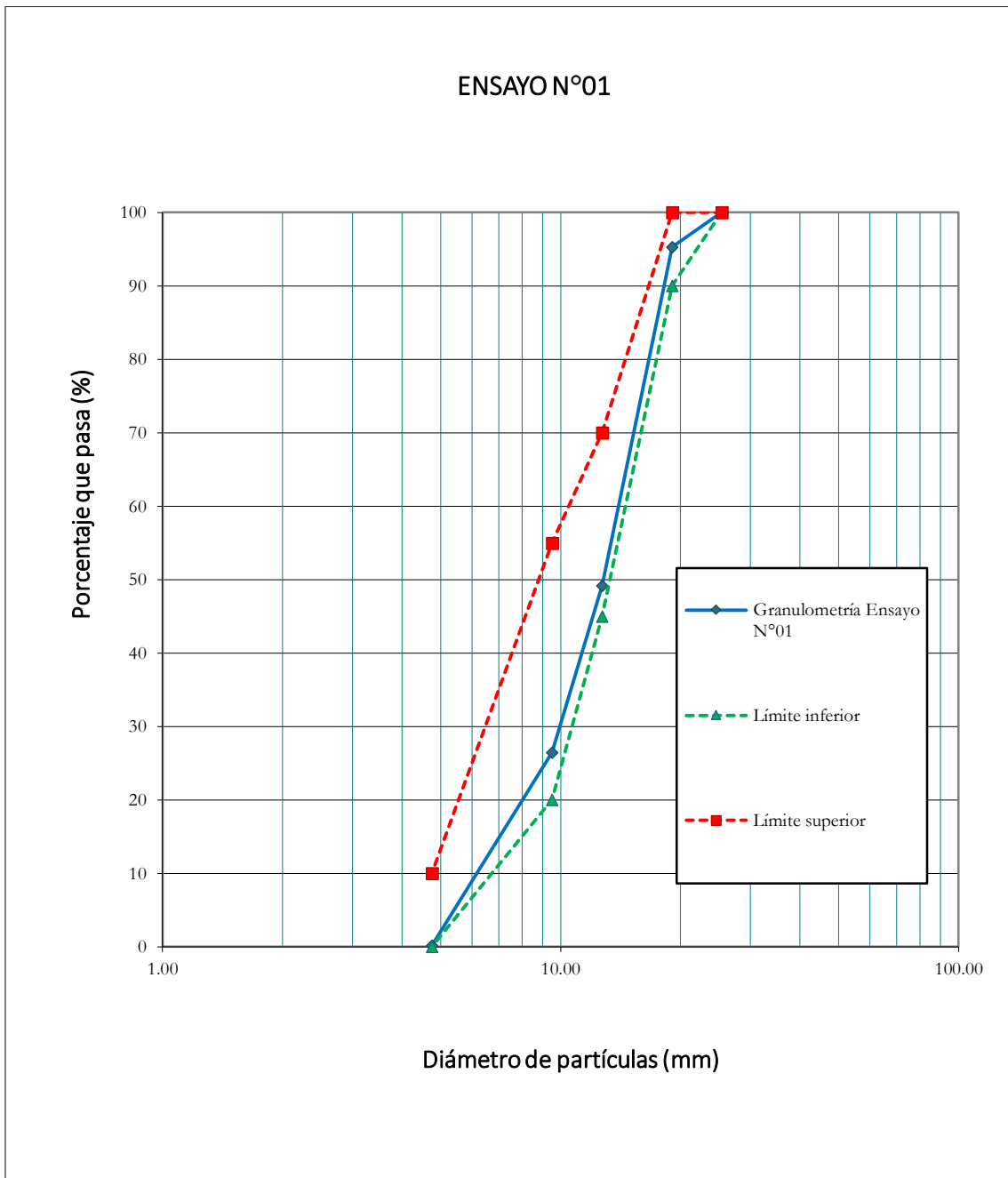
Tabla 27: Contenido de humedad (NTP 339.185)

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la tara	820 gr	843 gr	537 gr
Peso de la tara + muestra húmeda	3820 gr	3843 gr	3537 gr
Peso de la tara + muestra seca	3767 gr	3790 gr	3483 gr
Contenido de Humedad	1.798 %	1.798 %	1.833 %
Contenido de Humedad promedio	1.810 %		

Tabla 28: Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°01 (NTP 400.012)

Peso muestra seca (Ws)		6450.00 gr			
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)		2.00 gr			
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA
3 "	76.20	-	-	-	100.00
2 ½ "	63.50	-	-	-	100.00
2 "	50.80	-	-	-	100.00
1 ½ "	38.10	-	-	-	100.00
1 "	25.40	-	-	-	100.00
¾ "	19.05	306.00	4.74	4.74	95.26
½ "	12.70	2974.00	46.11	50.85	49.15
⅜ "	9.53	1463.00	22.68	73.53	26.47
N° 4	4.75	1696.00	26.29	99.83	0.17
N° 8	2.36	6.00	0.09	99.92	0.08
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.92	0.08
N° 30	0.60	2.00	0.03	99.95	0.05
N° 50	0.30	1.00	0.02	99.97	0.03
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.97	0.03
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.97	0.03
Cazoleta	-	2.00	0.03	100.00	0.00
TOTAL		6450.00			

Figura 10: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N°01.
 Huso granulométrico “67” de la NTP 400.037 - 2014

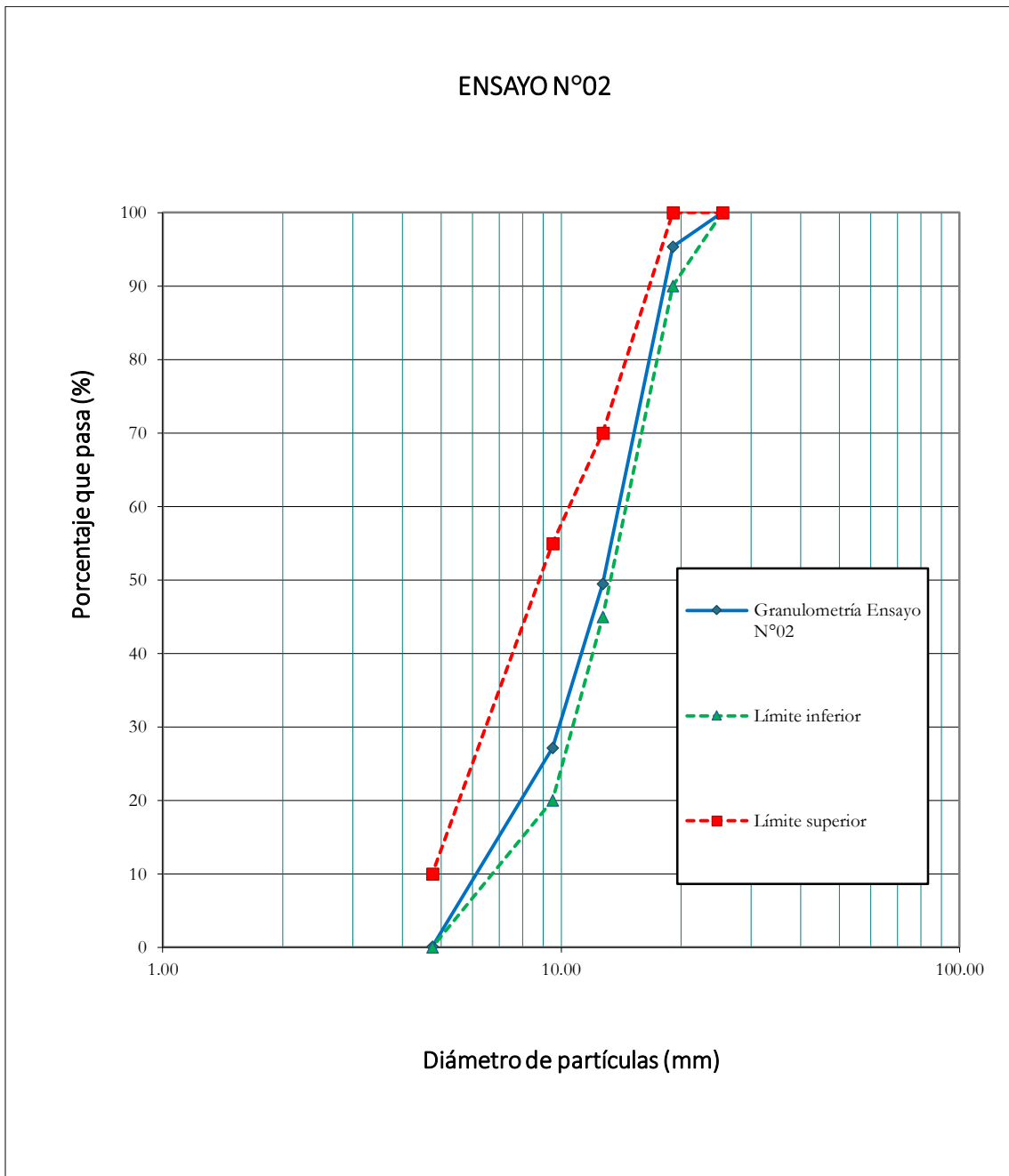


$$\text{Módulo de finura} = \frac{4.74 + 73.53 + 99.83 + 99.92 + 99.92 + 99.95 + 99.97 + 99.97}{100} = 6.778$$

Tabla 29: Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°02 (NTP 400.012)

Peso muestra seca (Ws)		6300.00 gr			
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)		2.00 gr			
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA
3 "	76.20	-	-	-	100.00
2 ½ "	63.50	-	-	-	100.00
2 "	50.80	-	-	-	100.00
1 ½ "	38.10	-	-	-	100.00
1 "	25.40	-	-	-	100.00
¾ "	19.05	292.00	4.63	4.63	95.37
½ "	12.70	2893.00	45.92	50.56	49.44
⅜ "	9.53	1402.00	22.25	72.81	27.19
N° 4	4.75	1704.00	27.05	99.86	0.14
N° 8	2.36	5.00	0.08	99.94	0.06
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.94	0.06
N° 30	0.60	2.00	0.03	99.97	0.03
N° 50	0.30	1.00	0.02	99.98	0.02
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.98	0.02
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.98	0.02
Cazoleta	-	1.00	0.02	100.00	0.00
TOTAL		6300.00			

Figura 11: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N°02.
 Huso granulométrico “67” de la NTP 400.037 - 2014

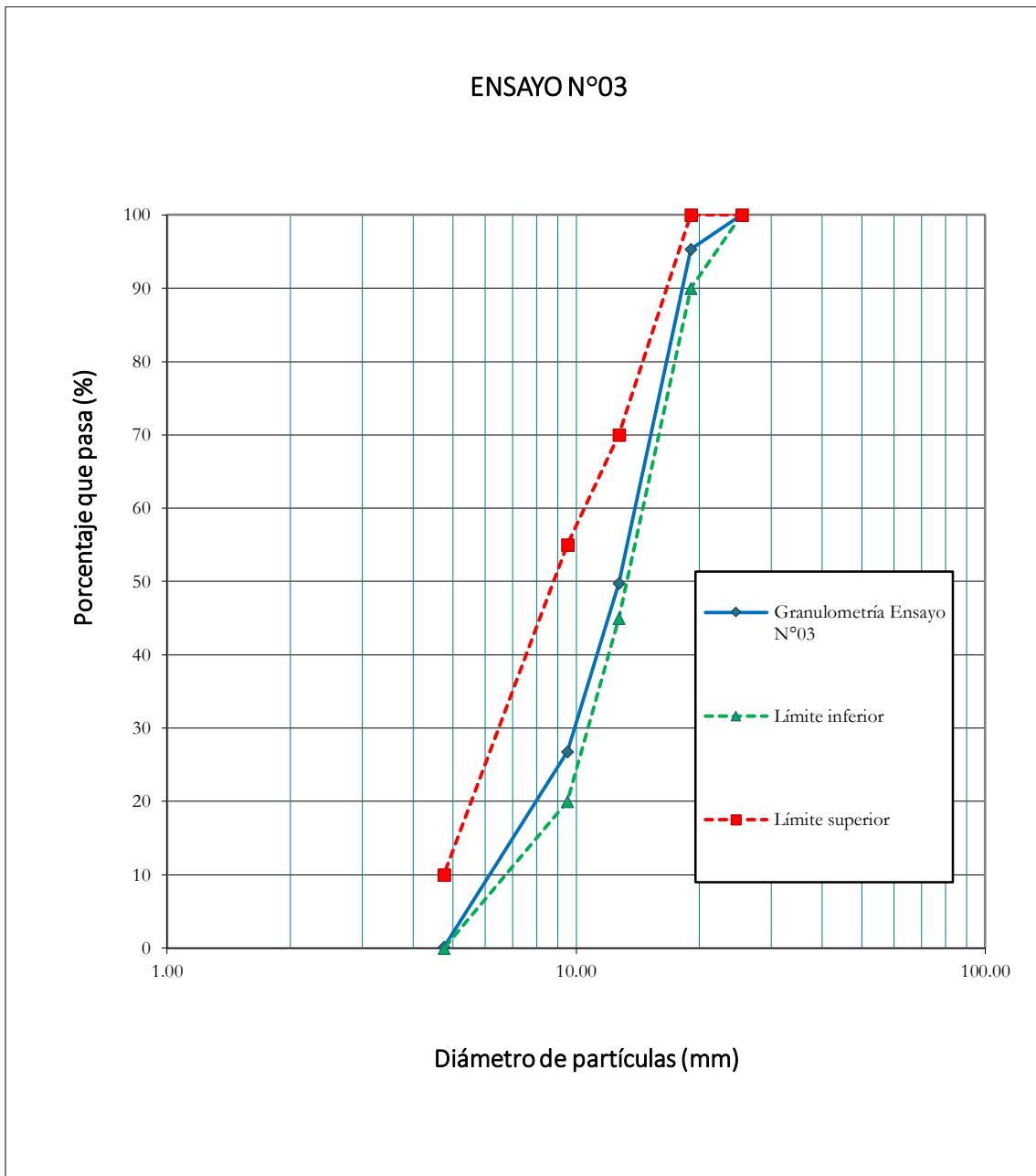


$$\text{Módulo de finura} = \frac{4.63 + 72.81 + 99.86 + 99.94 + 99.94 + 99.97 + 99.98 + 99.98}{100} = 6.771$$

Tabla 30: Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°03 (NTP 400.012)

Peso muestra seca (Ws)		6350.00 gr			
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)		2.00 gr			
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA
3 "	76.20	-	-	-	100.00
2 ½ "	63.50	-	-	-	100.00
2 "	50.80	-	-	-	100.00
1 ½ "	38.10	-	-	-	100.00
1 "	25.40	-	-	-	100.00
¾ "	19.05	295.00	4.65	4.65	95.35
½ "	12.70	2895.00	45.59	50.24	49.76
⅜ "	9.53	1459.00	22.98	73.21	26.79
N° 4	4.75	1695.00	26.69	99.91	0.09
N° 8	2.36	3.00	0.05	99.95	0.05
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.95	0.05
N° 30	0.60	1.00	0.02	99.97	0.03
N° 50	0.30	1.00	0.02	99.98	0.02
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.98	0.02
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.98	0.02
Cazoleta	-	1.00	0.02	100.00	0.00
TOTAL		6350.00			

Figura 12: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N°03.
 Huso granulométrico “67” de la NTP 400.037 - 2014



$$\text{Módulo de finura} = \frac{4.65 + 73.21 + 99.91 + 99.95 + 99.95 + 99.97 + 99.98 + 99.98}{100} = 6.776$$

Tabla 31: Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200) por lavado (NTP 400.018)

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la muestra original	3000.00 gr	3000.00 gr	3000.00 gr
Peso de la muestra después de lavado	2994.00 gr	2993.00 gr	2995.00 gr
Peso del material fino que pasa el tamiz N°200	6.00 gr	7.00 gr	5.00 gr
Material fino que pasa el tamiz N°200	0.200 %	0.233 %	0.167 %
Material fino que pasa el tamiz N°200 promedio		0.200 %	

Tabla 32: Abrasión (NTP 400.019)

Gradación	Equipo mecánico	N° de esferas	Velocidad (rev./min)	N° de revoluciones	Tamaño máx. nominal	Peso de la muestra
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500	¾ "	5000.00 gr
N° de ensayos				1	2	3
Peso inicial de la muestra secada al horno (Pi)				5000 gr	5000 gr	5000 gr
Peso retenido en la malla N°12 lavado y secado al horno (Pf)				4052 gr	4053 gr	4050 gr
% Desg. = ((Pi - Pf)/Pi)*100				18.96 %	18.94 %	19.00 %
Abrasión % Desgaste promedio					19.0	

1.2. AGREGADO FINO: A continuación se detallan las propiedades físicas del agregado fino, cuyos resultados se muestran más adelante:

- Peso específico del agua
- Cálculo del factor F
- Peso unitario suelto
- Peso unitario compactado
- Peso específico
- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°01
- Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°02
- Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°03
- Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200) por lavado

Tabla 33: *Peso específico del agua*

Descripción	Valor
Peso de la fiola	167.00 gr
Peso de la fiola + 500 ml de agua	666.00 gr
Volumen de la fiola	500 cm ³
Peso específico del agua	998.00 Kg/m ³

Tabla 34: *Cálculo del factor F*

Descripción	Valor
Peso del recipiente + vidrio	4410.00 gr
Peso del recipiente + vidrio + agua	7189.00 gr
Peso del agua	2.77900 Kg
Factor F (1/m ³)	359.122

Tabla 35: *Peso unitario suelto (NTP 400.017)*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	3898 gr	3898 gr	3898 gr
Peso del recipiente + muestra suelta	7784 gr	7788 gr	7783 gr
Peso de muestra suelta	3886 gr	3890 gr	3885 gr
Factor F (1/m ³)	359.122	359.122	359.122
Peso Unitario Suelto	1.396 gr/cm ³	1.397 gr/cm ³	1.395 gr/cm ³
Peso Unitario Suelto promedio	1395.91 Kg/m³		

Tabla 36: *Peso unitario compactado (NTP 400.017)*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	3898 gr	3898 gr	3898 gr
Peso del recipiente + muestra compactada	8675 gr	8678 gr	8675 gr
Peso de muestra compactada	4777 gr	4780 gr	4777 gr
Factor F (1/m ³)	359.122	359.122	359.122
Peso Unitario Compactado	1.716 gr/cm ³	1.717 gr/cm ³	1.716 gr/cm ³
Peso Unitario Compactado promedio	1715.88 Kg/m³		

Tabla 37: *Peso específico (NTP 400.022)*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la muestra SSS	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr
Peso de la fiola	167.00 gr	167.00 gr	167.00 gr
Peso de la fiola + agua hasta el menisco	666.00 gr	666.00 gr	666.00 gr
Peso de la fiola + agua + muestra	970.50 gr	970.50 gr	970.20 gr
Peso de la muestra secada al horno	485.90 gr	485.90 gr	485.90 gr
Volumen de agua añadida al frasco	303.50 gr	303.50 gr	303.20 gr
Peso Específico de Masa	2.473 gr/cm ³	2.473 gr/cm ³	2.469 gr/cm ³
	2.472 gr/cm³		
Peso Específico de Masa SSS	2.545 gr/cm ³	2.545 gr/cm ³	2.541 gr/cm ³
	2.543 gr/cm³		
Peso Específico Aparente	2.664 gr/cm ³	2.664 gr/cm ³	2.660 gr/cm ³
	2.662 gr/cm³		
Absorción	2.902 %	2.902 %	2.902 %
	2.902 %		

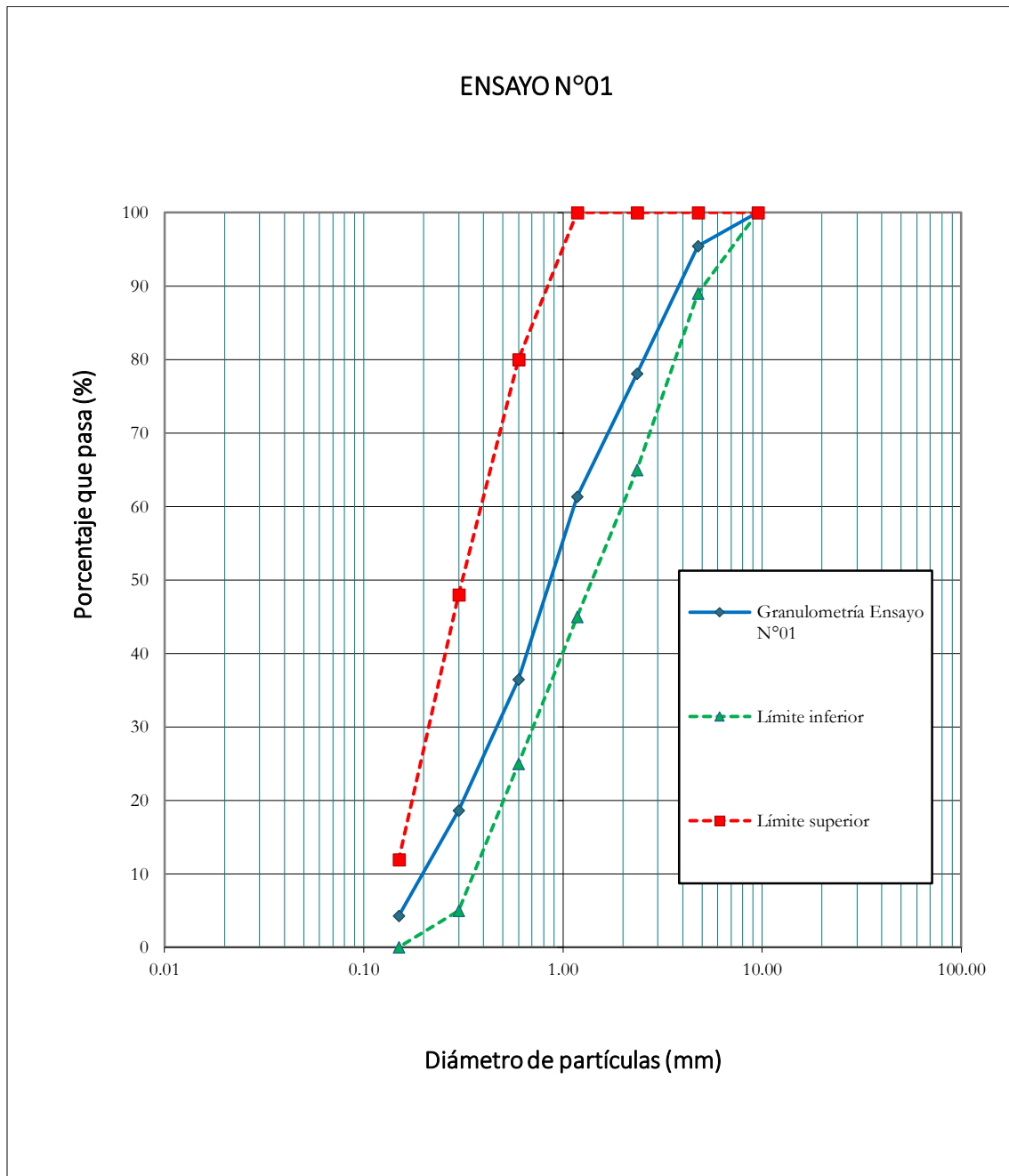
Tabla 38: *Contenido de humedad (NTP 339.185)*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la tara	38.82 gr	57.37 gr	58.87 gr
Peso de la tara + muestra húmeda	538.82 gr	557.35 gr	558.88 gr
Peso de la tara + muestra seca	526.62 gr	545.17 gr	546.67 gr
Contenido de Humedad	2.501 %	2.497 %	2.503 %
Contenido de Humedad promedio	2.500 %		

Tabla 39: Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°01 (NTP 400.012)

Peso muestra seca (Ws)						1135.88 gr
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)						11.00 gr
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA	
3 "	76.20	-	-	-	100.00	
2 ½ "	63.50	-	-	-	100.00	
2 "	50.80	-	-	-	100.00	
1 ½ "	38.10	-	-	-	100.00	
1 "	25.40	-	-	-	100.00	
¾ "	19.05	-	-	-	100.00	
½ "	12.70	-	-	-	100.00	
⅜ "	9.53	-	-	-	100.00	
N° 4	4.75	52.13	4.59	4.59	95.41	
N° 8	2.36	196.96	17.34	21.93	78.07	
N° 16	1.18	190.07	16.73	38.66	61.34	
N° 30	0.60	283.01	24.92	63.58	36.42	
N° 50	0.30	202.00	17.78	81.36	18.64	
N° 100	0.15	163.00	14.35	95.71	4.29	
N° 200	0.075	40.00	3.52	99.23	0.77	
Cazoleta	-	9	0.77	100.00	0.00	
TOTAL		1135.88				

Figura 13: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N°01.
 Huso granulométrico de la NTP 400.037 - 2014

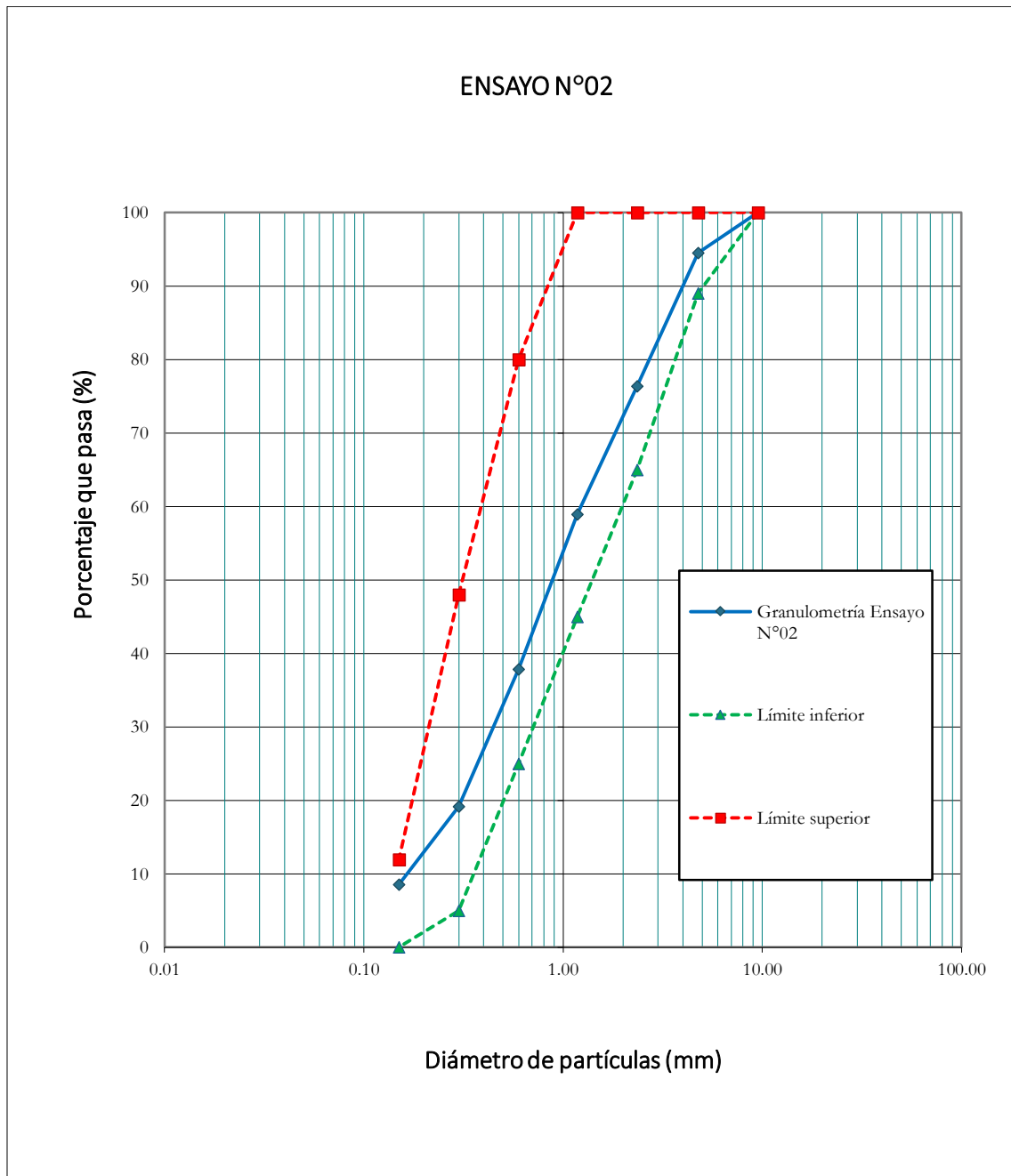


$$\text{Módulo de finura} = \frac{4.59 + 21.93 + 38.66 + 63.58 + 81.36 + 95.71}{100} = 3.058$$

Tabla 40: Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°02 (NTP 400.012)

Peso muestra seca (Ws)		1085.01 gr			
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)		11.00 gr			
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA
3 "	76.20	-	-	-	100.00
2 ½ "	63.50	-	-	-	100.00
2 "	50.80	-	-	-	100.00
1 ½ "	38.10	-	-	-	100.00
1 "	25.40	-	-	-	100.00
¾ "	19.05	-	-	-	100.00
½ "	12.70	-	-	-	100.00
⅜ "	9.53	-	-	-	100.00
N° 4	4.75	59.40	5.47	5.47	94.53
N° 8	2.36	196.80	18.14	23.61	76.39
N° 16	1.18	188.98	17.42	41.03	58.97
N° 30	0.60	229.03	21.11	62.14	37.86
N° 50	0.30	203.00	18.71	80.85	19.15
N° 100	0.15	115.00	10.60	91.45	8.55
N° 200	0.075	35.81	3.30	94.75	5.25
Cazoleta	-	6.94	0.64	95.39	4.61
TOTAL		1085.01			

Figura 14: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N°02.
 Huso granulométrico de la NTP 400.037 - 2014

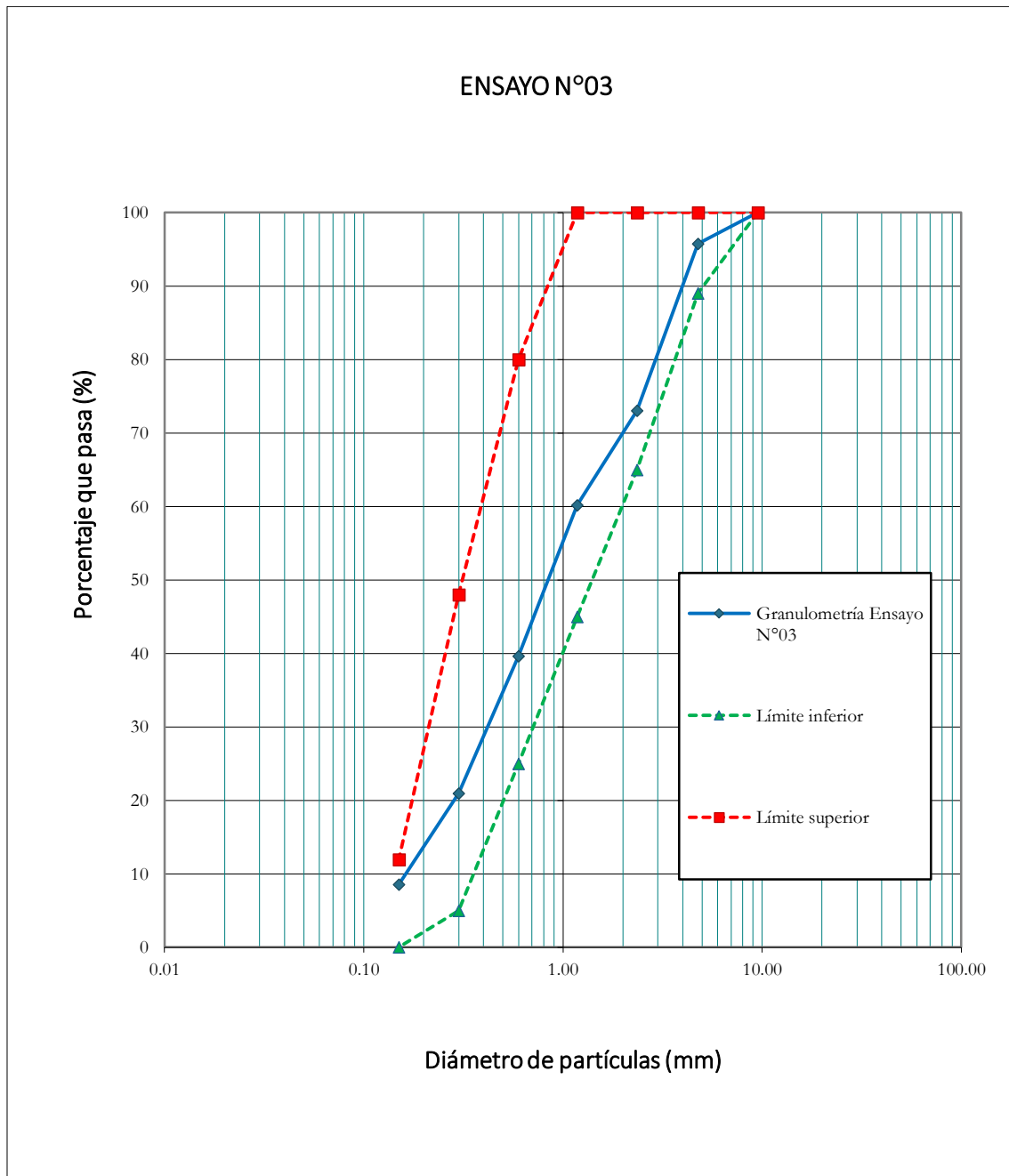


$$\text{Módulo de finura} = \frac{5.47 + 23.61 + 41.03 + 62.14 + 80.85 + 91.45}{100} = 3.046$$

Tabla 41: Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°03 (NTP 400.012)

Peso muestra seca (Ws)		1096.23 gr			
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)		11.00 gr			
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA
3 "	76.20	-	-	-	100.00
2 ½ "	63.50	-	-	-	100.00
2 "	50.80	-	-	-	100.00
1 ½ "	38.10	-	-	-	100.00
1 "	25.40	-	-	-	100.00
¾ "	19.05	-	-	-	100.00
½ "	12.70	-	-	-	100.00
⅜ "	9.53	-	-	-	100.00
N° 4	4.75	46.69	4.26	4.26	95.74
N° 8	2.36	248.60	22.68	26.94	73.06
N° 16	1.18	141.02	12.86	39.80	60.20
N° 30	0.60	225.21	20.54	60.35	39.65
N° 50	0.30	205.00	18.70	79.05	20.95
N° 100	0.15	136.00	12.41	91.45	8.55
N° 200	0.075	84.00	7.66	99.11	0.89
Cazoleta	-	10	0.89	100.00	0.00
TOTAL		1096.23			

Figura 15: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N°03.
 Huso granulométrico de la NTP 400.037 - 2014



$$\text{Módulo de finura} = \frac{4.26 + 26.94 + 39.80 + 60.35 + 79.05 + 91.45}{100} = 3.018$$

Tabla 42: Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200) por lavado (NTP 400.018)

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la muestra original	300.00 gr	300.00 gr	300.00 gr
Peso de la muestra después de lavado	297.61 gr	297.75 gr	297.71 gr
Peso del material fino que pasa el tamiz N°200	2.39 gr	2.25 gr	2.29 gr
Material fino que pasa el tamiz N°200	0.88%	0.75%	0.76%
Material fino que pasa el tamiz N°200 promedio		0.77%	

APÉNDICE 2: DISEÑO DE MEZCLA

PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

1) Elección de la resistencia promedio, relación a/c, asentamiento, agua y vacíos

$$\begin{aligned}f'c &= 280 \text{ Kg/cm}^2 \\f'cr &= 280+84 \text{ Kg/cm}^2 \\f'cr &= 364 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Relación a/c} &= 0.47 \\ \text{Asentamiento} &= 3 - 4'' \\ \text{Cantidad de Agua de Mezclado} &= 216 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Aire} &= 2.0 \%\end{aligned}$$

2) Cálculo de cantidad de cemento

$$\begin{aligned}\text{Cemento} &= \frac{216 \text{ Lt/m}^3}{0.47} \\ \text{Cemento} &= 459.60 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Cemento} &= 10.8 \text{ Bolsas/m}^3\end{aligned}$$

3) Componentes de la pasta

$$\begin{aligned}\text{Cemento} &= 0.147781 \text{ m}^3 + \\ \text{Agua} &= 0.216000 \text{ m}^3 \\ \text{Aire} &= 0.020000 \text{ m}^3 \\ \hline \text{Pasta} &= 0.383781 \text{ m}^3 \\ \\ \text{Agregados} &= 1 - 0.383781 \text{ m}^3 \\ \text{Agregados} &= 0.616219 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4) Peso del agregado fino

$$\begin{aligned}\text{TMN} &= \frac{3}{4}'' \\ \text{N}^\circ \text{ de bolsas} &= 10.8 \text{ Bolsas/m}^3\end{aligned}$$

Bolsas	mc
8	5.11
9	5.19
10.8	5.334

$$\text{mc (sin corregir por vacios)} = 5.3340 \%$$

$$\begin{aligned}\text{Vacíos por corregir} &= 43.71 - 35 = 8.71 \% \\ \text{Valor de mc} &= 5.1598 \%\end{aligned}$$

Luego:

$$\% \text{ de agregado fino} = \frac{6.775 - 5.1598}{6.775 - 3.041}$$

$$\% \text{ de agregado fino} = 0.432566$$

$$\% \text{ de agregado grueso} = 1 - 0.432566$$

$$\% \text{ de agregado grueso} = 0.567434$$

$$\text{Peso Seco del Agregado Grueso} = 0.616219 \times 0.567434 \times 2.599 \times 1000$$

$$\text{Peso Seco del Agregado Grueso} = 908.78 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso Seco del Agregado Fino} = 0.616219 \times 0.432566 \times 2.472 \times 1000$$

$$\text{Peso Seco del Agregado Fino} = 658.92 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Grueso} = 908.78 / (2.599 \times 1000)$$

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Grueso} = 0.349665 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Fino} = 0.616219 - 0.349665 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Fino} = 0.266554 \text{ m}^3$$

5) Materiales de diseño por metro cúbico

$$\text{Cemento} = 459.60 \text{ Kg}$$

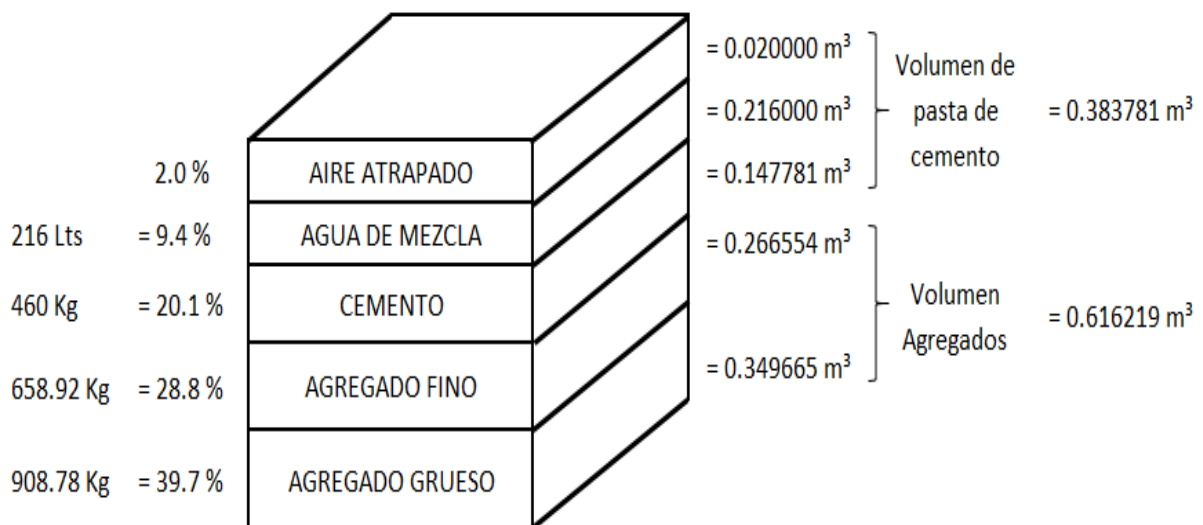
$$\text{Agua de Mezcla} = 216 \text{ Lts}$$

$$\text{Agregado Fino} = 658.92 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 908.78 \text{ Kg}$$

$$\text{Relación a/c} = 0.47$$

6) Diagrama de fase volumétrica



Interpretación

$$\text{Cálculo del aporte de agua del Agregado Fino} = 658.92 \times ((2.5-2.902)/100) = - 2.65 \text{ Lts}$$

$$\text{Cálculo del aporte de agua del Agregado Grueso} = 908.78 \times ((1.8-2.249)/100) = - 4.08 \text{ Lts}$$

$$\text{Cálculo del Agua Efectiva} = 216 - (-4.08) - (-2.65) = 222.73 \text{ Lts}$$

Materiales de diseño corregidos por metro cúbico

$$\text{Cemento} = 459.60 \text{ Kg}$$

$$\text{Agua de Mezcla} = 222.73 \text{ Lts}$$

$$\text{Agregado Fino} = 675.39 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 925.14 \text{ Kg}$$

$$\text{Relación a/c} = 0.4846$$

Proporcionamiento de materiales

$$\text{En Peso:} \quad 1 : 1.47 : 2.01 / 0.485$$

$$1 : 1.47 : 2.01 / 20.6$$

$$\text{En Volumen:} \quad 1 : 1.54 : 2.17 / 20.6$$

APÉNDICE 3: PROPIEDADES DEL CONCRETO

3.1. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

Tabla 43: Peso unitario del concreto en estado endurecido de las diferentes tandas según porcentajes de adición de fibra de vidrio a los 28 días

Descripción	Edad (días)	Muestra	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Altura promedio (mm)	Volumen (m ³)	Peso del concreto (Kg)	Peso unitario (Kg/m ³)	Peso unitario promedio (Kg/m ³)	Variación
Patrón + 0% de fibra de vidrio	28	M1	15.270	183.134	304.25	0.00557	12.819	2300.677	2283.908	
		M2	15.192	181.267	304.00	0.00551	12.788	2320.648		
		M3	15.308	184.046	306.00	0.00563	12.832	2278.485		
		M4	15.353	185.130	302.00	0.00559	12.706	2272.613		
		M5	15.369	185.516	303.75	0.00564	12.720	2257.302		
		M6	15.359	185.275	304.75	0.00565	12.838	2273.725		
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	28	M1	15.322	184.383	303.75	0.00560	12.548	2240.461	2260.027	-1.05 %
		M2	15.169	180.719	304.25	0.00550	12.554	2283.220		
		M3	15.391	186.035	304.25	0.00566	12.702	2244.121		
		M4	15.266	183.038	305.50	0.00559	12.705	2272.077		
		M5	15.361	185.323	304.50	0.00564	12.541	2222.368		
		M6	15.241	182.439	304.75	0.00556	12.776	2297.917		
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	28	M1	15.371	185.564	303.00	0.00562	12.420	2208.945	2217.186	-2.92 %
		M2	15.272	183.170	302.50	0.00554	12.428	2242.965		
		M3	15.274	183.230	302.50	0.00554	12.406	2238.262		
		M4	15.467	187.889	301.00	0.00566	12.278	2170.996		
		M5	15.245	182.534	302.50	0.00552	12.444	2253.668		

Descripción	Edad (días)	Muestra	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Altura promedio (mm)	Volumen (m ³)	Peso del concreto (Kg)	Peso unitario (Kg/m ³)	Peso unitario promedio (Kg/m ³)	Variación
		M6	15.340	184.804	302.00	0.00558	12.213	2188.281		
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	28	M1	15.232	182.211	303.75	0.00553	12.147	2194.712	2213.230	-3.09 %
		M2	15.231	182.199	302.75	0.00552	12.271	2224.585		
		M3	15.140	180.017	302.75	0.00545	12.208	2239.997		
		M4	15.249	182.618	302.75	0.00553	12.158	2199.044		
		M5	15.154	180.350	302.50	0.00546	12.105	2218.828		
		M6	15.198	181.411	303.25	0.00550	12.115	2202.216		
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	28	M1	15.321	184.347	303.50	0.00559	12.157	2172.861	2155.802	-5.61 %
		M2	15.300	183.842	305.00	0.00561	12.153	2167.401		
		M3	15.358	185.250	305.50	0.00566	12.125	2142.453		
		M4	15.353	185.118	306.50	0.00567	12.186	2147.744		
		M5	15.341	184.841	304.00	0.00562	12.157	2163.494		
		M6	15.379	185.757	306.00	0.00568	12.169	2140.856		

3.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA EDADES DE 7, 14, 21 Y 28 DÍAS

Tabla 44: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 7 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	\varnothing_1 (cm)	\varnothing_2 (cm)	\varnothing Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0% de fibra de vidrio	7	M1	15.181	15.313	15.247	182.582	36000	197.17	206.65	5.756	5	
		M2	15.223	15.299	15.261	182.918	35500	194.08			5	
		M3	15.244	15.123	15.184	181.065	39500	218.15			5	
		M4	15.100	15.024	15.062	178.178	39500	221.69			5	
		M5	15.168	15.213	15.191	181.232	39000	215.19			2	
		M6	15.223	15.118	15.171	180.755	35000	193.63			6	
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	7	M1	15.317	15.299	15.308	184.046	37500	203.75	209.47	4.603	4	1.36 %
		M2	15.156	15.326	15.241	182.439	35500	194.59			5	
		M3	15.308	15.199	15.254	182.738	39500	216.16			2	
		M4	15.227	15.166	15.197	181.375	40000	220.54			2	
		M5	15.140	15.139	15.140	180.017	36500	202.76			4	
		M6	15.082	15.224	15.153	180.338	39500	219.03			5	
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	7	M1	15.181	15.326	15.254	182.738	38000	207.95	211.45	2.503	4	2.32 %
		M2	15.260	15.236	15.248	182.606	39500	216.31			2	
		M3	15.280	15.175	15.228	182.116	37500	205.91			5	
		M4	15.451	15.176	15.314	184.178	40500	219.90			2	
		M5	15.244	15.326	15.285	183.494	39000	212.54			2	
		M6	15.419	15.227	15.323	184.407	38000	206.07			4	

Descripción	Edad (días)	Muestra	\varnothing_1 (cm)	\varnothing_2 (cm)	\varnothing Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	7	M1	15.318	15.142	15.230	182.175	36000	197.61	186.12	6.174	2	-9.94 %
		M2	15.068	15.113	15.091	178.853	30500	170.53			2	
		M3	15.101	15.050	15.076	178.498	34000	190.48			2	
		M4	15.142	15.349	15.246	182.546	32000	175.30			5	
		M5	15.186	15.149	15.168	180.683	36500	202.01			2	
		M6	15.291	15.200	15.246	182.546	33000	180.78			5	
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	7	M1	15.159	15.254	15.207	181.614	32500	178.95	169.93	4.528	2	-17.77 %
		M2	15.270	14.944	15.107	179.245	30000	167.37			2	
		M3	15.255	15.200	15.228	182.116	33000	181.20			5	
		M4	15.067	15.438	15.253	182.714	29500	161.45			2	
		M5	15.205	15.015	15.110	179.316	29000	161.73			2	
		M6	15.262	15.314	15.288	183.566	31000	168.88			5	

Tabla 45: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 14 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	\varnothing_1 (cm)	\varnothing_2 (cm)	\varnothing Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0% de fibra de vidrio	14	M1	15.169	15.406	15.288	183.554	44000	239.71	249.49	2.259	6	
		M2	15.489	15.060	15.275	183.242	46500	253.76			2	
		M3	15.171	15.425	15.298	183.806	45500	247.54			5	
		M4	15.189	15.290	15.240	182.403	47000	257.67			2	
		M5	15.452	15.277	15.365	185.407	46500	250.80			6	
		M6	15.383	15.387	15.385	185.902	46000	247.44			5	
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	14	M1	15.153	15.473	15.313	184.166	47500	257.92	259.40	3.440	2	3.97 %
		M2	15.255	15.275	15.265	183.014	48000	262.28			5	
		M3	15.217	15.359	15.288	183.566	49000	266.93			3	
		M4	15.167	15.378	15.273	183.194	45500	248.37			2	
		M5	15.207	15.367	15.287	183.542	50000	272.42			5	
		M6	15.214	15.325	15.270	183.122	45500	248.47			2	
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	14	M1	15.232	15.200	15.216	181.841	47000	258.47	260.97	1.586	5	4.60 %
		M2	15.250	15.080	15.165	180.624	48000	265.75			2	
		M3	15.455	15.418	15.437	187.149	49500	264.50			5	
		M4	15.195	15.289	15.242	182.463	47500	260.33			3	
		M5	15.434	15.355	15.395	186.132	49000	263.25			3	
		M6	15.453	15.275	15.364	185.395	47000	253.51			2	

Descripción	Edad (días)	Muestra	\varnothing_1 (cm)	\varnothing_2 (cm)	\varnothing Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	14	M1	15.190	15.568	15.379	185.757	42000	226.10	226.20	3.392	2	-9.33 %
		M2	15.391	15.138	15.265	183.002	43000	234.97			3	
		M3	15.227	15.328	15.278	183.314	40000	218.21			2	
		M4	15.225	15.605	15.415	186.628	42500	227.73			2	
		M5	15.252	15.433	15.343	184.877	43500	235.29			3	
		M6	15.229	15.366	15.298	183.794	39500	214.91			2	
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	14	M1	15.290	15.220	15.255	182.774	40000	218.85	215.72	2.946	2	-13.53 %
		M2	15.313	15.292	15.303	183.914	39000	212.06			2	
		M3	15.540	15.177	15.359	185.262	39500	213.21			2	
		M4	15.327	15.170	15.249	182.618	40500	221.77			2	
		M5	15.332	15.235	15.284	183.458	41000	223.48			5	
		M6	15.533	15.196	15.365	185.407	38000	204.95			5	

Tabla 46: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 21 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	\varnothing_1 (cm)	\varnothing_2 (cm)	\varnothing Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0% de fibra de vidrio	21	M1	15.459	15.354	15.407	186.422	49500	265.53	271.01	2.023	2	
		M2	15.445	15.206	15.326	184.467	51000	276.47			4	
		M3	15.332	15.134	15.233	182.247	51000	279.84			2	
		M4	15.333	15.120	15.227	182.092	49000	269.10			2	
		M5	15.404	15.137	15.271	183.146	48500	264.82			2	
		M6	15.365	15.329	15.347	184.985	50000	270.29			4	
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	21	M1	15.209	15.279	15.244	182.510	50500	276.70	275.02	1.454	2	1.48 %
		M2	15.142	15.412	15.277	183.302	51500	280.96			2	
		M3	15.161	15.415	15.288	183.566	49500	269.66			2	
		M4	15.325	15.201	15.263	182.966	49500	270.54			5	
		M5	15.222	15.246	15.234	182.271	50000	274.32			5	
		M6	15.318	15.251	15.285	183.482	51000	277.96			2	
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	21	M1	15.344	15.253	15.299	183.818	51000	277.45	278.23	1.256	3	2.67 %
		M2	14.991	15.248	15.120	179.541	50500	281.27			2	
		M3	15.297	15.195	15.246	182.558	50500	276.62			5	
		M4	15.266	15.193	15.230	182.163	49500	271.73			2	
		M5	15.099	15.192	15.146	180.159	50500	280.31			2	
		M6	15.125	15.223	15.174	180.838	51000	282.02			5	

Descripción	Edad (días)	Muestra	\varnothing_1 (cm)	\varnothing_2 (cm)	\varnothing Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	21	M1	15.407	15.280	15.344	184.901	44500	240.67	248.79	2.690	5	-8.20 %
		M2	15.327	15.239	15.283	183.446	44000	239.85			2	
		M3	15.524	15.190	15.357	185.226	46000	248.34			5	
		M4	15.477	15.233	15.355	185.178	47500	256.51			3	
		M5	15.473	15.241	15.357	185.226	47500	256.44			2	
		M6	15.397	15.160	15.279	183.338	46000	250.90			2	
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	21	M1	15.318	15.104	15.211	181.721	41000	225.62	226.87	2.508	3	-16.29 %
		M2	15.303	15.300	15.302	183.890	44000	239.27			2	
		M3	15.446	15.245	15.346	184.949	41500	224.39			5	
		M4	15.193	15.559	15.376	185.685	42000	226.19			2	
		M5	15.243	15.582	15.413	186.568	41500	222.44			2	
		M6	15.287	15.291	15.289	183.590	41000	223.32			3	

Tabla 47: Resultados de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a 28 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	Ø ₁ (cm)	Ø ₂ (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0% de fibra de vidrio	28	M1	15.229	15.311	15.270	183.134	54500	297.60	293.39	1.095	5	
		M2	15.219	15.165	15.192	181.267	53500	295.14			5	
		M3	15.329	15.287	15.308	184.046	53500	290.69			5	
		M4	15.530	15.176	15.353	185.130	54000	291.69			3	
		M5	15.511	15.227	15.369	185.516	55000	296.47			5	
		M6	15.459	15.259	15.359	185.275	53500	288.76			6	
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	28	M1	15.348	15.296	15.322	184.383	57000	309.14	304.50	2.036	6	3.79 %
		M2	15.209	15.129	15.169	180.719	56000	309.87			5	
		M3	15.306	15.475	15.391	186.035	56000	301.02			5	
		M4	15.220	15.312	15.266	183.038	54500	297.75			3	
		M5	15.270	15.452	15.361	185.323	55000	296.78			4	
		M6	15.296	15.186	15.241	182.439	57000	312.43			5	
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	28	M1	15.207	15.535	15.371	185.564	55500	299.09	306.67	2.407	5	4.53 %
		M2	15.356	15.187	15.272	183.170	57500	313.92			2	
		M3	15.492	15.056	15.274	183.230	58500	319.27			5	
		M4	15.467	15.116	15.467	187.889	57000	303.37			4	
		M5	15.340	15.150	15.245	182.534	55500	304.05			6	
		M6	15.315	15.364	15.340	184.804	55500	300.32			5	

Descripción	Edad (días)	Muestra	\varnothing_1 (cm)	\varnothing_2 (cm)	\varnothing Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (Kg)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Tipo de falla	Variación f'c promedio
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	28	M1	15.235	15.228	15.232	182.211	47500	260.69	264.52	1.534	2	-9.84 %
		M2	15.228	15.234	15.231	182.199	47000	257.96			6	
		M3	15.045	15.234	15.140	180.017	48500	269.42			6	
		M4	15.263	15.234	15.249	182.618	49000	268.32			3	
		M5	15.074	15.233	15.154	180.350	48000	266.15			2	
		M6	15.164	15.232	15.198	181.411	48000	264.59			4	
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	28	M1	15.222	15.419	15.321	184.347	44000	238.68	243.89	3.966	2	-16.87 %
		M2	15.251	15.348	15.300	183.842	45500	247.50			2	
		M3	15.519	15.197	15.358	185.250	47000	253.71			2	
		M4	15.394	15.311	15.353	185.118	45000	243.09			2	
		M5	15.325	15.357	15.341	184.841	47000	254.27			3	
		M6	15.356	15.402	15.379	185.757	42000	226.10			3	

3.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA EDADES DE 7, 14, 21 Y 28 DÍAS

Tabla 48: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 7 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0% de fibra de vidrio	7	M1	50.18	45.18	15.631	15.190	2540	31.82	32.00	3.248	
		M2	49.88	44.88	15.588	15.280	2600	32.06			
		M3	50.05	45.05	15.753	15.040	2660	33.63			
		M4	49.93	44.93	15.606	15.197	2420	30.17			
		M5	50.08	45.08	15.624	15.461	2700	32.59			
		M6	50.10	45.10	15.663	15.361	2600	31.73			
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	7	M1	49.98	44.98	15.605	15.373	2700	32.93	34.42	3.164	7.56 %
		M2	50.05	45.05	15.659	15.201	2900	36.11			
		M3	49.98	44.98	15.666	15.441	2860	34.44			
		M4	50.08	45.08	15.677	15.301	2820	34.64			
		M5	50.00	45.00	15.676	15.008	2760	35.18			
		M6	50.00	45.00	15.685	15.269	2700	33.23			
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	7	M1	49.90	44.90	15.125	15.264	2700	34.40	36.20	4.439	13.14 %
		M2	49.90	44.90	15.105	15.078	2900	37.92			
		M3	49.88	44.88	15.068	15.168	3000	38.83			
		M4	49.78	44.78	16.000	15.178	2940	35.71			
		M5	49.83	44.83	15.717	15.197	2860	35.32			
		M6	49.90	44.90	15.755	15.254	2860	35.03			

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	7	M1	50.05	45.05	15.609	15.263	3020	37.42	37.93	3.822	18.55 %
		M2	50.05	45.05	15.661	15.199	3180	39.60			
		M3	50.00	45.00	15.609	15.212	2960	36.88			
		M4	50.05	45.05	15.652	15.279	3100	38.22			
		M5	50.03	45.03	15.659	15.257	3220	39.78			
		M6	50.03	45.03	15.635	15.295	2900	35.70			
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	7	M1	49.83	44.83	15.690	15.212	3200	39.51	40.74	4.054	27.33 %
		M2	49.83	44.83	15.206	15.162	3100	39.75			
		M3	49.83	44.83	15.874	15.174	3260	39.98			
		M4	49.90	44.90	15.224	15.159	3320	42.61			
		M5	49.80	44.80	15.639	15.236	3520	43.44			
		M6	49.80	44.80	15.698	15.224	3180	39.16			

Tabla 49: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 14 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0% de fibra de vidrio	14	M1	49.65	44.65	15.477	15.169	2920	36.61	37.14	3.580	
		M2	49.73	44.73	15.542	15.111	2960	37.30			
		M3	49.70	44.70	15.094	15.175	2820	36.27			
		M4	49.88	44.88	15.233	15.139	3060	39.34			
		M5	49.80	44.80	15.534	15.094	2780	35.19			
		M6	49.68	44.68	15.308	15.109	2980	38.10			
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	14	M1	50.15	45.15	15.571	15.175	3300	41.56	40.68	2.425	9.54 %
		M2	49.93	44.93	15.602	14.922	3060	39.57			
		M3	49.95	44.95	15.540	15.026	3140	40.23			
		M4	49.98	44.98	15.733	15.147	3400	42.36			
		M5	49.98	44.98	15.624	15.120	3160	39.79			
		M6	50.03	45.03	15.597	15.232	3260	40.56			
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	14	M1	49.85	44.85	15.274	15.228	3480	44.07	44.67	3.264	20.28 %
		M2	49.83	44.83	15.648	15.160	3420	42.63			
		M3	49.85	44.85	15.464	15.164	3720	46.92			
		M4	49.80	44.80	15.483	15.185	3600	45.18			
		M5	49.85	44.85	15.831	15.202	3540	43.40			
		M6	49.83	44.83	15.699	15.188	3700	45.80			

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	14	M1	49.85	44.85	15.479	15.288	3560	44.13	45.47	3.480	22.45 %
		M2	49.73	44.73	15.272	15.239	3720	46.91			
		M3	49.58	44.58	15.504	15.280	3680	45.32			
		M4	49.63	44.63	15.526	15.233	3460	42.86			
		M5	49.80	44.80	15.284	15.166	3720	47.41			
		M6	49.80	44.80	15.088	15.211	3600	46.20			
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	14	M1	49.80	44.80	15.438	15.169	3900	49.19	49.91	2.592	34.39 %
		M2	49.85	44.85	15.711	15.167	3980	49.39			
		M3	49.80	44.80	15.601	15.205	3880	48.19			
		M4	49.85	44.85	15.625	15.177	4020	50.10			
		M5	49.78	44.78	15.322	15.195	4140	52.40			
		M6	49.80	44.80	15.219	15.166	3920	50.17			

Tabla 50: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 21 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0% de fibra de vidrio	21	M1	49.63	44.63	15.361	15.028	3180	40.91	39.11	3.412	
		M2	49.68	44.68	14.934	15.481	3280	40.95			
		M3	50.18	45.18	15.900	15.150	3080	38.13			
		M4	50.10	45.10	15.406	15.535	3120	37.85			
		M5	50.13	45.13	15.430	15.409	3160	38.92			
		M6	49.93	44.93	15.676	15.460	3160	37.89			
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	21	M1	49.90	44.90	15.125	15.264	3560	45.36	44.44	1.952	13.63 %
		M2	49.90	44.90	15.105	15.078	3320	43.41			
		M3	49.88	44.88	15.068	15.168	3480	45.05			
		M4	49.78	44.78	16.000	15.178	3600	43.73			
		M5	49.85	44.85	15.931	15.096	3680	45.46			
		M6	49.78	44.78	15.356	15.210	3460	43.61			
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	21	M1	49.85	44.85	15.191	15.223	3840	48.93	47.57	2.864	21.64 %
		M2	49.85	44.85	15.427	15.216	3720	46.71			
		M3	49.88	44.88	15.613	15.197	3980	49.53			
		M4	49.88	44.88	15.321	15.317	3800	47.44			
		M5	49.80	44.80	15.271	15.208	3580	45.41			
		M6	49.83	44.83	15.190	15.300	3760	47.40			

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	21	M1	49.78	44.78	15.189	15.310	3960	49.80	49.67	2.819	27.02 %
		M2	49.80	44.80	15.480	15.291	4020	49.76			
		M3	49.80	44.80	15.167	15.277	3800	48.10			
		M4	49.78	44.78	15.312	15.166	4040	51.36			
		M5	49.83	44.83	15.265	15.250	3780	47.73			
		M6	49.83	44.83	15.155	15.225	4020	51.30			
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	21	M1	49.83	44.83	15.440	15.149	4040	51.11	53.34	2.648	36.38 %
		M2	49.85	44.85	15.620	15.196	4280	53.22			
		M3	49.80	44.80	15.547	15.196	4320	53.91			
		M4	49.85	44.85	15.639	15.192	4460	55.42			
		M5	49.78	44.78	15.539	15.150	4320	54.24			
		M6	49.83	44.83	15.423	15.159	4120	52.11			

Tabla 51: Resultados de los especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a 28 días con 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% de fibra de vidrio adicionada

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0% de fibra de vidrio	28	M1	49.90	44.90	15.050	15.028	3160	41.75	41.21	3.447	
		M2	49.78	44.78	15.059	15.481	3380	41.94			
		M3	49.60	44.60	15.650	15.150	3360	41.72			
		M4	49.73	44.73	15.650	15.535	3220	38.13			
		M5	49.85	44.85	15.188	15.179	3220	41.27			
		M6	49.83	44.83	15.184	15.241	3340	42.45			
Patrón + 0.2% de fibra de vidrio	28	M1	49.80	44.80	15.600	15.231	3840	47.54	47.24	3.828	14.63 %
		M2	50.00	45.00	14.900	15.399	3960	50.44			
		M3	49.60	44.60	15.550	14.863	3720	48.30			
		M4	49.85	44.85	15.050	15.425	3720	46.59			
		M5	49.83	44.83	15.231	15.229	3580	45.43			
		M6	49.80	44.80	15.199	15.335	3600	45.13			
Patrón + 0.4% de fibra de vidrio	28	M1	50.00	45.00	15.641	15.736	3900	45.32	50.01	6.602	21.34 %
		M2	50.30	45.30	15.668	15.511	4120	49.51			
		M3	50.05	45.05	15.639	14.726	4140	55.00			
		M4	50.05	45.05	15.632	15.302	3880	47.76			
		M5	50.05	45.05	15.648	15.144	3900	48.96			
		M6	50.18	45.18	15.637	14.991	4160	53.48			

Descripción	Edad (días)	Muestra	Long promedio (cm)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Carga de Ruptura (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar	Variación Mód. Rotura
Patrón + 0.6% de fibra de vidrio	28	M1	50.00	45.00	15.522	15.257	4360	54.30	52.28	5.020	26.87 %
		M2	50.10	45.10	15.634	15.514	4100	49.14			
		M3	49.95	44.95	15.206	15.164	4360	56.05			
		M4	50.00	45.00	15.274	15.236	4260	54.07			
		M5	50.15	45.15	15.536	15.419	4120	50.37			
		M6	50.03	45.03	15.551	15.332	4040	49.76			
Patrón + 0.8% de fibra de vidrio	28	M1	49.83	44.83	15.604	15.224	4500	55.78	56.45	3.530	36.97 %
		M2	49.68	44.68	15.183	15.205	4380	55.75			
		M3	49.75	44.75	15.331	15.208	4340	54.77			
		M4	49.83	44.83	15.476	14.977	4560	58.89			
		M5	49.70	44.70	15.406	15.397	4420	54.10			
		M6	49.80	44.80	15.159	15.163	4620	59.39			

APÉNDICE 4: CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNC



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



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

CONSTANCIA

La Bach. PAJARES PORTAL, ANA PAULA, Exalumna 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: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, USANDO LA CANTERA DE PURUAY PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA". Dichas actividades se desarrollaron del 10/04/2023 al 07/07/2023.

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

Cajamarca, 09 de noviembre 2023.

Atentamente:

c.c. a:
_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Concurión Vargas
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

APÉNDICE 5: CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GUERSAN INGENIEROS S.R.L.



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE
INGENIERÍA ELABORACIÓN DE PERFILES Y
EXPEDIENTES TÉCNICOS ESTUDIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS SERVICIO DE
TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / TEL. 076 633319

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

HACE CONSTAR:

Que la bachiller en ingeniería civil **ANA PAULA PAJARES PORTAL**, identificada con DNI N° 76618841, exalumna de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, con autorización de su facultad ha realizado y registrado el ensayo de abrasión para el desarrollo de su tesis titulada “**INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ USANDO LA CANTERA DE PURUAY, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA**” en la segunda semana de Abril del año 2023.

Se expide la presente constancia a petición de la interesado para los fines que estime pertinentes.

Cajamarca, 08 de noviembre de 2023


GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
LEINER GUERRERO GONZÁLES
GERENTE GENERAL
DNI N° 45697545

APÉNDICE 6: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 16: Ensayo de análisis granulométrico



Figura 17: Deshilachado de la fibra de vidrio tipo E



Figura 18: *Incorporación de fibra de vidrio en la mezcla de concreto*



Figura 19: *Ensayo de revenimiento o asentamiento de concreto en el cono de Abrams*



Figura 20: Determinación del peso unitario del concreto en estado fresco



Figura 21: Elaboración de los especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos



Figura 22: Ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de concreto cilíndricos



Figura 23: Ensayo de resistencia a flexión de los especímenes de concreto prismáticos

