

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
SEDE JAÉN**



**INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LA RESISTENCIA A
COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA CONCRETO $f'c=210$ KG/CM²
ELABORADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA OLANO, EN LA
CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. MAGALY LOZADA CHAMAYA

ASESOR:

MG.ING. HUGO MIRANDA TEJADA

CAJAMARCA-PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

1. Investigador: MAGALY LOZADA CHAMAYA

DNI: 48111357

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

2. Asesor: Héctor Hugo Miranda Tejada

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 LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA CONCRETO $f'c=210$ KG/CM² ELABORADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA OLANO, EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA".

6. Fecha de evaluación: 14/05/2025

7. Software antiplagio:

TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

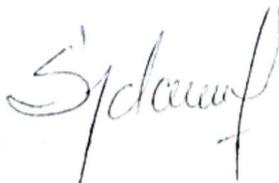
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 19 %

9. Código Documento: trn:oid:::3117:459321138

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 21/05/2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos Héctor Hugo Miranda Tejada

DNI: 26617213



Firmado digitalmente por:

BAZAN DIAZ Laura Sofia

FAU 20148258601 soft

Motivo: En señal de conformidad

Fecha: 21/05/2025 11:00:41-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA CONCRETO F'C=210 KG/CM2 ELABORADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA OLANO, EN LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA."

ASESOR : Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0213-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 16 de mayo del 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **diecinueve días del mes de mayo** del año en curso, siendo las quince horas (3:00 p.m.), se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

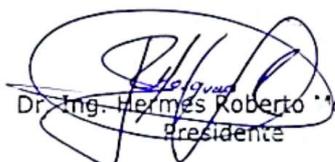
- Presidente : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez.
- Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
- Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada " INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA CONCRETO F'C=210 KG/CM2 ELABORADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA OLANO, EN LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA. ", presentada por a Bachiller en Ingeniería Civil **MAGALY LOZADA CHAMAYA**, asesorado por el Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí, en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA:6..... PTS.
 EVALUACIÓN PÚBLICA:11..... PTS.
 EVALUACIÓN FINAL :17..... PTS **DIECISIETE** (en letras)

En consecuencia, se lo declara **APROBADA** con el calificativo de **17 (DIECISIETE)** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación , levantándose la presente a las **16:20** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


 Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez.
 Presidente


 Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
 Vocal


 Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
 Secretario


 Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
 Asesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con amor y gratitud a mis padres, quienes con su ejemplo, esfuerzo y sacrificio me han enseñado el valor del compromiso y la perseverancia.

A mis hermanos, por ser mi refugio, mi motivación constante y el pilar sobre el cual se ha construido este logro.

AGREDECIMIENTO

Agradezco a mi familia, por su apoyo incondicional, por creer en mí en cada paso y por brindarme la fortaleza necesaria para continuar en los momentos más exigentes. Su amor y confianza han sido el motor que impulsó la culminación de este proyecto.

A mi asesor, por sus consejos, por compartir su conocimiento y dedicar su tiempo para hacer posible este proyecto.

A mis amigos, por sus consejos y por compartir este camino de esfuerzo y aprendizaje.

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. CAPÍTULO I: Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Formulación del problema	1
1.1.2. Justificación de la investigación	2
1.1.3. Alcances o Delimitación de la investigación	2
1.1.4. Limitaciones de la investigación.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
2. CAPÍTULO II: Marco teórico	4
2.1. Antecedentes teóricos	4
2.1.1. Antecedentes internacionales	4
2.1.2. Antecedentes nacionales	5
2.1.3. Antecedentes Locales.....	6
2.2. Bases teóricas.....	7
3. CAPÍTULO III: Materiales y métodos	24
3.1. Hipótesis	24
3.2. Definición de variables	24
3.3. Metodología de la investigación	24
3.4. Población y muestra de estudio.....	24
3.5. Unidad de análisis	25
3.6. Técnicas e instrumentos y recolección de datos	25
3.7. Análisis e interpretación de resultados	25
3.8. Cantera Olano	25
3.9. Componentes utilizados en los concretos	27
3.10. Método del módulo de fineza de la combinación de agregados	27
3.11. Procedimiento para la elaboración de la mezcla de prueba.	28
3.12. Procedimiento para la elaboración de ajuste de la mezcla.....	29
4. CAPÍTULO IV: Análisis y discusión de resultados.....	30

4.1. Análisis de los agregados de la cantera Olano.....	30
4.2. Diseño de mezcla	31
4.3. Análisis de la trabajabilidad de la mezcla de concreto	31
4.4. Análisis de la resistencia a compresión	32
4.5. Análisis de la resistencia a flexión.....	33
4.6. Contrastación de hipótesis	34
5. CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones	35
5.1. Conclusiones.....	35
5.2. Recomendaciones	37
6. Referencias bibliográficas	38
7. Anexos.....	41
7.1. Ensayos realizados a agregados de la cantera Olano.....	41
7.2. Diseño de mezcla y porcentaje de fibra de vidrio.....	45
7.3. Asentamiento del concreto.....	47
7.4. Ensayos a compresión del concreto	47
7.5. Ensayos a flexión del concreto	52
7.6. Panel fotográfico.....	54
7.7. Certificado y otros documentos de laboratorio.....	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de cemento hidráulico.....	7
Tabla 2 Granulometría del agregado fino	8
Tabla 3 Propiedades mecánicas de fibra de vidrio tipo E.....	10
Tabla 4 Ensayos básicos para obtener propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	11
Tabla 5 Cantidad mínima de la muestra para agregado grueso	11
Tabla 6 Tamaño de la muestra del agregado	13
Tabla 7 Masa mínima de muestra de ensayo	15
Tabla 8 Ensayos realizados al concreto	17
Tabla 9 Resistencia promedio a la compresión requerida	21
Tabla 10 Consistencia, asentamiento y trabajabilidad.....	21
Tabla 11 Requerimientos de agua en l/m ³ y contenido de aire del concreto	22
Tabla 12 Relación agua / cemento por resistencia.....	22
Tabla 13 Módulo de finura de la combinación de agregados	23

Tabla 14	Ensayos realizados	25
Tabla 15	Distribución granulométrica agregado fino de cantera Olano	41
Tabla 16	Distribución granulométrica agregado grueso	42
Tabla 17	Contenido de humedad de agregado fino	43
Tabla 18	Contenido de humedad de agregado grueso	43
Tabla 19	Peso unitario suelto agregado fino	43
Tabla 20	Peso unitario compactado agregado fino	43
Tabla 21	Peso unitario suelto agregado grueso	43
Tabla 22	Peso unitario compactado agregado grueso	44
Tabla 23	Material que pasa por tamiz n°200 en agregado fino	44
Tabla 24	Material que pasa por tamiz n°200 en agregado grueso	44
Tabla 25	Densidad relativa y absorción de agregado grueso	44
Tabla 26	Densidad relativa y absorción de agregado fino	45
Tabla 27	Cantidades de fibra de vidrio para concretos.....	47
Tabla 28	Medición de asentamiento de concreto patrón	47
Tabla 29	Comparación de asentamientos	47
Tabla 30	Resistencia a la compresión a los 07 días concreto patrón	48
Tabla 31	Resistencia a la compresión a los 14 días concreto patrón	48
Tabla 32	Resistencia a la compresión a los 28 días concreto patrón	48
Tabla 33	Resistencia a la compresión a los 07 días 1% de fibra de vidrio	49
Tabla 34	Resistencia a la compresión a los 14 días 1% de fibra de vidrio	49
Tabla 35	Resistencia a la compresión a los 28 días 1% de fibra de vidrio	49
Tabla 36	Resistencia a la compresión a los 07 días 2% de fibra de vidrio	50
Tabla 37	Resistencia a la compresión a los 14 días 2% de fibra de vidrio	50
Tabla 38	Resistencia a la compresión a los 28 días 2% de fibra de vidrio	50
Tabla 39	Resistencias a diferentes edades de las probetas	51
Tabla 40	Resistencia promedio de los diferentes concretos	51
Tabla 41	Comparación de resistencia	51
Tabla 42	Resistencia a la flexión de concreto patrón	52
Tabla 43	Resistencia a la flexión de concreto con 1% de fibra de vidrio	52
Tabla 44	Resistencia a la flexión de concreto con 2% de fibra de vidrio	53
Tabla 45	Modulo de rotura de las vigas.....	53
Tabla 46	Comparación de modulo de rotura con respecto al concreto patrón.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Adaptador para ensayos de flexión.....	19
Figura 2	Curva granulométrica agregado fino	41
Figura 3	Curva granulométrica agregado grueso de cantera Olano.....	42
Figura 4	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.....	54
Figura 5	Determinación del contenido de humedad	54
Figura 6	Determinación de peso unitario.....	55
Figura 7	Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso y fino.....	55
Figura 8	Pesado de agregado fino para mezcla	56
Figura 9	Pesado de agregado grueso para mezcla	56
Figura 10	Preparación de fibra de vidrio tipo E.....	57
Figura 11	Preparación de mezcla de concreto	57
Figura 12	Añadido fibra de vidrio a la mezcla.....	58
Figura 13	Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams.....	58
Figura 14	Elaboración de especímenes de concreto	59
Figura 15	Probetas de concreto.....	59
Figura 16	Elaboración de vigas de concreto	60
Figura 17	Rotura de probetas a los 7 días 1% de fibra de vidrio	60
Figura 18	Rotura de probetas a los 7 días 2% de fibra de vidrio	61
Figura 19	Rotura de probetas a los 14 días concreto patrón.....	61
Figura 20	Rotura de probetas a los 14 días concreto con 1% de fibra de vidrio	62
Figura 21	Rotura de probetas a los 14 días concreto con 2% de fibra de vidrio	62
Figura 22	Rotura de probetas patrón a los 28 días	63
Figura 23	Rotura de probetas a los 28 días on 1% de fibra de vidrio.....	63
Figura 24	Rotura de probetas a los 28 días con 2% de fibra de vidrio	64
Figura 25	Rotura de vigas patron 7 dias	64
Figura 26	Rotura de vigas patron 14 dias	64
Figura 27	Rotura de vigas patron 28 dias	65
Figura 28	Rotura de vigas 1% de fibra de vidrio 7 dias.....	65
Figura 29	Rotura de vigas 1% de fibra de vidrio 14 dias.....	66
Figura 30	Rotura de vigas 1% de fibra de vidrio 28 dias.....	66
Figura 31	Rotura de vigas 2% de fibra de vidrio 7 dias.....	67
Figura 32	Rotura de vigas 2% de fibra de vidrio 14 dias.....	67
Figura 33	Rotura de vigas 2% de fibra de vidrio 28 dias.....	68

RESUMEN

El concreto es el material más utilizado en la construcción, pero presenta limitaciones como la fisuración, que compromete su durabilidad y resistencia. Diversas investigaciones proponen la incorporación de fibras, como la fibra de vidrio tipo E, para mejorar su desempeño mecánico. Estudios previos han demostrado que dosificaciones bajas de fibra pueden incrementar la resistencia a compresión y flexión, aunque reducen la trabajabilidad. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de la adición de fibra de vidrio en la resistencia a compresión y flexión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con agregados de la cantera Olano, en Jaén – Cajamarca.

La metodología fue experimental. Se determinaron las propiedades físicas de los agregados y se diseñó la mezcla patrón mediante el método del módulo de fineza de agregados. Se elaboraron mezclas con adición 1 % y 2 % de fibra de vidrio respecto al peso del cemento. A partir de estas, se evaluó la trabajabilidad del concreto fresco y la resistencia a compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días.

Los resultados indicaron que el uso del 1 % de fibra de vidrio mejoró la resistencia a compresión en un 6.55 % y la resistencia a flexión en un 20.45 % respecto al concreto patrón. En cambio, la adición del 2 % redujo ambas propiedades mecánicas, lo cual se atribuye a una pérdida de cohesión del material. Se concluye que la fibra de vidrio, en proporciones controladas, mejora el comportamiento mecánico del concreto sin comprometer significativamente su trabajabilidad, siendo viable para aplicaciones estructurales convencionales.

Palabras clave: Concreto, trabajabilidad, resistencia a compresión, resistencia a flexión, fibra de vidrio.

ABSTRACT

Concrete is the most widely used material in construction, yet it has limitations such as cracking, which compromises its durability and strength. Various studies suggest the incorporation of fibers, such as E-glass fiber, to enhance its mechanical performance. Previous research has shown that low fiber dosages can increase compressive and flexural strength, although they may reduce workability. In this context, the present study aimed to determine the influence of adding glass fiber on the compressive and flexural strength of concrete with a design strength of $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, using aggregates from the Olano quarry in Jaén – Cajamarca.

The methodology was experimental. The physical properties of the aggregates were determined, and the base mix was designed using the combined aggregate fineness modulus method. Concrete mixes were produced with 0%, 1%, and 2% of glass fiber by weight of cement. The workability of the fresh concrete and its compressive and flexural strengths were evaluated at 7, 14, and 28 days.

The results showed that the addition of 1% glass fiber improved compressive strength by 6.55% and flexural strength by 20.45% compared to the control mix. In contrast, the 2% fiber addition reduced both mechanical properties, likely due to a loss of material cohesion. It is concluded that glass fiber, when used in controlled proportions, enhances the mechanical behavior of concrete without significantly compromising its workability, making it suitable for conventional structural applications.

Keywords: Concrete, workability, compressive strength, flexural strength, glass fiber.

CAPÍTULO I: Introducción

1.1. Planteamiento del problema

El concreto es comúnmente utilizado en la construcción. Sin embargo, el concreto reforzado con fibras, ya sea de acero, fibra de vidrio u otros materiales, ha ganado popularidad en la construcción debido a sus ventajas sobre el concreto tradicional. Las fibras ayudan a reducir el fisuramiento del concreto al prevenir la aparición de grietas y, en caso de que se presenten, limitan su tamaño, mejorando así la durabilidad y tenacidad del material. Además, este tipo de concreto es especialmente beneficioso en aplicaciones como elementos prefabricados o revestimientos de túneles, ya que permite optimizar costos y tiempos de ejecución al eliminar la necesidad de refuerzos metálicos convencionales. (Amaya, S. y Ramírez, M., 2019).

Según Maxi, A. y Mamani, M. (2021), la adición de fibra de vidrio Tipo E en el concreto mejora sus propiedades mecánicas, incrementando la resistencia a la compresión en un 10 % y a la flexión en un 7 % cuando se utiliza hasta un 1.5 % de fibra respecto al peso del cemento. Sin embargo, este beneficio se ve acompañado de una reducción en la trabajabilidad del concreto, con pérdidas superiores al 30 % en el asentamiento, lo que puede afectar la facilidad de manipulación en obra.

Según Pajares, A. (2024), Uno de los problemas más comunes en el concreto es la fisuración. Esta fisuración compromete la estructura y reduce la vida útil del concreto. Si bien se han implementado soluciones, como las juntas de control, el problema persiste. En este contexto, se propone la adición de fibra de vidrio al concreto como una alternativa para mejorar su comportamiento ante esfuerzos de compresión y flexión, los resultados experimentales con diferentes porcentajes de fibra de vidrio (0.2 %, 0.4 %, 0.6 % y 0.8 %) mostraron mejoras en la resistencia mecánica para los porcentajes más bajos, mientras que la trabajabilidad solo se mantuvo adecuada para el 0.2 %.

Ante esta problemática, surge la necesidad de analizar experimentalmente la influencia de la fibra de vidrio en el concreto, buscando una dosificación que potencie sus ventajas estructurales y constructivas.

1.1.1. Formulación del problema

¿En cuanto influye la adición de fibra de vidrio en la resistencia a compresión y flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con agregados de la Cantera Olano en la ciudad de Jaén, Cajamarca?

1.1.2. Justificación de la investigación

La incorporación de fibra de vidrio tipo E en mezclas de concreto mejora la resistencia a la compresión y a la flexión. Sin embargo, su uso también genera una disminución en la trabajabilidad del concreto fresco, lo que puede dificultar su colocación y acabado en obra. Ante esta problemática, es necesario identificar una dosificación adecuada que permita maximizar los beneficios mecánicos sin comprometer la trabajabilidad del material.

La presente investigación se justifica por su aporte al desarrollo de soluciones técnicas aplicables en contextos locales, como la ciudad de Jaén, donde el concreto $f'c$ 210 kg/cm² es ampliamente utilizado. Asimismo, el empleo de agregados provenientes de la cantera Olano representa una oportunidad para evaluar la interacción de la fibra de vidrio con materiales de la zona, promoviendo un uso eficiente de los recursos disponibles. Además, contribuye al mejoramiento del desempeño estructural del concreto utilizado en la región.

1.1.3. Alcances o Delimitación de la investigación

Esta investigación se enfoca en determinar la influencia de la fibra de vidrio tipo E en las propiedades mecánicas del concreto con una resistencia de diseño de $f'c=210$ kg/cm². Para tal propósito, se estableció un concreto patrón (sin adición de fibra) y se comparó con mezclas de concreto que contienen 1 % y 2 % de fibra de vidrio tipo E, incorporada en proporción al peso del cemento.

La comparación se realizó con base en los resultados obtenidos de ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión, aplicados a especímenes cilíndricos y prismáticos, a edades de 7, 14 y 28 días de curado. Asimismo, se efectuaron ensayos de asentamiento mediante el cono de Abrams para evaluar la trabajabilidad de las distintas mezclas.

Los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo en el laboratorio LABSUC, ubicado en la ciudad de Jaén, durante los meses de junio y julio del año 2024. Los resultados obtenidos en esta investigación son válidos únicamente para los agregados provenientes de la cantera Olano, ubicada en la ciudad de Jaén, y utilizando cemento Portland tipo I de la marca Pacasmayo, por lo que podrían variar al emplear materiales de diferente procedencia o características.

1.1.4. Limitaciones de la investigación

Solo se evaluaron dos porcentajes de adición de fibra de vidrio tipo E (1 % y 2 % respecto al peso del cemento), debido a limitaciones económicas, ya que los ensayos se realizaron en un laboratorio privado (LABSUC), lo cual elevó los costos operativos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la fibra de vidrio en la resistencia a compresión y flexión para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con agregados de la cantera Olano.

1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físicas de los agregados de la cantera Olano.
- ✓ Realizar el diseño de mezclas para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados de la cantera Olano.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días del concreto elaborado con agregados de la cantera Olano.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días del concreto elaborado con agregados de la cantera Olano con una adición del 1% y 2% de fibra de vidrio tipo E con respecto al peso de cemento.
- ✓ Comparar los resultados de resistencia a compresión y flexión del concreto patrón con los obtenidos en las mezclas que contienen 1% y 2% de fibra de vidrio tipo E.

CAPITULO II: Marco teórico

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Antecedentes internacionales

Amaya, S. y Ramirez, M. (2019) en su trabajo de grado titulado “Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras” realizado en Colombia, se analizó el desempeño de diferentes tipos de fibras, entre ellas las macrofibras de vidrio Anti-Crak HP 67/36, para identificar su influencia en la resistencia a compresión y flexión del concreto. Los ensayos se realizaron sobre cilindros de 10 cm × 20 cm a los 7, 14 y 28 días de curado, y sobre viguetas de 15 cm × 15 cm × 50 cm a los 14 y 28 días. En el caso específico de las fibras de vidrio, los resultados mostraron que estas proporcionan una resistencia mecánica estable. A los 7 días, el concreto reforzado con fibra de vidrio presentó una resistencia a compresión superior a la del concreto convencional; sin embargo, en edades intermedias no se observó un crecimiento significativo, aunque el desempeño se recuperó hacia los 28 días. En cuanto a la flexión, las fibras de vidrio no superaron la resistencia del concreto convencional a los 28 días, pero sí contribuyeron significativamente al control de la fisuración, evitando la propagación completa de las grietas y mejorando así la tenacidad del material. En general, aunque el incremento en la resistencia no fue sustancial, el uso de fibras de vidrio reflejó un impacto positivo en la capacidad del concreto para mantener la integridad estructural frente a la aparición de grietas.

Lascano, N. (2021) en su tesis titulada "Diseño a flexión de elementos de hormigón reforzado con varillas corrugadas de fibra de vidrio" realizada en Ecuador, llegó a las siguientes conclusiones significativas. La resistencia a la tracción de las varillas de fibra de vidrio (GFRP) generalmente oscila entre 483 y 690 MPa, con un módulo elástico de 35 a 51 GPa. Estas varillas corrugadas de fibra de vidrio exhiben una destacada capacidad de tracción, permitiendo así el diseño de elementos a flexión con una elevada resistencia. La resistencia específica de las varillas GFRP puede variar según el diámetro de la varilla y la calidad del material utilizado en su fabricación. En términos generales, las varillas GFRP presentan una resistencia a la tracción comparable o incluso superior a la del acero corrugado, convirtiéndolas en una opción adecuada para aplicaciones estructurales que demandan resistencia y durabilidad. El análisis económico llevado a cabo concluyó que, aunque las varillas GFRP pueden representar una inversión inicialmente más elevada debido a la incertidumbre del material durante los procesos de diseño, a largo plazo ofrecen notables beneficios económicos. A pesar de que las varillas GFRP tienen una cuantía más alta en comparación con el acero corrugado, su durabilidad, resistencia a la corrosión y bajo requerimiento de mantenimiento pueden traducirse en ahorros

significativos a lo largo de la vida útil de las estructuras. Además, la utilización de varillas GFRP puede agilizar y hacer más eficientes los procesos de traslado y montaje en obra, al tiempo que evita posibles reparaciones a largo plazo causadas por la corrosión del acero. Estas ventajas contribuyen a extender la vida útil de las estructuras hasta un periodo de 100 años.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Merino, J. (2023) en su tesis de titulación "Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto estructural" desarrollada en la ciudad de Pimentel, llevó a cabo adiciones de fibra de vidrio tipo E en porcentajes de dosificación que variaron entre el 0.5%, 1.0%, 1.5%, y 2.0%, con relación al peso del cemento, para diseños de concreto de resistencias de 210 kg/cm² y 280 kg/cm². Las propiedades sometidas a evaluación incluyeron la resistencia a la compresión, tracción, flexión y el módulo de elasticidad. Los resultados obtenidos revelaron que la consistencia, temperatura, peso unitario y porcentaje de aire del concreto se mantuvieron en rangos aceptables incluso con un 2.0% de fibra de vidrio. En cuanto a las propiedades mecánicas del concreto, se determinó que, para ambos diseños de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², la dosificación óptima fue del 1.0% de fibra de vidrio. Esta proporción resultó en un incremento significativo en la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad. Para la tracción y flexión, se observó que el 2.0% de fibra de vidrio fue el nivel óptimo, aplicable a ambos diseños de concreto, logrando resultados optimizados en comparación con el concreto patrón.

Ríos, J. y Rojas, X. (2021) en su tesis de titulación "Influencia de la fibra de vidrio en las características físicas y mecánicas del concreto, cemento-arena Iquitos 2020", demostraron que la incorporación del 1% de fibra de vidrio al concreto cemento-arena tuvo un impacto positivo en la resistencia a la compresión. Comparando concreto convencional y con fibra de vidrio, se observó un incremento de 14.7 kg/cm². El tiempo de curado también influyó, mostrando aumentos en la resistencia a la compresión de 43.00 kg/cm² a los 7 días y 52.5 kg/cm² a los 14 días. Sin embargo, a los 28 días, las resistencias fueron similares entre las muestras. En relación a las propiedades físicas, se detectó una diferencia mínima en la consistencia entre las muestras. La resistencia a la flexión a los 28 días varió en 7.00 kg/cm² entre las muestras con y sin fibra de vidrio. En el ensayo de tracción indirecta, las diferencias fueron también poco significativas. Los resultados del módulo de elasticidad a los 28 días fueron muy cercanos. Todos los resultados obtenidos fueron estadísticamente significativos con un 95% de confianza. Se concluyó que la fibra de vidrio tiene un impacto positivo en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena. Con un 1% de fibra de vidrio en la mezcla, se logró una mayor resistencia a la compresión a los 7 y 14 días de curado. A los 28

días, la resistencia a la compresión del concreto con fibra de vidrio fue comparable al concreto convencional sin fibra. Además, la adición de fibra de vidrio no generó aumentos significativos en el costo en comparación con el diseño convencional.

2.1.3. Antecedentes Locales

Pajares, A. (2024) en su tesis de titulación "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", tiene como objetivo determinar el impacto de la adición de fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto, específicamente en su resistencia a compresión y flexión. La investigación evaluó diferentes porcentajes de fibra de vidrio (0.2%, 0.4%, 0.6%, y 0.8%) en comparación con un concreto patrón, sin fibra. Los ensayos de resistencia a compresión y flexión se realizaron a los 7, 14, 21 y 28 días, y también se midió la trabajabilidad de las mezclas mediante el ensayo de asentamiento en el cono de Abrams. Los resultados mostraron que la fibra de vidrio mejoró la resistencia a flexión de manera significativa, con incrementos en torno al 14.63% a 36.97% para los diferentes porcentajes de fibra. En cuanto a la resistencia a compresión, los mayores beneficios se observaron con adiciones de 0.2% y 0.4% de fibra de vidrio, incrementando la resistencia en un 3.79% y 4.53%, respectivamente, mientras que los porcentajes superiores (0.6% y 0.8%) redujeron la resistencia a compresión en un 9.84% y 16.87%. Por otro lado, la adición de fibra de vidrio afectó negativamente la trabajabilidad del concreto, siendo la mezcla poco trabajable para porcentajes superiores al 0.2%. Estos resultados son relevantes para el diseño de concreto estructural, ya que permiten concluir que la fibra de vidrio mejora la resistencia a flexión, pero su influencia en la resistencia a compresión depende del porcentaje añadido.

Huamán, A. (2015) en su tesis "Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio", evaluó la influencia de la adición de fibra de vidrio Tipo E-MAT450 en las propiedades mecánicas del concreto, empleando cemento Portland tipo I. Se compararon muestras de concreto patrón (sin fibra) con mezclas que contenían 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio en volumen por metro cúbico. Los ensayos realizados a los 7, 14 y 28 días incluyeron mediciones de trabajabilidad, peso unitario del concreto fresco y endurecido, resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión. Los resultados mostraron que la incorporación de fibra reduce la trabajabilidad sin afectar significativamente el peso unitario. En estado endurecido, no se observó una mejora significativa en la resistencia a compresión, pero sí un notable incremento en las resistencias a tracción y flexión, alcanzando hasta un 30.74% y 36.20% de mejora respectivamente, conforme aumentó la cantidad de fibra.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

Las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones definen al concreto (RNE E.060.2020) como una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

2.2.2. Componentes

2.2.2.1. Cemento portland

Según el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General (aprobado por Decreto Supremo N°001-2022PRODUCE) el cemento portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más, de lo siguiente: agua, sulfato de calcio, hasta un 5% de piedra caliza y adiciones de procesamiento. (3.18, NTP 334.001:2019).

Tabla 1 *Tipos de cemento hidráulico*

Cementos Hidráulicos	Tipo	Denominación
Cementos Portland	Tipo I	Cemento Portland de uso general
	Tipo II	Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos
	Tipo III	Cemento Portland de alta resistencia inicial
	Tipo IV	Cemento Portland de bajo calor de hidratación
	Tipo V	Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos
Cementos hidráulicos adicionados	Tipo IS	Cemento Portland con escoria de alto horno
	Tipo IP	Cemento Portland puzolánico
	Tipo I (PM)	Cemento Portland puzolánico modificado
	Tipo IL	Cemento Portland caliza
	Tipo IT	Cemento adicionado ternario
Cementos hidráulicos especificado por desempeño	Tipo ICo	Cemento Portland compuesto
	Tipo GU	Cemento Hidráulico de uso general
	Tipo HE	Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial
	Tipo MS	Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos
	Tipo HS	Cemento Hidráulico de alta resistencia a los sulfatos
	Tipo MH	Cemento Hidráulico de moderado calor de hidratación
	Tipo LH	Cemento Hidráulico de bajo calor de hidratación

Fuente: Reglamento técnico sobre cemento hidráulico utilizado en edificaciones y construcciones en general.

2.2.2.2. Agregados

Las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en el apartado de normas estructurales (E.060) tiene una definición general de los agregados considerándolos como material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

Agregado fino

La norma NTP 400.011.2020 lo definió como agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). Además, debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 400.037.2021.

Según la norma NTP 400.037.2021 el agregado fino deberá cumplir con la siguiente distribución granulométrica.

Tabla 2 *Granulometría del agregado fino*

Malla	Abertura (mm)	% Que pasa		
3/8"	9.50	100	-	100
N°4	4.75	95	-	100
N°8	2.36	80	-	100
N°16	1.18	50	-	85
N°30	0.60	25	-	60
N°50	0.30	5	-	30
N°100	0.15	0	-	10
N°200	0.075	0	-	3(A, B)

A: Para concreto no sujeto a la abrasión, el límite para el material más fino que el tamiz 75 μm (No. 200) debe ser máximo 5 %.

B: Para agregado fino manufacturado, si el material más fino que el tamiz 75 μm (No. 200) consiste en polvo de trituración, libre de arcilla o esquistos, este límite debe ser máximo 5 % para concreto sujeto a la abrasión y máximo 7% para concreto no sujeto a la abrasión.

Fuente: NTP 400.037.2021

Se debe tener en cuenta que el agregado fino no debe tener más del 45 % entre dos mallas consecutivas y su módulo de finura no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la norma NTP 400.013.

Agregado grueso

La norma NTP 400.011.2020 lo definió como agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. Además, debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 400.037.2021.

2.2.3. Propiedades del concreto

2.2.3.1. Propiedades del concreto fresco

Trabajabilidad

Según Riva (2014), la trabajabilidad se define como la facilidad con la cual una cantidad específica de materiales puede amalgamarse para constituir el concreto, permitiendo posteriormente su manipulación, transporte y colocación en condiciones específicas de obra con un esfuerzo mínimo y una homogeneidad máxima.

Consistencia

Según Riva (2014), la propiedad de consistencia del concreto se refiere a la humedad de la mezcla, determinada por su grado de fluidez. Esto implica que cuanto más húmeda sea la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. Es importante destacar que la consistencia está vinculada, aunque no es sinónimo, de la trabajabilidad. Por ejemplo, una mezcla altamente trabajable para pavimentos puede tener una consistencia considerable, mientras que una mezcla menos trabajable en estructuras con una alta concentración de acero puede tener una consistencia más plástica.

En nuestro país, nos regimos por la norma técnica NTP 339.035.2015, que establece un ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland. Este ensayo proporciona una aproximación numérica a las propiedades de trabajabilidad y consistencia, aunque de manera limitada, ya que se trata más de una prueba de uniformidad que de trabajabilidad.

2.2.3.2. Propiedades del concreto endurecido

Resistencia a compresión

Según Neville (2013), la resistencia a compresión es una medida de la calidad del concreto y depende de varios factores, como la relación agua/cemento, el tipo de cemento, la granulometría de los agregados y las condiciones de curado. De manera similar, Mehta y Monteiro (2014) explican que esta resistencia se utiliza como el principal parámetro para el diseño estructural, dado que el concreto es más eficiente bajo cargas de compresión que de tracción.

Resistencia a flexión

Según Neville (2013), esta propiedad refleja la tenacidad del concreto y su comportamiento ante la formación y propagación de fisuras. Aunque el concreto tiene una resistencia relativamente baja a la tracción directa, su resistencia a flexión resulta útil para el diseño de pavimentos, losas y elementos no reforzados, donde se requiere un buen comportamiento ante cargas distribuidas. Por su parte, Mehta y Monteiro (2014) destacan que

la resistencia a flexión depende de la homogeneidad del concreto, el tamaño de los agregados, el tipo de refuerzo (si lo hay) y las condiciones de curado.

2.2.4. Fibra de vidrio

Según la PCA (2016), la fibra de vidrio se obtiene al solidificar vidrio fundido que se hace pasar por una pieza con pequeños orificios llamada espinerette, lo que permite formar filamentos delgados. Estas fibras presentan la flexibilidad necesaria para ser utilizadas en diversas aplicaciones.

2.2.4.1. Características y propiedades

Resistencia: La fibra de vidrio es conocida por su gran resistencia mecánica, tanto a la tracción como a la flexión, lo que la hace ideal para aplicaciones que requieren alta durabilidad.

Ligereza: Es un material relativamente ligero, lo que facilita su manipulación y transporte.

Aislamiento: La fibra de vidrio es un buen aislante térmico y eléctrico, lo que la convierte en un material útil en la construcción y la industria.

Impermeabilidad: Es resistente a la corrosión y no se degrada fácilmente con el agua, lo que la hace ideal para aplicaciones en exteriores.

Versatilidad: Puede ser fabricada en diferentes formas, como mallas, tejidos, tubos o varillas, lo que la hace adaptable a diversas aplicaciones.

Incombustibilidad: La fibra de vidrio no es inflamable, lo que la hace segura para usar en ambientes donde la seguridad contra incendios es crucial.

2.2.4.2. Fibra de vidrio tipo E

De acuerdo con el ACI 544.1R (2002), las fibras de vidrio se emplean en diversos campos como la construcción, la fabricación de componentes automotrices, artículos deportivos y en la elaboración de plásticos reforzados con fibra de vidrio.

Tabla 3 *Propiedades mecánicas de fibra de vidrio tipo E*

Propiedades	Vidrio E
Densidad (g/cm ³)	2.6
Resistencia a la tensión (Mpa)	3400
Módulo de elasticidad (Gpa)	72
Resistencia a la ruptura (%)	4.5

Fuente: Abrigo 2018

2.2.5. Ensayos para obtener propiedades físicas de los agregados

Tabla 4 Ensayos básicos para obtener propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Ítem	Ensayo	Norma técnica peruana
1	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso	NTP 400.012.2021
2	Determinación del contenido de humedad	NTP 339.185.2021
3	Determinación de peso unitario suelto y compactado	NTP 400.017.2020
4	Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N.º 200)	NTP 400.018.2020
5	Peso específico y absorción del agregado grueso.	NTP 400.021.2020
6	Peso específico y absorción del agregado fino.	NTP 400.022.2021

2.2.5.1. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso

Muestras

Agregado fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.

Agregado grueso y global: La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla.

Tabla 5 Cantidad mínima de la muestra para agregado grueso

TMN* mm (pulg)	Muestra mínima kg(lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)

Fuente: NTP 400.012 2021

*Tamaño máximo nominal

Procedimiento

Secado de la muestra

- ✓ Secar la muestra de agregado en un horno hasta alcanzar peso constante.
- ✓ Mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el secado.

Selección de tamices

- ✓ Elegir una serie de tamices normalizados que cubran completamente el rango de tamaños de la muestra a ensayar.
- ✓ Asegurarse de que los tamices seleccionados cumplan con los requisitos de las especificaciones del material.

Tamizado

- ✓ Colocar los tamices en orden decreciente de abertura, con una bandeja de fondo.
- ✓ Verter la muestra seca sobre el tamiz superior.
- ✓ Realizar el tamizado manual o mecánicamente, evitando sobrecargar el material sobre cada tamiz para asegurar una separación efectiva.

Pesado del material retenido

- ✓ Determinar y registrar la masa del material retenido en cada tamiz y en la bandeja inferior.
- ✓ Verificar que la masa total después del tamizado no difiera en más del 0.3% respecto a la masa seca inicial. En caso contrario, los resultados no deben utilizarse con fines de aceptación.

Cálculos

Porcentajes

- ✓ Calcular el porcentaje retenido en cada tamiz en relación a la masa seca total de la muestra.
- ✓ Calcular el porcentaje acumulado retenido y el porcentaje que pasa por cada tamiz.
- ✓ Redondear todos los resultados al 0.1% más cercano.

Módulo de fineza

- ✓ Sumar los porcentajes acumulados retenidos en los siguientes tamices:
- ✓ N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8 (2.36 mm), N° 4 (4.75 mm),
- ✓ 3/8" (9.5 mm), 3/4" (19.0 mm), 1 1/2" (37.5 mm), y tamices mayores en progresión 2:1.
- ✓ Dividir la suma total entre 100 para obtener el módulo de fineza.

2.2.5.2. Determinación del contenido de humedad

Esta NTP 339.185 establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

Tabla 6 *Tamaño de la muestra del agregado*

TMN* mm (pulg)	Muestra mínima kg
4.75 (N°4)	0.5
9,5 (3/8)	1.5
12,5 (1/2)	2.0
19,0 (3/4)	3.0

Fuente: NTP 339.185

*Tamaño máximo nominal

Procedimiento

- ✓ Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %
- ✓ Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ✓ La muestra estará suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0,1 % de pérdida adicional de masa.

Cálculos

Calcular el contenido total de humedad evaporable utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra, expresado en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original (en gramos).

D = Masa de la muestra seca (en gramos).

2.2.5.3. Determinación de peso unitario suelto y compactado

El tamaño de la muestra será aproximadamente de 125 % a 200 % la cantidad requerida para llenar el recipiente, y será manipulada de manera de evitar la segregación. Secar la muestra de agregado esencialmente a masa constante, preferiblemente en una estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento para peso unitario suelto

- ✓ Colocar el recipiente metálico sobre una superficie firme y nivelada.
- ✓ Llenar el recipiente con el agregado utilizando un cucharón, desde una altura no mayor de 5 cm, hasta que el material rebose ligeramente.
- ✓ Evitar sacudidas o compactación del agregado durante el llenado.
- ✓ Nivelar la superficie superior del agregado utilizando una varilla recta o regla metálica, sin aplicar presión.
- ✓ Determinar la masa del recipiente lleno y la masa del recipiente vacío por separado, con una precisión de $\pm 0,05\text{ kg}$.

- ✓ Registrar ambos valores para el cálculo posterior del peso unitario suelto.

Procedimiento peso unitario compactado

- ✓ Colocar el recipiente metálico sobre una superficie firme y nivelada.
- ✓ Llenar el recipiente aproximadamente hasta 1/3 de su volumen total.
- ✓ Compactar esta primera capa aplicando 25 golpes con la varilla, distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- ✓ Importante: No golpear el fondo del recipiente al compactar la primera capa.
- ✓ Llenar hasta 2/3 del volumen y repetir el proceso de compactación con otros 25 golpes.
- ✓ Finalmente, llenar el recipiente hasta que rebose el agregado.
- ✓ Compactar nuevamente con 25 golpes, atravesando únicamente la capa correspondiente.
- ✓ Nivelar la superficie del agregado compactado con una varilla recta, sin presionar.
- ✓ Determinar la masa del recipiente con el agregado compactado y la masa del recipiente vacío, con precisión de $\pm 0,05$ kg.
- ✓ Registrar los valores obtenidos para el cálculo del peso unitario compactado.

Cálculos

La densidad de masa obtenida corresponde al agregado en condición secada en estufa.

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

Donde:

M = Densidad de masa del agregado (kg/m^3)

G = Masa del recipiente con agregado (kg)

T = Masa del recipiente vacío (kg)

V = Volumen del recipiente (m^3)

2.2.5.1. Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (n.º 200)

Procedimiento: Ensayo de lavado sobre el tamiz N.º 200

- ✓ Secar la muestra de ensayo en horno a $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$, hasta alcanzar peso constante.
- ✓ Determinar la masa seca inicial de la muestra (P1), con una precisión de 0,1 %.
- ✓ Colocar la muestra en un recipiente y añadir agua limpia suficiente para cubrir el material completamente.

- ✓ Agitar vigorosamente la muestra para separar las partículas finas (menores a 75 µm) de las gruesas y llevarlas a suspensión.
- ✓ Verter la suspensión sobre un sistema de tamizado húmedo, colocando el tamiz N.º 200 (75 µm) al final de la serie.
- ✓ Repetir hasta que el agua de lavado salga clara.
- ✓ Lavar con chorro de agua todo el material retenido en los tamices para asegurar la recuperación total.
- ✓ Secar el material retenido en horno a 110 °C ± 5 °C hasta alcanzar peso constante.
- ✓ Determinar la masa seca final de la muestra después del lavado (P2), con precisión de 0,1 %.

Cálculo

$$A = (P1 - P2) \times 100 / P1$$

Donde:

A = Porcentaje de material más fino que pasa el tamiz N.º 200 por lavado.

P1 = Masa seca inicial de la muestra (g).

P2 = Masa seca de la muestra luego del lavado (g).

2.2.5.2. Peso específico y absorción del agregado grueso

Tabla 7 Masa mínima de muestra de ensayo

TMN* mm (pulg)	Muestra mínima kg(lb)
12,5 (1/2)	2(4.4)
19,0 (3/4)	3(6.6)
25,0 (1)	4(8.8)

Fuente: NTP 400.019

*Tamaño máximo nominal

Procedimiento

- ✓ Secar la muestra en horno a 110 °C ± 5 °C hasta masa constante.
- ✓ Enfriar entre 1 a 3 horas a temperatura ambiente.
- ✓ Sumergir la muestra en agua por 24 h ± 4 h a temperatura ambiente.
- ✓ Retirar la muestra del agua y secar superficialmente con ayuda de una máquina secadora, hasta eliminar el exceso de humedad superficial (condición SSD).
- ✓ Pesar la muestra en condición SSD (masa en aire).
- ✓ Sumergir inmediatamente la muestra en agua a 23 °C ± 2 °C y determinar su masa sumergida (aparente).

- ✓ Secar nuevamente la muestra en horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante y pesarla (masa seca, OD).

Cálculos

Densidad Relativa (gravedad específica) (OD)= $A/(B-C)$

Densidad Relativa (gravedad específica) (SSD) = $B/(B-C)$

Densidad Relativa aparente (gravedad específica aparente) = $A/(A - C)$

Absorción, % = $[(B - A)/A] \times 100$

Donde:

A = Peso de la muestra secada al horno en aire (g).

B = Peso de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire (g).

C = Peso aparente de la muestra de ensayo saturada en agua (g).

2.2.5.3. Determinación peso específico y absorción del agregado fino

Procedimiento:

- ✓ Reducir la muestra por cuarteo, luego lavar para eliminar impurezas y secar en estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante.
- ✓ Sumergir la muestra en agua a temperatura ambiente durante 24 horas \pm 4 horas.
- ✓ Eliminar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos.
- ✓ Extender la muestra sobre una superficie lisa y secar al ambiente, removiéndola para lograr un secado uniforme.
- ✓ Verificar el estado superficialmente seco (SSD) con el ensayo del molde cónico:
 - Llenar el molde con el agregado en tres capas.
 - Aplicar 25 golpes suaves con la varilla por capa.
 - Retirar el molde verticalmente.
 - Si el cono colapsa parcialmente o totalmente, el agregado ha alcanzado la condición SSD; si no, seguir secando y repitiendo hasta lograrlo.
- ✓ Pesar 500 g de la muestra SSD e introducirla en un frasco volumétrico de 500 cm³.
- ✓ Llenar el frasco con agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por etapas, eliminando burbujas de aire mediante rotación manual o agitación mecánica.
- ✓ Una vez libre de burbujas, llenar hasta la marca del frasco y registrar la masa total (frasco + muestra + agua).
- ✓ Vaciar el contenido, extraer el agregado y secar en estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante.

- ✓ Enfriar la muestra a temperatura ambiente durante 30 a 90 minutos, luego registrar la masa seca final.

Cálculos

Densidad Relativa (gravedad específica) (OD)=A/(B+S-C)

Densidad Relativa (gravedad específica) (SSD) =S/(B+S-C)

Densidad Relativa aparente (gravedad específica aparente) = A/(B+A - C)

Absorción % = [(S - A)/A] x 100

Donde:

A= Peso de la muestra seca al horno, g

B= masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g

C= masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g

S= masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción con ambos procedimientos) g

2.2.6. Ensayos realizados al concreto en estado fresco y endurecido

Tabla 8 Ensayos realizados al concreto

Ítem	Ensayo	Norma Técnica Peruana
1	Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams	NTP 339.035.2015
2	Practica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.	NTP 339.183.2021
3	Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.	NTP 339.034.2021
4	Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas	NTP 339.079.2023

2.2.6.1. Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams

Procedimiento

Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana

Se llena el molde vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde.

Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa.

Luego del llenado y compactado se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.

Se mide inmediatamente el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

2.2.6.2. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto

Norma Técnica Aplicada: NTP 339.034

Equipos y Materiales Utilizados

- ✓ Máquina de compresión.
- ✓ Placas de apoyo de neopreno.
- ✓ Probetas cilíndricas de concreto de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Procedimiento

- ✓ Preparación de la muestra: Verificar que las probetas hayan sido curadas adecuadamente y estén limpias y secas antes del ensayo.
- ✓ Configuración del equipo: Ajustar la máquina de ensayo según las especificaciones técnicas, verificando la alineación de los platos y el correcto funcionamiento del sistema de carga.
- ✓ Colocación de la muestra: Ubicar la probeta centrada entre las placas de apoyo, utilizando neopreno si se requiere para distribuir uniformemente la carga.
- ✓ Aplicación de la carga: Iniciar la carga de manera continua y sin impactos, con una velocidad constante de aplicación conforme a la norma.
- ✓ Registro de resultados: Anotar la carga máxima soportada por la muestra antes de su falla, para luego calcular la resistencia a la compresión.

Cálculo

$$f'c = P/A$$

Donde:

$f'c$ = Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto (kg/cm²)

P = Carga de rotura (kg)

A = Área promedio de la probeta (cm²)

2.2.6.3. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto

Norma Técnica Aplicada: NTP 339.078

Equipos y Materiales Utilizados

- ✓ Máquina de ensayo
- ✓ Probetas prismáticas de concreto (normalmente de 15 cm × 15 cm × 50 cm).

- ✓ Adaptador especial para ensayo de flexión (utilizado por el laboratorio LABSUC), el cual se acopla a la máquina de compresión y cumple con los requisitos establecidos en la norma.

Figura 1 Adaptador para ensayos de flexión



Procedimiento

- ✓ Preparación de la muestra: Verificar que las probetas cumplan con el tiempo de curado requerido y que no presenten fisuras visibles u otros defectos.
- ✓ Configuración del equipo: Instalar el adaptador en la máquina de compresión, asegurando su correcta alineación y ajuste según el método de flexión (tercio o centro).
- ✓ Colocación de la muestra: Posicionar la probeta en el adaptador, garantizando que los apoyos estén correctamente ubicados y nivelados.

- ✓ Aplicación de la carga: Aplicar la carga de forma continua, uniforme y controlada, con una frecuencia reducida para evitar impactos y cumplir con las condiciones de la norma.
- ✓ Registro de resultados: Registrar la carga máxima alcanzada al momento de la rotura de la probeta, para calcular la resistencia a la flexión del concreto.

Cálculo

$$M_r = (P \cdot L) / (b \cdot d^2)$$

Donde:

M_r = Módulo de rotura, (kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada (kg)

L = Longitud entre apoyos (cm)

b = Ancho promedio de la muestra (cm)

d = Altura promedio de la muestra (cm)

2.2.7. Diseño de mezclas método módulo de fineza de la combinación de agregados

El Método del Módulo de Fineza para el Diseño de Mezclas de Concreto es una técnica que se basa en la proporción de los agregados finos y gruesos según sus módulos de fineza. El módulo de fineza es una medida de la distribución del tamaño de las partículas en un agregado y se calcula como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en los tamices estándar dividida por 100.

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$$

Dónde:

m_c = 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 del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

En este método, se asigna un módulo de fineza objetivo para la mezcla de concreto, y la proporción de los agregados finos y gruesos se ajusta para lograr ese módulo de fineza deseado. Los Pasos típicos en el Método del Módulo de Fineza para el diseño de mezclas de concreto son:

1. Determinación del módulo de fineza deseado (MF): se establece un módulo de fineza objetivo basado en los requisitos de diseño y las propiedades deseadas del concreto.
2. Cálculo del módulo de fineza de los agregados disponibles: Se calcula el módulo de fineza para los agregados finos y gruesos que se utilizarán en la mezcla.
3. Ajuste de la proporción de agregados: Se ajusta la proporción de agregados finos y gruesos para lograr el módulo de fineza deseado. Este ajuste puede lograrse variando las cantidades de arena y grava en la mezcla.

2.2.7.1. Resistencia requerida

Para comenzar con el diseño de mezcla se debe calcular la resistencia requerida, existen muchos criterios, la Norma E.060-2020, Cuando una instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos de resistencia en obra para el cálculo de f'_{cr} debe determinarse de:

Tabla 9 Resistencia promedio a la compresión requerida

Resistencia específica a la compresión (mpa)	Resistencia promedio requerida a la compresión (mpa)
Menor de f'_{c} 21	$f'_{cr}=f'_{c}+7.0$
f'_{c} 21 a f'_{c} 35	$f'_{cr}=f'_{c}+8.5$
Mayor de f'_{c} 35	$f'_{cr}=1.1f'_{c}+5.0$

Fuente: Norma E.060-2020

2.2.7.2. Tamaño máximo nominal

La NTP 400.011.2020 define al tamaño máximo (TM) al que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso, así mismo el tamaño máximo nominal (TMN) corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre el 5% y 10%.

Por lo tanto, esta información se obtiene del estudio granulométrico, dicho dato nos ayudara a calcular mediante tablas relaciones con otras propiedades del concreto.

2.2.7.3. Consistencia y trabajabilidad de la mezcla

Se elige una consistencia y trabajabilidad según la tabla, esperando que con ensayos posteriores (NTP 339.035.2015) se pueda comprobar estas propiedades del concreto fresco.

Tabla 10 Consistencia, asentamiento y trabajabilidad

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	$\geq 5"$	Muy Trabajable

Fuente: Diseño De Mezclas – Riva López (2014)

2.2.7.4. Volumen unitario del agua y volumen de aire

Riva (2014) nos proporciona una tabla que nos permitirá encontrar el volumen de agua por metro cúbico y el volumen de aire, teniendo en cuenta el asentamiento y si la mezcla tendrá o no aire incorporado.

Tabla 11 *Requerimientos de agua en l/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada*

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso								
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
Sin incorporado	aire	0" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
		3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
		> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
		Contenido de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con incorporado	aire	0" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
		3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
		> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
		Contenido de aire total (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Diseño De Mezclas – Riva López (2014)

2.2.7.5. Relación agua cemento

La relación agua cemento nos permite calcular el factor cemento de la mezcla, cabe decir que esta relación se verá alterado más adelante cuando se incorpore al diseño de mezcla los criterios de humedad y absorción de los agregados.

La relación agua cemento se elegirá por el criterio de resistencia o por criterio de durabilidad (condiciones específicas de exposición), se elige siempre el menor factor, para este caso Riva (2010) nos proporciona una tabla en la relación a/c por resistencia.

Cabe mencionar que existen otras tablas propuestas por el comité de ACI 211, pero esta añade una condición más que es el TMN.

Tabla 12 *Relación agua / cemento por resistencia*

RC a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado		
f'cr	3/8	3/4	1 1/2
140	087	085	080
175	079	076	071
210	072	069	064
245	066	062	058
280	061	058	053
315	057	053	049
350	053	049	045

2.2.7.6. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias. observamos los módulos de finura de la combinación de agregados.

Tabla 13 *Módulo de finura de la combinación de agregados*

TMN agregado grueso	Módulo de finura de la combinación de los agregados para los contenidos de cemento en saco / m3 indicados.			
	6	7	8	9
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.89
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: Diseño De Mezclas – Riva López (2014)

CAPITULO III: Materiales y métodos

3.1. Hipótesis

La adición de la fibra de vidrio del 1% y 2% con respecto al peso de concreto mejora en un 10% y 5% la resistencia a compresión y flexión en concretos $f'c=210$ kg/cm² elaborado con agregados de la cantera Olano.

3.2. Definición de variables

3.2.1. *Variable dependiente*

- ✓ Resistencia a compresión del concreto.
- ✓ Resistencia a flexión del concreto.

3.2.2. *Variable Independiente*

- ✓ Adición de fibras de vidrio.

3.3. Metodología de la investigación

3.3.1. *Tipo de investigación*

La investigación es aplicada, descriptiva correlacional y de corte transversal.

3.3.2. *Tipo de análisis*

El tipo de análisis utilizado fue comparativo.

3.3.3. *Diseño de la investigación.*

El presente estudio adopta un diseño de investigación experimental, ya que se manipulan de manera controlada las variables independientes, la dosificación de fibra de vidrio (1% y 2% respecto al peso del cemento), con el fin de observar su efecto en las variables dependientes: la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, trabajabilidad y peso unitario del concreto.

Se elaboraron especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto con una resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm², utilizando agregados provenientes de la cantera Olano, ubicada en la ciudad de Jaén – Cajamarca. Estos especímenes fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado, permitiendo así recolectar datos comparativos entre el concreto patrón (sin fibra) y los concretos modificados con fibra de vidrio. El estudio se enmarca dentro de la normativa técnica vigente en el Perú y sigue una metodología cuantitativa, evaluando los efectos de la incorporación de fibra a través de pruebas normalizadas.

3.4. Población y muestra de estudio

La población en estudio abarca todas probetas de concreto con una resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm², que pueden ser analizadas en cuanto a su resistencia la compresión y a la flexión, utilizando agregados provenientes de la cantera Olano y fibras de vidrio.

La muestra está conformada por 90 especímenes (45 cilíndricos y 45 prismáticos) de concreto, elaborados con medidas estándar para realizar ensayos de compresión y flexión. Estos especímenes fueron distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 14 *Ensayos realizados*

Dosificación		Patron	Con fibra de vidrio tipo E	
		Sin fibra	1% de fibra	2% de fibra
Resistencia a la compresión	7 días	05	05	05
	14 días	05	05	05
	28 días	05	05	05
Sub total de muestras para ensayos de resistencia a la compresión				45
Resistencia a la flexión	7 días	05	05	05
	14 días	05	05	05
	28 días	05	05	05
Sub total de muestras para ensayos de resistencia a la flexión				45
Total general de muestras				90

3.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis serán las muestras individuales de concreto elaboradas con agregados de la cantera Olano.

3.6. Técnicas e instrumentos y recolección de datos

La recolección de datos se basó en tres técnicas principales: revisión documental, observación directa y realización de ensayos técnicos. La revisión documental comprendió el análisis de literatura especializada, así como de normativas nacionales e internacionales pertinentes, con el propósito de sustentar teóricamente el estudio. La observación directa permitió registrar de forma sistemática aspectos relevantes del objeto de análisis en su contexto real. Finalmente, se realizaron ensayos de resistencia a compresión y a la flexión, siguiendo los procedimientos estandarizados, con el fin de obtener datos objetivos y verificables. Estas técnicas se complementaron entre sí para asegurar la validez y confiabilidad de la información recopilada.

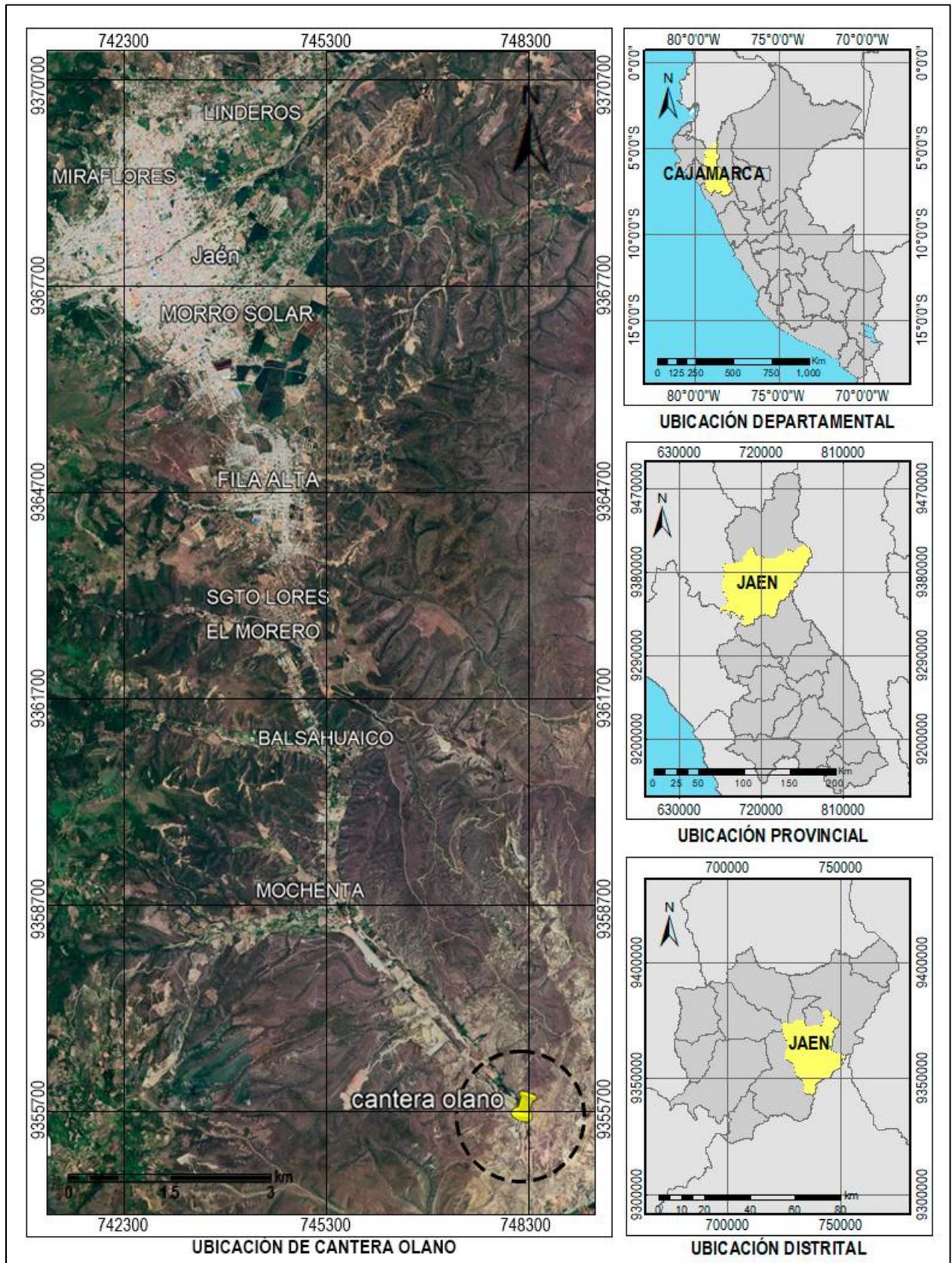
3.7. Análisis e interpretación de resultados

El análisis de los resultados obtenidos se llevará a cabo mediante la tabulación de los datos recopilados en los ensayos de laboratorio, los cuales serán presentados de manera visual a través de cuadros de doble entrada, gráficos y análisis detallados.

3.8. Cantera Olano

La cantera Olano, se encuentran ubicadas en la carretera Jaén – Chamaya. El clima de Jaén es cálido, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. Con una temperatura promedio de 30° C. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS84; 17M ESTE: 748276.00 y NORTE: 9355642.00.

Imagen 1 Ubicación de cantera Olano



3.9. Componentes utilizados en los concretos

3.9.1. Cemento

El cemento utilizado es Pacasmayo Portland del Tipo I, denominado también portland normal, con peso específico de 3,15 gr/cm³

3.9.2. Agua

El agua utilizada provino de la red de abastecimiento del comité de agua de morro solar parte baja.

3.9.3. Agregados

El agregado fino y agregado grueso se extrajeron del centro de acopio de materiales de La cantera Olano

3.9.4. Aire Atrapado

Según la tabla N°11, el aire atrapado en el concreto depende del tamaño máximo del agregado.

Tamaño máximo nominal de agregado grueso de la Cantera Olano es 3/4", le corresponde aproximadamente un 2% de aire atrapado por unidad cúbica de concreto.

3.10. Método del módulo de fineza de la combinación de agregados de mezclas de concreto.

El procedimiento utilizado para determinar las proporciones del concreto se basó en el método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.

Inicialmente, se preparó una mezcla de prueba y, posteriormente, se elaboró una mezcla de ajuste con el fin de afinar las proporciones.

Los pasos seguidos para establecer la dosificación de los componentes del concreto, conforme a este método, fueron los siguientes:

- 1) Selección la resistencia promedio (f'_{cr}) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada (f'_c), debido a que se desconoce el valor de la desviación estándar se utilizó el rango de f'_{cr} del E.060. tabla N°9
- 2) El tamaño máximo nominal del agregado grueso de la cantera Olano, según granulométrica son de 3/4".
- 3) La consistencia de mezcla que se eligió fue plástica para tener una buena trabajabilidad. tabla N°10
- 4) Determinamos el volumen de agua de mezclado mediante la tabla N°11
- 5) Determinamos el porcentaje de aire atrapado mediante la tabla N°11 que para los dos casos es de 2%.

- 6) Mediante interpolación de datos de la tabla N°12, se obtuvo la relación de agua-cemento (a/c).
- 7) El factor cemento se calcula por la relación de a/c y el volumen de agua.
- 8) Determinamos el volumen absoluto del cemento dividiendo el factor cemento entre peso específico del cemento (3.15 gr/cm³).
- 9) Determinamos el volumen de la pasta que es igual al volumen del cemento, el agua y el aire atrapado.
- 10) Calculamos el volumen absoluto de los agregados como la resta de un metro cubico menos el volumen de la pasta.
- 11) Calculamos la incidencia de agregado fino y grueso mediante la tabla N°13
- 12) Calculamos pesos secos de los agregados, multiplicando el volumen por sus pesos específicos.
- 13) Realizamos corrección por humedad, multiplicando los pesos secos de los agregados por su porcentaje de humedad.
- 14) Calculamos el agua efectiva que se obtiene al encontrar si los agregados aportaran o no agua a la mezcla en su estado húmedo, esto se calculó mediante la resta de humedad por absorción, si el resultado es negativo significa que los agregados no aportaran nada a la mezcla así que se suma este monto, si es el caso contrario, se resta el monto al agua de mezcla.
- 15) Ya obtenido los pesos húmedos de los agregados y el agua efectiva se puede presentar en proporciones de peso y/o volumen.

3.11. Procedimiento para la elaboración de la mezcla de prueba.

Para la mezcla de prueba solamente se consideró la realización de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el que define la resistencia especificada (210 Kg/m²).

Los pesos de los materiales húmedos por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba para la cantera Olano, según diseño respectivo (Anexo 7.3) fueron los siguientes:

- Cemento 389.60 kg/m³
- Agregado fino 919.40 kg/m³
- Agregado grueso 873.60 kg/m³
- Agua 214.60 lt/m³

Con los pesos de los materiales húmedos, se procedió a determinar la cantidad de material en volumen a ser empleado para realizar la mezcla de prueba. Como se consideró

realizar tres (03) especímenes cilíndricos de concreto, se tomó el volumen de un espécimen, de acuerdo al molde metálico usado para su elaboración; el cual tiene un diámetro aproximado de 15 cm, con una altura aproximada de 30 cm, siendo su volumen de 0.005301 m³

Para la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto se necesitó un volumen de 0.015904 m³. Considerando los desperdicios de mezclado y otros, se aumentó el volumen en un 25 %, teniendo un volumen final 0.020 m³.

Siendo los pesos de los materiales para los tres (03) especímenes cilíndricos de concreto (Vol. Tanda= 0.020 m³)

- Cemento 7.40 kg/tanda
- Agregado fino 18.40 kg/tanda
- Agregado grueso 17.50 kg/tanda
- Agua 4.30 lt/tanda

3.12. Procedimiento para la elaboración de ajuste de la mezcla

- ✓ El asentamiento o slump en la tanda de prueba fue de 9.15 cm (trabajable 3''-4'').
- ✓ Las características que presentaron los especímenes de prueba son aceptables, se mantendrán las proporciones originales.

CAPITULO IV: Análisis y discusión de resultados

4.1. Análisis de los agregados de la cantera Olano

4.1.1. Granulométrica

Agregado fino

Según la información presentada en la Tabla 15 y la Figura 2 (Anexo 7.1.1), la distribución granulométrica del agregado fino se encuentra en su mayor parte dentro de los límites establecidos por la NTP 400.037, lo que indica que cumple con los requisitos normativos para su uso en concreto. El módulo de finura obtenido es de 2.98, valor que se ubica dentro del intervalo permitido de 2.3 a 3.1, lo que confirma que el agregado fino es bien graduado.

Agregado grueso

De acuerdo con la Tabla 16 y la Figura 3 (Anexo 7.1.1), la distribución granulométrica del agregado grueso corresponde al huso 6 y cumple con los parámetros especificados por la N.T.P. 400.037. El módulo de finura es 6.96 y presenta un TMN de 3/4, lo que clasifica al material como bien graduado.

4.1.2. Contenido de humedad

Según las Tablas 17 y 18 (Anexo 7.1.2), el contenido de humedad del agregado fino es de 2.28 % y el del agregado grueso es de 0.52 %. De acuerdo con la norma ASTM C70 (2021), los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos permitidos, que son de 2 % a 6 % para el agregado fino y de 0.5 % a 2 % para el agregado grueso, cumpliendo con los requisitos establecidos por la normativa vigente.

4.1.3. Peso unitario de los agregados

Según las Tablas 19, 20, 21 y 22 (Anexo 7.1.3), se obtuvieron los resultados del peso unitario suelto y compactado para los agregados fino y grueso. El peso unitario suelto del agregado fino es de 1753.3 kg/m³, superior al del agregado grueso, que es de 1394.5 kg/m³, lo que indica una mayor capacidad del agregado fino para reducir vacíos y acomodarse mejor. Asimismo, el peso unitario compactado del agregado fino es de 1868.6 kg/m³, mientras que el del agregado grueso es de 1571.1 kg/m³, lo que reafirma la mayor densidad relativa del agregado fino.

4.1.4. Porcentaje que pasa por la malla N°200

Según la Tabla 23 (Anexo 7.1.4), el agregado fino presenta un 1.48 % de partículas que pasan por el tamiz N.º 200, valor que se encuentra dentro del límite máximo permitido de 5 %, según la norma ASTM C136 (2021). De igual forma, la Tabla 24 indica que el agregado grueso

tiene un 0.60 % de partículas que atraviesan el tamiz N.º 200, cumpliendo con el límite establecido de 1 % por la misma norma.

4.1.5. *Peso específico de masa (densidad) y absorción*

Según las Tablas 25 y 26 (Anexos 7.1.5 y 7.1.6), los resultados de la densidad relativa en estado seco al aire (OD) y en estado saturado y seco en superficie (SSD) para los agregados son los siguientes: para el agregado grueso, la densidad relativa OD es de 2.64 g/cm³ y la SSD de 2.67 g/cm³; para el agregado fino, la OD es de 2.48 g/cm³ y la SSD de 2.54 g/cm³. Estos valores se encuentran dentro del rango establecido por la norma ASTM C128 (2021), que exige valores entre 2.40 y 2.90 g/cm³ para agregados finos y gruesos.

Asimismo, los resultados indican una humedad libre positiva en ambos agregados, con porcentajes de absorción de 1.32 % para el agregado grueso y 2.57 % para el agregado fino, lo que implica que ambos materiales aportarán agua adicional a la mezcla. Este factor debe ser considerado en el diseño de mezclas, realizando los ajustes necesarios en el contenido total de agua, de acuerdo con las recomendaciones del ACI Committee 211 (2018).

4.2. *Diseño de mezcla*

Una vez determinadas las propiedades físicas de los agregados en laboratorio, se procedió a realizar el diseño de mezcla utilizando el método del “módulo de fineza combinado de los agregados”, con el objetivo de obtener un concreto con una resistencia especificada de $f'c$ 210 kg/cm².

El Anexo 7.2.1 presenta los cálculos de los materiales por metro cúbico del concreto patrón, mientras que la Tabla 27 muestra los diferentes porcentajes de fibra de vidrio incorporados y sus respectivos pesos por metro cúbico. La dosificación por bolsa de cemento incluye 108.1 kg de agregado fino, 92.2 kg de agregado grueso y 24.7 litros de agua, lo que genera una relación agua/cemento aproximado de 0.58. Esta mezcla es adecuada para concretos de resistencia media, ofreciendo buena trabajabilidad y cohesión gracias a la mayor proporción de agregado fino. En conjunto, las proporciones son apropiadas para elementos estructurales convencionales, asegurando un desempeño equilibrado entre resistencia y facilidad de colocación.

4.3. *Análisis de la trabajabilidad de la mezcla de concreto*

En la Tabla 29 (Anexo 7.3) se presentan los resultados del ensayo de asentamiento por tandas. El concreto patrón registró un promedio de 8.5 cm (3.4”), mientras que las mezclas con 1 % y 2 % de fibra de vidrio presentaron asentamientos de 7.1 cm (2.8”) y 6.5 cm (2.6”), respectivamente. La mezcla fue diseñada con una consistencia plástica, correspondiente a un rango de 3” a 4” de asentamiento.

Como se observa en la Tabla 28, el incremento en el contenido de fibra de vidrio disminuye el asentamiento, lo que refleja una menor fluidez y trabajabilidad del concreto conforme aumenta la dosificación de fibra.

Estos resultados coinciden con los hallazgos de Pajares (2024), quien también reportó una reducción progresiva del asentamiento con el aumento del contenido de fibra de vidrio. En su estudio, el concreto patrón y el concreto con 0.2 % de fibra mantuvieron una buena trabajabilidad (asentamiento entre 3” y 4”), mientras que con 0.4 %, 0.6 % y 0.8 % de fibra, el asentamiento se redujo a 0”–2”, indicando una mezcla significativamente menos trabajable. Ambos estudios evidencian que la incorporación de fibras afecta negativamente la trabajabilidad del concreto, aunque en este caso, con contenidos mayores (1 % y 2 %), la mezcla aún mantiene una consistencia aceptable.

4.4. Análisis de la resistencia a compresión

Concreto Patrón

En las Tablas 30, 31 y 32 (Anexo 7.4) se presentan los valores promedio de resistencia a compresión del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días, obteniéndose 164.5 kg/cm², 193.24 kg/cm² y 231.87 kg/cm², respectivamente. A los 28 días, el concreto patrón superó la resistencia de diseño de f'_c 210 kg/cm², evidenciando un desarrollo adecuado de resistencia. Como se muestra en la Tabla 39, la resistencia incrementó progresivamente con el tiempo, conforme al proceso de hidratación y endurecimiento del concreto, alcanzando satisfactoriamente el valor requerido.

Concreto con 1% de fibra de vidrio

En las Tablas 33, 34 y 35 (Anexo 7.4) se presentan los valores promedio de resistencia a compresión del concreto con 1% de fibra de vidrio a los 7, 14 y 28 días, obteniéndose 177.98 kg/cm², 202.01 kg/cm² y 247.04 kg/cm², respectivamente. A los 28 días, esta mezcla superó la resistencia de diseño de f'_c 210 kg/cm², demostrando un desempeño favorable. Tal como se muestra en la Tabla 39, la resistencia aumentó progresivamente con el tiempo, en concordancia con el proceso normal de hidratación y ganancia de resistencia del concreto, alcanzando y superando el valor especificado.

Concreto con 2% de fibra de vidrio

En las Tablas 36, 37 y 38 (Anexo 7.4) se muestran los valores promedio de resistencia a compresión del concreto con 2% de fibra de vidrio a los 7, 14 y 28 días, con resultados de 15.86 kg/cm², 183.58 kg/cm² y 206.13 kg/cm², respectivamente. Si bien se evidenció un incremento progresivo en la resistencia con el tiempo, como se observa en la Tabla 39, el valor

a los 28 días no alcanzó la resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm², indicando que esta dosificación no fue suficiente para cumplir con los requisitos estructurales establecidos.

Comparación de resultados

De la tabla 40 y 41 se observa que el concreto patrón superó la resistencia de diseño de 210 kg/cm² a los 28 días, alcanzando un excedente del 10.4%. En cuanto al concreto con 1% de fibra de vidrio, presentó incrementos en su resistencia de 8.19%, 4.54% y 6.55% a los 7, 14 y 28 días, respectivamente con respecto al concreto patrón, logrando una mejora del 17.6% en la resistencia final en comparación la resistencia de diseño. En contraste, el concreto con 2% de fibra de vidrio mostró una disminución en la resistencia a lo largo del tiempo, con reducciones del 6.47%, 5.00% y 11.10% en las mismas edades con respecto al concreto patrón, no alcanzó la resistencia de diseño a los 28 días, quedando 1.8% por debajo. Esto indica que una cantidad excesiva de fibra afecta negativamente la cohesión de la mezcla, reduciendo su capacidad resistente.

Esta tendencia es coherente con los resultados reportados por Pajares (2024), quien también observó que el concreto patrón superó la resistencia de diseño establecida. En cuanto a la adición de fibra de vidrio, Pajares encontró que las mezclas con 0.2% y 0.4% de fibra mejoraron la resistencia, mientras que con 0.6% y 0.8% la resistencia fue inferior a la requerida, quedando por debajo de los 280 kg/cm² en 15.48 y 36.11 kg/cm², respectivamente. Esta coincidencia refleja que existe un umbral óptimo en la adición de fibra de vidrio, más allá del cual la mezcla pierde trabajabilidad y compactación adecuada, lo que afecta negativamente su capacidad resistente.

4.5. Análisis de la resistencia a flexión

El análisis de los resultados de resistencia a flexión del concreto, presentados en las Tablas 42, 43 y 44 (Anexo 7.5), evidencia un comportamiento claramente influenciado por la presencia y proporción de fibra de vidrio en la mezcla. El concreto patrón mostró un incremento progresivo en su módulo de rotura, alcanzando 19.1 kg/cm², 29.2 kg/cm² y 33.0 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, respectivamente, lo que refleja un desarrollo adecuado y constante de la resistencia a medida que avanza el proceso de hidratación y fraguado del concreto.

Por otro lado, el concreto con 1% de fibra de vidrio presentó una mejora significativa en la resistencia a la flexión con respecto al patrón, registrando módulos de rotura de 23.9 kg/cm², 34.1 kg/cm² y 39.7 kg/cm² a los mismos intervalos de tiempo. Según la Tabla 46, esto representa incrementos del 25.26%, 16.84% y 20.45%, respectivamente. Este comportamiento indica que la incorporación moderada de fibra de vidrio contribuye favorablemente al control

de fisuras y a la distribución de esfuerzos dentro de la matriz del concreto, mejorando su capacidad de resistir cargas flexionales, especialmente en edades más avanzadas.

En contraste, el concreto con 2% de fibra de vidrio mostró un rendimiento inferior tanto frente al concreto patrón como al concreto con 1% de fibra. Sus módulos de rotura fueron de 18.1 kg/cm², 27.4 kg/cm² y 30.9 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, lo cual representa disminuciones del 4.93%, 6.23% y 6.31% con respecto al patrón. Este descenso en la resistencia puede atribuirse a una saturación de fibras que interfiere con la adecuada compactación y cohesión de la mezcla, lo que afecta negativamente su integridad estructural y, por ende, su desempeño mecánico.

En conjunto, estos resultados demuestran que existe un umbral óptimo en el contenido de fibra de vidrio para mejorar la resistencia a flexión del concreto. Mientras que una dosificación moderada (1%) incrementa notablemente la resistencia, una dosificación excesiva (2%) puede generar efectos contraproducentes, reafirmando la necesidad de un equilibrio adecuado entre refuerzo y trabajabilidad en el diseño de mezclas

4.6. Contrastación de hipótesis

Los resultados obtenidos confirman parcialmente la hipótesis planteada. La adición del 1% de fibra de vidrio mejoró significativamente la resistencia a compresión y flexión del concreto, superando incluso el incremento esperado del 10%. Sin embargo, la dosificación del 2% no logró mejorar las resistencias, presentando valores inferiores tanto en compresión como en flexión respecto al concreto patrón

CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- ✓ Los agregados de la cantera Olano cumplen con las normas técnicas para su uso en concreto. El agregado fino presentó un módulo de finura de 2.98 y un contenido de humedad de 2.28 %, mientras que el agregado grueso tuvo un módulo de finura de 6.96 y humedad de 0.52 %, ambos dentro de los rangos permitidos. El peso unitario compactado fue de 1868.6 kg/m³ para el agregado fino y 1571.1 kg/m³ para el grueso, mostrando buena densidad. El porcentaje que pasa por la malla N.º 200 fue de 1.48 % para el fino y 0.60 % para el grueso, cumpliendo con los límites normativos. En cuanto a la densidad, el agregado grueso tuvo una densidad relativa SSD de 2.67 g/cm³ y el fino de 2.54 g/cm³, con absorciones de 1.32 % y 2.57 % respectivamente, indicando humedad libre positiva. En general, los agregados de la cantera Olano son adecuados para su uso en concreto, sin embargo, la granulometría del agregado fino presenta una ligera desviación en un tramo de la curva, fuera de los límites establecidos por la NTP 400.037, lo que podría afectar levemente la trabajabilidad o cohesión de la mezcla si no se corrige o controla adecuadamente.
- ✓ Se diseñó una mezcla de concreto con una resistencia especificada de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, empleando el método del módulo de fineza combinado. La dosificación por bolsa de cemento fue de 108.1 kg de agregado fino, 92.2 kg de agregado grueso y 24.7 litros de agua, con una relación agua/cemento de 0.58. La mezcla presentó buena trabajabilidad, sin necesidad de ajustes durante su preparación. Las probetas patrón alcanzaron una resistencia promedio de 231.87 kg/cm², superando el valor objetivo, lo que confirma la efectividad del diseño para aplicaciones estructurales convencionales.
- ✓ El aumento en la dosificación de fibra de vidrio reduce el asentamiento del concreto, reflejando una pérdida progresiva de fluidez y trabajabilidad. Las mezclas con 1% y 2% de fibra de vidrio no cumplieron con el rango de consistencia plástica establecido (3" a 4"), lo que indica que una mayor proporción de fibra compromete la trabajabilidad del concreto, pese a mantenerse aún en condiciones manejables.
- ✓ El concreto con 1 % de fibra de vidrio alcanzó una resistencia a compresión de 247.04 kg/cm² a los 28 días, superando en 6.55 % al concreto patrón (231.87 kg/cm²) y en 17.6 % a la resistencia de diseño (210 kg/cm²). En contraste, la mezcla con 2 % de fibra no logró cumplir con la resistencia requerida, mostrando una disminución del 11.10 % respecto al concreto patrón, posiblemente debido a una pérdida de cohesión y dificultad de compactación causada por el exceso de fibra. Estos resultados difieren de los obtenidos

por Pajares (2024), quien también utilizó el método del módulo de fineza de los agregados, pero partió de una mezcla patrón de mayor resistencia (293.39 kg/cm^2) para un $f'c$ de 280 kg/cm^2 . Esta mayor resistencia base pudo haber permitido una mejor incorporación de la fibra sin comprometer la trabajabilidad. Además, se empleó menores porcentajes de fibra (0.2 % a 0.8 %), con los que se obtuvo un incremento sostenido de la resistencia hasta cierto punto, sin afectar negativamente la mezcla. En resumen, las diferencias entre ambos estudios se deben principalmente a la resistencia inicial del concreto patrón y al porcentaje de fibra utilizado, variables que influyen directamente en el desempeño final del concreto reforzado.

- ✓ El presente estudio evidenció que el uso del 1 % de fibra de vidrio mejora significativamente la resistencia a flexión del concreto, con un incremento del 20.45 % respecto al concreto patrón a los 28 días. Aunque con un 2 % de fibra se observó una reducción en el desempeño flexional, estos resultados son coherentes con los obtenidos por Pajares (2024), quien también reportó un comportamiento positivo de la fibra de vidrio en porcentajes moderados. En su caso, utilizó proporciones de 0.2 % a 0.8 %, logrando aumentos progresivos en la resistencia a flexión de hasta 36.97 %. Ambos estudios coinciden en que la fibra de vidrio, en dosificaciones adecuadas, mejora la resistencia del concreto. La diferencia radica en que Pajares limitó sus porcentajes a niveles más bajos, evitando los efectos negativos que conlleva un exceso de fibra, como la pérdida de trabajabilidad o compactación. Por tanto, el comportamiento del 1 % de fibra es consistente entre ambas investigaciones, y los resultados varían solo cuando se excede una dosificación óptima, lo que refuerza la importancia de controlar la cantidad incorporada según el contexto del diseño de mezcla.
- ✓ Los resultados para este estudio muestran que existe un umbral óptimo de adición de fibra de vidrio. Una dosificación moderada (1%) mejora tanto la resistencia a compresión como a flexión sin comprometer la trabajabilidad, mientras que una dosificación mayor (2%) reduce el rendimiento mecánico y complica el manejo de la mezcla.
- ✓ La incorporación de fibra de vidrio en el concreto elaborado con agregados de la cantera Olano resulta beneficiosa solo cuando se emplea en una proporción del 1% respecto al peso del concreto. Esta dosificación mejora significativamente sus propiedades mecánicas, superando los valores de resistencia de diseño, sin afectar negativamente la trabajabilidad. En cambio, el uso del 2% de fibra resulta contraproducente, reduciendo la resistencia del concreto y dificultando su colocación. Por tanto, se recomienda el uso controlado y óptimo de la fibra de vidrio para mejorar el desempeño estructural del concreto.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda que futuras investigaciones consideren una ampliación en el rango de dosificaciones de fibra de vidrio, incluyendo porcentajes intermedios y superiores como 0.8%,0.9%,1.2% y 1.4%. Esto permitirá identificar con mayor precisión el umbral óptimo de adición que maximice las propiedades mecánicas sin comprometer la trabajabilidad ni la cohesión del concreto.
- ✓ Se recomienda que en futuros estudios la fibra de vidrio sea aplicada de forma externa sobre las probetas, adaptándose a su geometría (cilíndrica o prismática), en lugar de ser incorporada dentro de la mezcla. Esta configuración permitiría evaluar su comportamiento como refuerzo superficial y analizar de manera más específica su influencia en las propiedades mecánicas del concreto.
- ✓ Se sugiere evaluar el uso de aditivos plastificantes o superplastificantes en estudios posteriores o en aplicaciones prácticas, como una alternativa para mejorar la trabajabilidad del concreto reforzado con fibra de vidrio. La incorporación de estos aditivos permitiría compensar la reducción del asentamiento observada en mezclas con mayores porcentajes de fibra, sin afectar negativamente las propiedades mecánicas del material.

Referencias bibliográficas

- Alvarado T., Álvarez H., Pinzón G. y Becerra B. (2019). Fibra de vidrio y sus diferentes aplicaciones en el sector constructivo de la ingeniería civil. *L'esprit Ingenieux*, 10(1), 87-110.
- Amaya, S. y Ramirez, M. (2019). Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co>
- Amaya S., Ramirez M. (2019). Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras. (Tesis de titulación). Universidad Católica de Colombia.
- Castillo J. (2023). Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto estructural. (Tesis de titulación). Universidad Señor de Sipán.
- Castillo Merino, J. C. (2023). Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto estructural. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Pimentel. <https://orcid.org/0000-0002-2731-9578>
- Dehghan, A., Peterson, K. y Shvarzman, A. (2017). Adiciones de polímeros reforzados con fibra de vidrio reciclado al hormigón de cemento Portland. *Construction and Building Materials*, 146, 238-250.
- E.060 Concreto Armado. (2021). Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. Disponible en: http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.
- Huamán Quispe, A. (2015). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/633>
- Lascano, N. (2021). Diseño a flexión de elementos de hormigón reforzado con varillas corrugadas de fibra de vidrio. (Tesis de titulación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16610>
- Neville, A. M. (2013). *Propiedades del concreto* (5.ª ed.). Pearson Educación.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

- NTP 339.034 (2021). Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. <https://servicios.inacal.gob.pe>
- NTP 339.035 (2015). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. <https://servicios.inacal.gob.pe>
- NTP 339.046 (2019). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). <https://servicios.inacal.gob.pe>
- NTP 339.183 (2021). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26413>
- NTP 400.011 (2020). Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26422>
- NTP 400.012 (2021). Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/bibliotecadetalle.aspx?id=26423>
- NTP 400.017 (2020). Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22884>
- NTP 400.018 (2020). Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N.º 200) por lavado en agregados. Método de ensayo. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22884>
- NTP 400.019 (2020). Determinación de la resistencia la desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=21454>
- NTP 400.021 (2020). Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/bibliotecadetalle.aspx?id=26426>
- NTP 400.022 (2021). Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/bibliotecadetalle.aspx?id=26427>
- NTP 400.037 (2021). Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Edición. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/bibliotecadetalle.aspx?id=25099>

- Pajares Portal, A. P. (2024). 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 de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6549>
- Parashar, A. & Gupta, D. (2020). Investigación del efecto de las cenizas de bagazo, fibras de acero ganchudas y fibras de vidrio sobre las propiedades mecánicas del hormigón. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.10.711
- Portland Cement Association (2016). Diseño y control de mezclas de concreto.
- 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 titulación). Universidad Científica del Perú-UCP. <http://hdl.handle.net/20.500.14503/1324>
- Subandi, S., Yatnikasari, S., Damaiyanti, M., Azzahra, R. y Vebrian, V. (2019). Efecto de la fibra de vidrio adicional sobre el rendimiento del hormigón. <https://doi.org/10.18280/acsm.430502cional>. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6549>

Anexos

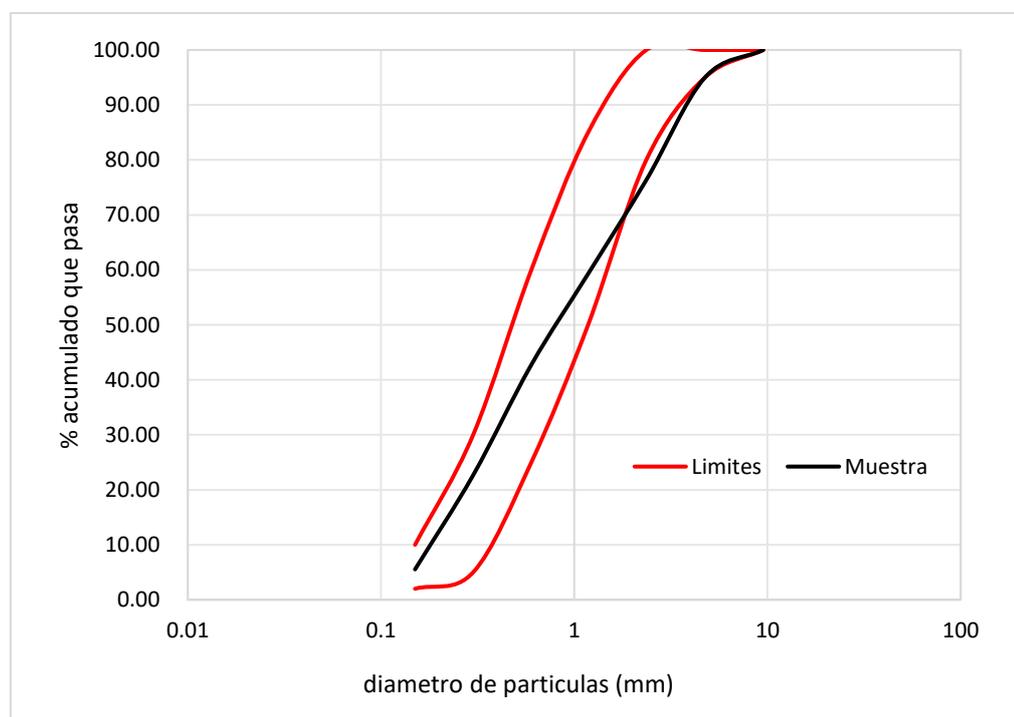
7.1. Ensayos realizados a agregados de la cantera Olano

7.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso

Tabla 15 Distribución granulométrica agregado fino de cantera Olano

Malla	Peso retenido (g)	% Parcial retenido	% Acumulad o retenido	% Acumulad o que pasa
3/8"				100.00%
N°4	68.5	5.00%	5.00%	95.00%
N°8	255.3	18.65%	23.66%	76.34%
N°16	233.5	17.06%	40.71%	59.29%
N°30	226.5	16.55%	57.26%	42.74%
N°50	274.7	20.07%	77.33%	22.67%
N°100	234.6	17.14%	94.47%	5.53%
N°200	45.6	3.33%	97.80%	2.20%
Cazoleta	30.1	2.20%	100.00%	0.00%
Muestra	1368.8			
MF	2.98			

Figura 2 Curva granulométrica agregado fino

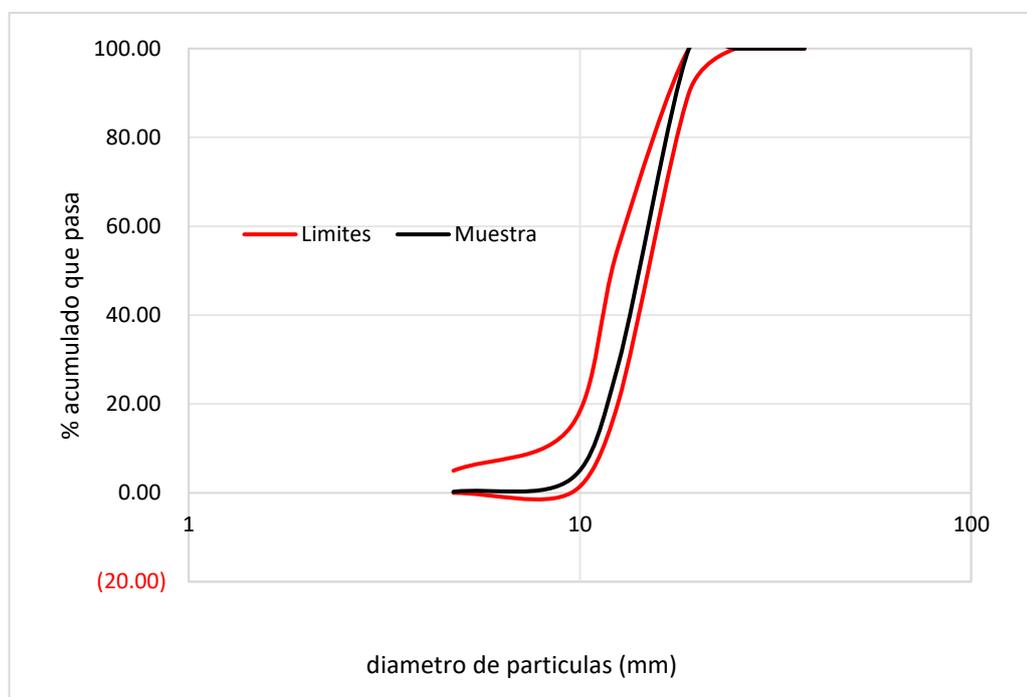


El gráfico evidencia que la distribución granulométrica de los agregados finos no cumple completamente con los requisitos establecidos en la NTP 400.037:2021. Por ello, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en el uso combinado de agregados provenientes de distintas canteras, con el fin de optimizar las propiedades del material.

Tabla 16 Distribución granulométrica agregado grueso

Huso 6				
Malla	Peso retenido (g)	% Parcial retenido	% Acumulado retenido	% Acumulado que pasa
1 1/2"	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	3545.0	71.52%	71.52%	28.48%
3/8"	1256.4	25.35%	96.86%	3.14%
N°4	143.4	2.89%	99.75%	0.25%
N°8	8.6	0.17%	99.93%	0.07%
N°16	0.1	0.00%	99.93%	0.07%
N°30	0.2	0.00%	99.93%	0.07%
N°50	0.1	0.00%	99.94%	0.06%
N°100	1.2	0.02%	99.96%	0.04%
N°200	1.0	0.02%	99.98%	0.02%
Fondo	1.0	0.02%	100.00%	0.00%
			%	
Muestra	4957.00			
MF	6.96			
TMN	3/4"			

Figura 3 Curva granulométrica agregado grueso de cantera Olano



7.1.2. Contenido de humedad

Tabla 17 Contenido de humedad de agregado fino

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	Peso del recipiente	g		136.6	136.6	136.6
2	Peso del recipiente + muestra húmeda	g		960.1	952.4	958.2
3	Peso del recipiente + muestra seca	g		944.7	933.1	938.0
Contenido de humedad			2.28%	1.91%	2.42%	2.52%

Tabla 18 Contenido de humedad de agregado grueso

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	Peso del recipiente	g		122.4	122.4	122.4
2	Peso del recipiente + muestra húmeda	g		1160.1	1154.2	1153.4
3	Peso del recipiente + muestra seca	g		1154.1	1149.3	1148.4
Contenido de humedad			0.52%	0.58%	0.48%	0.49%

7.1.3. Peso unitario suelto y compactado

Tabla 19 Peso unitario suelto agregado fino

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	Peso del recipiente	g		2335	2335	2335
2	Peso del recipiente + material suelto	g		7045	7052	7094
3	Peso del material suelto	g		4710	4717	4759
4	Volumen del recipiente	cm3		2697	2697	2697
Peso unitario suelto		kg/m3	1753.3	1746.4	1749.0	1764.6

Tabla 20 Peso unitario compactado agregado fino

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	Peso del recipiente	g		2335	2335	2335
2	Peso del recipiente + material compact.	g		7377	7368	7379
3	Peso del material compactado	g		5042	5033	5044
4	Volumen del recipiente	cm3		2697	2697	2697
Peso unitario compactado		kg/m3	1868.6	1869.5	1866.1	1870.2

Tabla 21 Peso unitario suelto agregado grueso

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	Peso del molde	g		5334	5334	5334
2	Peso del molde + material suelto	g		18285	18255	18235
3	Peso del material suelto	g		12951	12921	12901
4	Volumen del molde	cm3		9268	9268	9268
Peso unitario suelto		kg/m3	1394.5	1397.4	1394.2	1392.0

Tabla 22 *Peso unitario compactado agregado grueso*

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	Peso del molde	g		5334	5334	5334
2	Peso del molde + material compact.	g		19860	19855	19972
3	Peso del material compactado	g		14526	14521	14635
4	Volumen del molde	cm ³		9268	9268	9268
Peso unitario compactado		kg/m³	1571.1	1567.3	1566.8	1579.1

7.1.4. Materiales que pasan por el tamiz n.º 200**Tabla 23** *Material que pasa por tamiz nº200 en agregado fino*

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	Peso de tara	g		126.6	130.8	128.7
2	Peso de tara + muestra seca	g		856.7	812.5	834.6
3	Peso de tara + muestra lavada y seca	g		845.7	802.6	824.15
Material menor al tamiz nº200			1.48%	1.51%	1.45%	1.48%

Tabla 24 *Material que pasa por tamiz nº200 en agregado grueso*

Ítem	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2	M 3
1	peso de tara	g		140.6	138.6	139.6
2	peso de tara + muestra seca	g		1178.6	1184.6	1181.6
3	peso de tara + muestra lavada y seca	g		1172.4	1178.2	1175.3
Material menor al tamis nº200			0.60%	0.60%	0.61%	0.60%

7.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso**Tabla 25** *Densidad relativa y absorción de agregado grueso*

	Descripción	Und	Prom	M 1	M 2
A	Masa de la muestra secada en horno OD	g		3944	3958
B	Masa de la muestra al aire SSD	g		4001	4005
C	Masa de la muestra sumergida	g		2506	2502
	Densidad relativa (gravedad específica OD)	g/cm³	2.64	2.64	2.63
	Densidad relativa (gravedad específica SSD)	g/cm³	2.67	2.68	2.66
	Densidad relativa aparente (gravedad aparente)	g/cm³	2.73	2.74	2.72
	Absorción		1.32%	1.45%	1.19%

7.1.6. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino
NTP 400.022.2021

Tabla 26 Densidad relativa y absorción de agregado fino

Descripción	Und	Prom	M 1	M 2
A Masa de la muestra secada en horno OD	g		489	486
B Masa del picnómetro con agua hasta la marca	g		935	930.6
C Masa de picnómetro con agua + muestra SSD	g		1238	1233.7
S Masa de la muestra al aire SSD	g		500	500
Densidad relativa (gravedad específica OD)	g/cm3	2.48	2.48	2.47
Densidad relativa (gravedad específica SSD)	g/cm3	2.54	2.54	2.54
Densidad relativa aparente (gravedad aparente)	g/cm3	2.64	2.63	2.66
Absorción		2.57%	2.25%	2.88%

7.2. Diseño de mezcla y porcentaje de fibra de vidrio

7.2.1. Diseño de mezcla del concretos para la cantera Olano

Diseño de mezcla del concreto mediante el método del modulo de finura de la combinación de agregados			
CANTERA: Olano		FECHA:	Junio-24
AGREGADO FINO			
Modulo de Finura		2.98	
Contenido de humedad del agregado fino		2.28%	
Material mas fino que pasa por tamiz N°200		1.48%	
Densidad Relativa (Gravedad Especifica)		2.54	g/cm3
% de absorción		2.57%	
Peso unitario suelto		1753.3	Kg/m3
Peso unitario compactado		1868.6	Kg/m3
AGREGADO GRUESO			
Tamaño maximo nominal		3/4"	
Modulo de Finura		6.96	
Contenido de humedad del agregado fino		0.52%	
Material mas fino que pasa por tamiz N°200		0.60%	
Densidad Relativa (Gravedad Especifica)		2.67	g/cm3
% de absorción		1.32%	
Peso unitario suelto		1394.5	Kg/m3
Peso unitario compactado		1571.1	Kg/m3
CEMENTO			
Peso especifico		3.15	g/cm3
AGUA			
Agua potable de la red pública de la ciudad			
RESISTENCIA A COMPRESION			
Resistencia a compresión de diseño	f'c	210	kg/cm2
Resistencia promedio (E.060)	f'c	296.7	kg/cm2

Diseño de mezcla del concreto mediante el método del modulo de finura de la combinación de agregados			
CANTERA: Olano		FECHA:	Junio-24
Asentamiento (Plasticas-Trabajable)		3"-4"	
Volumen unitario de agua		205	L/m3
Aire atrapado		2.00%	
Agua/cemento por resistencia		0.556	
Factor cemento		369	kg/m3
		8.7	bol/m3
MÓDULO DE FINEZA DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
Módulo de fineza de combinación de agregados (m)		5.16	
Grado de incidencia de agregado grueso (rf)		0.45	
VOLUMEN ABSOLUTO			
Cemento		0.116	m3
Agua		0.205	m3
Aire		0.02	m3
Agregado fino		0.361	m3
Agregado grueso		0.298	m3
PESOS DE AGREGADOS SECOS			
Agregado fino		916.3	kg
Agregado grueso		795.7	kg
CORRECCION POR HUMEDAD DE AGREGADOS			
Agregado fino		937.2	kg
Agregado grueso		799.8	kg
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
Agregado fino		-2.6	L
Agregado grueso		-6.4	L
Agua efectiva		214.0	L
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M3			
Cemento		368.6	Kg
Agua		214.0	L
Aire		0.02	m3
Agregado fino		937.2	Kg
Agregado grueso		799.8	Kg
PROPORCIONES			
Proporciones por Peso			
	Cemento	1.0	kg
	Agregado fino	2.5	kg
	Agregado grueso	2.2	kg
	Agua	24.7	L/bolsa
Proporciones por bolsa			
	Cemento	1	bolsa
	Agregado fino	108.1	kg
	Agregado grueso	92.2	kg
	Agua	24.7	L/bolsa

Tabla 27 Cantidades de fibra de vidrio para concretos

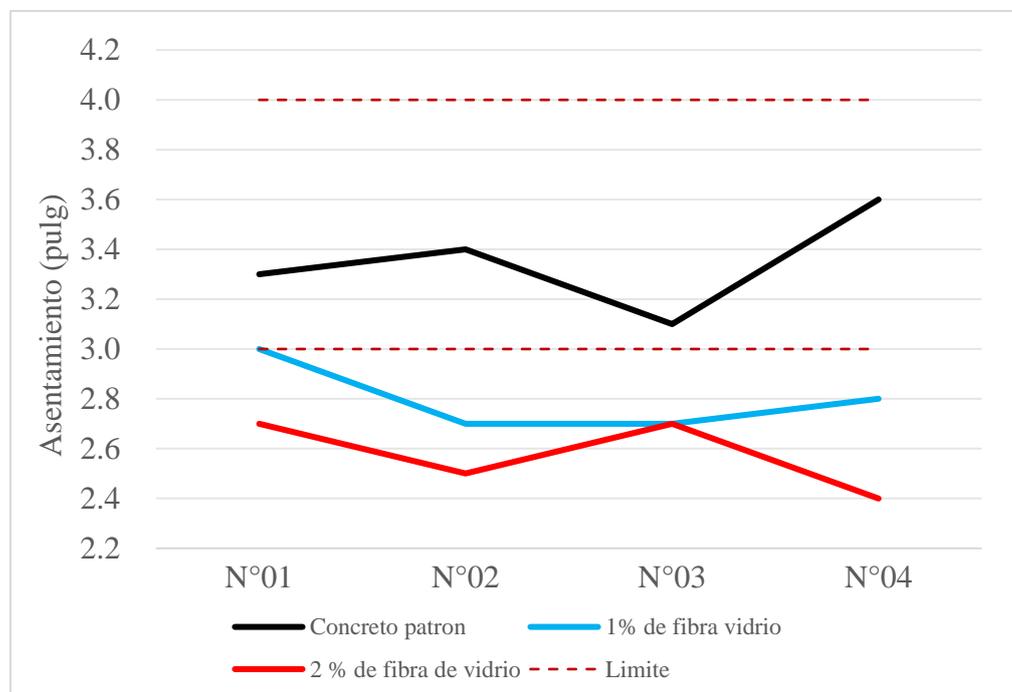
Tipo de concreto	Cantidad de fibra de vidrio	
	Por m3 (kg)	Por bolsa (kg)
Concreto con 1% de fibra de vidrio	3.7	0.43
Concreto con 2% de fibra de vidrio	7.4	0.85

7.3. Asentamiento del concreto

Tabla 28 Medición de asentamiento de concreto patrón

Tandas	Concreto Patrón		1% de fibra de vidrio		2 % de fibra de vidrio	
	Asentamiento		Asentamiento		Asentamiento	
	Pulg	cm	Pulg	cm	Pulg	cm
N°01	3.3	8.4	3.0	7.6	2.7	6.9
N°02	3.4	8.6	2.7	6.9	2.5	6.4
N°03	3.1	7.9	2.7	6.9	2.7	6.9
N°04	3.6	9.1	2.8	7.1	2.4	6.1
Promedio	3.4	8.5	2.8	7.1	2.6	6.5
Máximo	3.6	9.1	3.0	7.6	2.7	6.9
Mínimo	3.1	7.9	2.7	6.9	2.4	6.1

Tabla 29 Comparación de asentamientos



7.4. Ensayos a compresión del concreto

La NTP 339.034.2021 indica que para cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud en condiciones de laboratorio el coeficiente de variación (CV= desviación estándar(s)/promedio) no debe ser mayor que 2.40%.

Tabla 30 Resistencia a la compresión a los 07 días concreto patrón

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°01	7 días	Tipo-5	15	28510	161.33	150
N°02	7 días	Tipo-6	15	29000	164.11	150
N°03	7 días	Tipo-6	15	28410	160.77	150
N°04	7 días	Tipo-2	15	30020	169.88	150
N°05	7 días	Tipo-2	15	29410	166.43	150
Promedio					164.50	
S					3.76	
CV					2.29%	

Tabla 31 Resistencia a la compresión a los 14 días concreto patrón

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°06	14 días	Tipo-2	15	33620	190.25	170
N°07	14 días	Tipo-5	15	34100	192.97	170
N°08	14 días	Tipo-2	15	33950	192.12	170
N°09	14 días	Tipo-6	15	35000	198.06	170
N°10	14 días	Tipo-6	15	34070	192.80	170
Promedio					193.24	
S					2.90	
CV					1.50%	

Tabla 32 Resistencia a la compresión a los 28 días concreto patrón

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°11	28 días	Tipo-5	15	41200	233.14	210
N°12	28 días	Tipo-6	15	41180	233.03	210
N°13	28 días	Tipo-2	15	40870	231.28	210
N°14	28 días	Tipo-5	15	41600	235.41	210
N°15	28 días	Tipo-5	15	40020	226.47	210
Promedio					231.87	
S					3.36	
CV					1.45%	

Tabla 33 Resistencia a la compresión a los 07 días 1% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°16	7 días	Tipo-6	15	30950	175.14	150
N°17	7 días	Tipo-6	15	31060	175.76	150
N°18	7 días	Tipo-6	15	31700	179.39	150
N°19	7 días	Tipo-2	15	32010	181.14	150
N°20	7 días	Tipo-6	15	31540	178.48	150
Promedio					177.98	
S					2.50	
CV					1.41%	

Tabla 34 Resistencia a la compresión a los 14 días 1% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°21	14 días	Tipo-2	15	35450	200.61	170
N°22	14 días	Tipo-6	15	36200	204.85	170
N°23	14 días	Tipo-6	15	35810	202.64	170
N°24	14 días	Tipo-2	15	35020	198.17	170
N°25	14 días	Tipo-2	15	36010	203.77	170
Promedio					202.01	
S					2.66	
CV					1.32%	

Tabla 35 Resistencia a la compresión a los 28 días 1% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°26	28 días	Tipo-5	15	43600	246.73	210
N°27	28 días	Tipo-6	15	43180	244.35	210
N°28	28 días	Tipo-2	15	44100	249.55	210
N°29	28 días	Tipo-5	15	43520	246.27	210
N°30	28 días	Tipo-5	15	43880	248.31	210
Promedio					247.04	
S					1.99	
CV					0.81%	

Tabla 36 Resistencia a la compresión a los 07 días 2% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°31	7 días	Tipo-5	15	27150	153.64	150
N°32	7 días	Tipo-6	15	27600	156.18	150
N°33	7 días	Tipo-5	15	26950	152.51	150
N°34	7 días	Tipo-6	15	27000	152.79	150
N°35	7 días	Tipo-2	15	27250	154.20	150
Promedio					153.86	
S					1.462	
CV					0.95%	

Tabla 37 Resistencia a la compresión a los 14 días 2% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°36	14 días	Tipo-6	15	33260	188.21	170
N°37	14 días	Tipo-2	15	32150	181.93	170
N°38	14 días	Tipo-5	15	32740	185.27	170
N°39	14 días	Tipo-5	15	32050	181.37	170
N°40	14 días	Tipo-6	15	32010	181.14	170
Promedio					183.58	
S					3.08	
CV					1.68%	

Tabla 38 Resistencia a la compresión a los 28 días 2% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Falla de rotura	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	f'c real (kg/cm2)	f'c nominal (kg/cm2)
N°41	28 días	Tipo-2	15	36140	204.51	210
N°42	28 días	Tipo-2	15	37100	209.94	210
N°43	28 días	Tipo-5	15	36210	204.91	210
N°44	28 días	Tipo-6	15	35980	203.61	210
N°45	28 días	Tipo-6	15	36700	207.68	210
Promedio					206.13	
S					2.62	
CV					1.27%	

Tabla 39 Resistencias a diferentes edades de las probetas

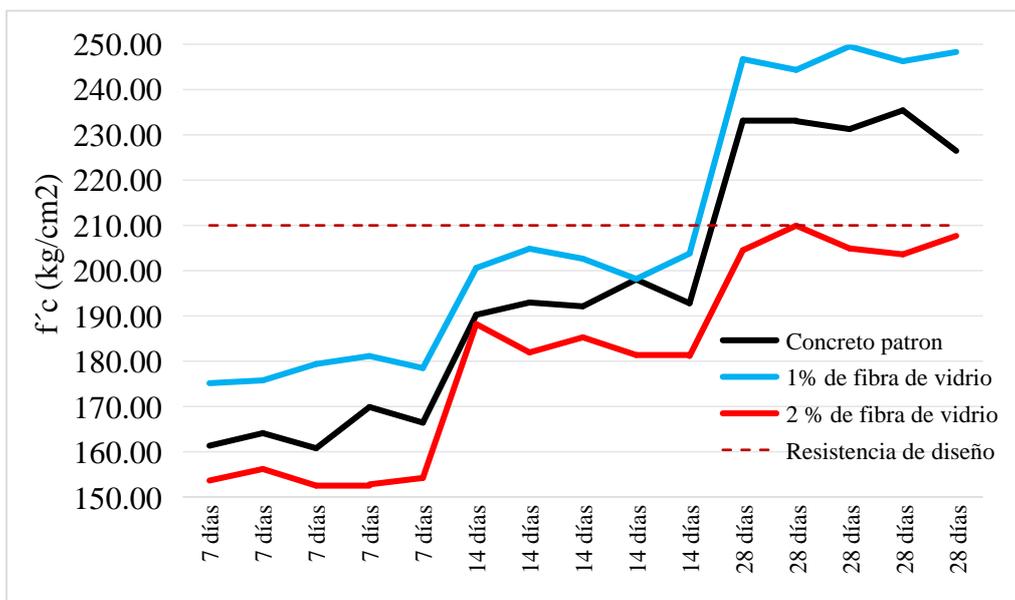


Tabla 40 Resistencia promedio de los diferentes concretos

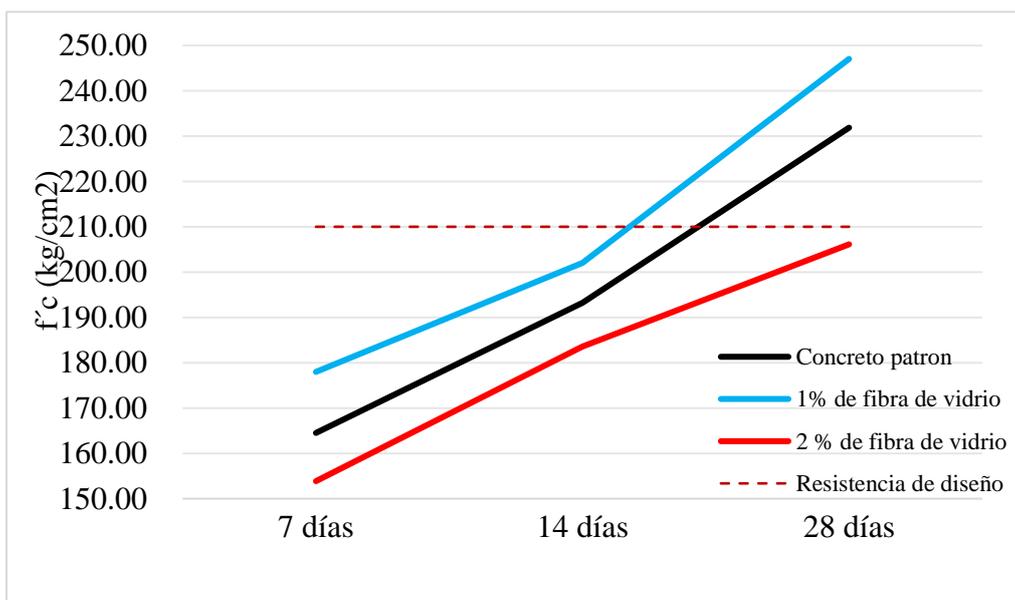


Tabla 41 Comparación de resistencia

% de comparación con respecto a la resistencia de diseño			
concreto patrón a los 28 días	10.4%		
1% de fibra de vidrio a los 28 días	17.6%		
2% de fibra de vidrio a los 28 días	-1.8%		
% de comparación con respecto al concreto patrón			
	7 días	14 días	28 días
1% de fibra de vidrio	8.19%	4.54%	6.55%
2% de fibra de vidrio	-6.47%	-5.00%	-11.10%

7.5. Ensayos a flexión del concreto

Tabla 42 Resistencia a la flexión de concreto patrón

Espécimen	Edad	Fuerza máxima kg	Modulo de rotura kg/cm2
N°01	7 días	1630	19.3
N°02	7 días	1650	19.6
N°03	7 días	1590	18.8
N°04	7 días	1600	19.0
N°05	7 días	1580	18.7
Prom		1610	19.1
N°06	14 días	2410	28.6
N°07	14 días	2480	29.4
N°08	14 días	2500	29.6
N°09	14 días	2430	28.8
N°10	14 días	2510	29.7
Prom		2466	29.2
N°11	28 días	2780	32.9
N°12	28 días	2790	33.1
N°13	28 días	2810	33.3
N°14	28 días	2760	32.7
N°15	28 días	2770	32.8
Prom		2782	33.0

Tabla 43 Resistencia a la flexión de concreto con 1% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Fuerza máxima kg	Modulo de rotura kg/cm2
N°16	7 días	1920	22.8
N°17	7 días	2030	24.1
N°18	7 días	1980	23.5
N°19	7 días	2050	24.3
N°20	7 días	2090	24.8
Prom		2014	23.9
N°21	14 días	2860	33.9
N°22	14 días	2940	33.4
N°23	14 días	2840	33.7
N°24	14 días	2970	35.2
N°25	14 días	2910	34.5
Prom		2904	34.1
N°26	28 días	3410	40.4
N°27	28 días	3350	39.7
N°28	28 días	3410	40.4
N°29	28 días	3300	39.1
N°30	28 días	3280	38.9
Prom		3350	39.7

Tabla 44 Resistencia a la flexión de concreto con 2% de fibra de vidrio

Espécimen	Edad	Fuerza máxima kg	Modulo de rotura kg/cm ²
N°16	7 días	1580	18.7
N°17	7 días	1490	17.7
N°18	7 días	1482	17.6
N°19	7 días	1530	18.1
N°20	7 días	1570	18.6
Prom		1530.4	18.1
N°21	14 días	2350	27.9
N°22	14 días	2300	27.3
N°23	14 días	2290	27.1
N°24	14 días	2360	28.0
N°25	14 días	2250	26.7
Prom		2310	27.4
N°26	28 días	2650	31.4
N°27	28 días	2580	30.6
N°28	28 días	2530	30.0
N°29	28 días	2610	30.9
N°30	28 días	2660	31.5
Prom		2606	30.9

Tabla 45 Modulo de rotura de las vigas

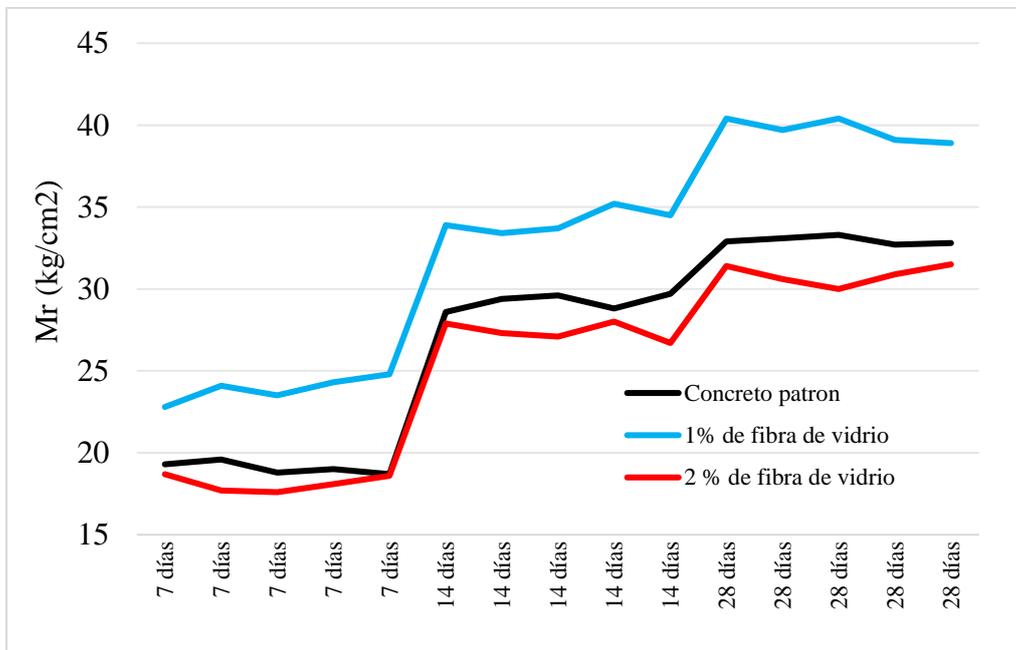


Tabla 46 Comparación de modulo de rotura con respecto al concreto patrón

	% de comparación con respecto al concreto patrón		
	7 días	14 días	28 días
1% de fibra de vidrio	25.26%	16.84%	20.45%
2% de fibra de vidrio	-4.93%	-6.23%	-6.31%

7.6. Panel fotográfico

Figura 4 Análisis granulométrico del agregado fino y grueso



Figura 5 Determinación del contenido de humedad



Figura 6 Determinación de peso unitario



Figura 7 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso y fino



Figura 8 Pesado de agregado fino para mezcla



Figura 9 Pesado de agregado grueso para mezcla



Figura 10 Preparación de fibra de vidrio tipo E



Figura 11 Preparación de mezcla de concreto



Figura 12 Añadiedo fibra de vidrio a la mezcla



Figura 13 Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams



Figura 14 *Elaboración de especímenes de concreto*



Figura 15 *Probetas de concreto*



Figura 16 Elaboración de vigas de concreto



Figura 17 Rotura de probetas a los 7 días 1% de fibra de vidrio



Figura 18 Rotura de probetas a los 7 días 2% de fibra de vidrio



Figura 19 Rotura de probetas a los 14 días concreto patrón



Figura 20 Rotura de probetas a los 14 días concreto con 1% de fibra de vidrio



Figura 21 Rotura de probetas a los 14 días concreto con 2% de fibra de vidrio



Figura 22 Rotura de probetas patrón a los 28 días



Figura 23 Rotura de probetas a los 28 días on 1% de fibra de vidrio



Figura 24 Rotura de probetas a los 28 días con 2% de fibra de vidrio



Figura 25 Rotura de vigas patron 7 dias



Figura 26 Rotura de vigas patron 14 dias



Figura 27 Rotura de vigas patron 28 dias



Figura 28 Rotura de vigas 1% de fibra de vidrio 7 dias



Figura 29 Rotura de vigas 1% de fibra de vidrio 14 dias



Figura 30 Rotura de vigas 1% de fibra de vidrio 28 dias



Figura 31 Rotura de vigas 2% de fibra de vidrio 7 dias



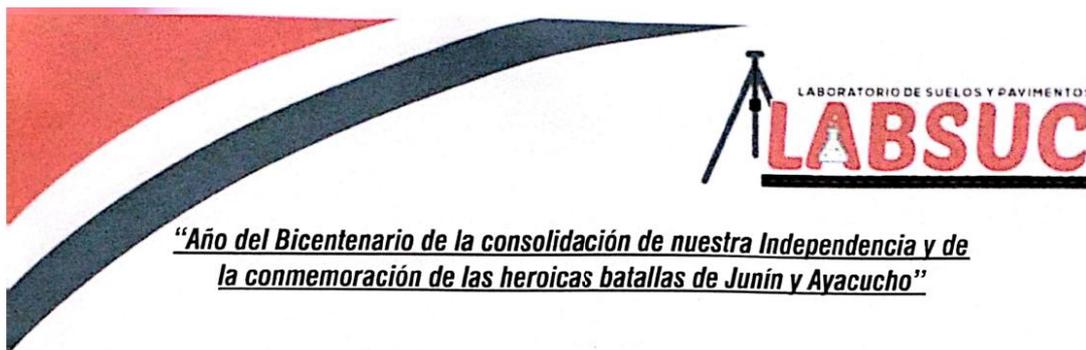
Figura 32 Rotura de vigas 2% de fibra de vidrio 14 dias



Figura 33 Rotura de vigas 2% de fibra de vidrio 28 dias



7.7. Certificado y otros documentos de laboratorio



“Año del Bicentenario de la consolidación de nuestra Independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

El que suscribe: **JHONATAN JOEL HERRERA BARAHONA**, gerente general de la empresa **LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC**, RUC: 20604546231, con laboratorio acreditado por INDECOPI con CERTIFICADO N°00116277 con la denominación “LABSUC laboratorio de suelos y pavimentos”.

CERTIFICA

Que el Bachiller: **MAGALY LOZADA CHAMAYA**, identificado con DNI N° 48111357, ha realizado en nuestra empresa sus ensayos de laboratorio de su tesis: **INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 ELABORADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA OLANO, EN LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA**; en el mes de Junio - 2024.

Demostrando durante la elaboración de sus ensayos, calidad de profesionalismo, ética profesional y dedicación en las labores encomendadas.

Se le expide el presente certificado, para los fines que la persona mencionada estime conveniente.

Jaén, Agosto del 2024

ATENTAMENTE

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jhonatan Joel Herrera Barahona
GERENTE GENERAL

HERRERA BARAHONA JHONATAN JOEL

DNI: 71238629

GERENTE GENERAL

☎ 975 421 091
☎ 912 493 920
f LABSUC
✉ labsuc_jaen@outlook.com

Calle La Colina 318 Jaén - Cajamarca

Escaneado con CamScanner