

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido  
en las propiedades mecánicas del concreto para  
pavimento rígido de los jirones Abancay y  
Santa Teresa, Andahuaylas, 2022**

Shirley Yudith Altamirano Balbin  
Jharif Rivas Gutierrez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**ASESOR**  
**Mg. MANUEL ISMAEL LAURENCIO LUNA**

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : FELIPE GUTARRA MEZA  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : MANUEL LAURENCIO LUNA  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 1 de Agosto de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "Influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en las propiedades mecánicas del concreto para pavimento rígido de los jirones Abancay y Santa Teresa, Andahuaylas, 2022", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Shirley Yudith Altamirano Balbin y Jharif Rivas Gutierrez, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20 ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Asesor de tesis

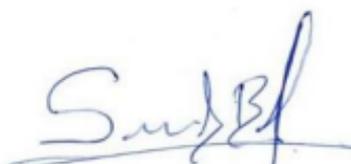
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Shirley Yudith Altamirano Balbin, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73188383, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "Influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en las propiedades mecánicas del concreto para pavimento rígido de los jirones Abancay y Santa Teresa, Andahuaylas, 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

01 de Agosto de 2023.



---

Shirley Yudith Altamirano Balbin

DNI. No. 73188383

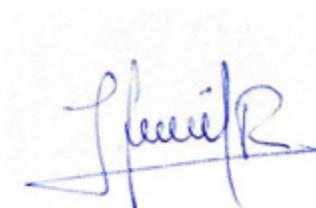
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jharif Rivas Gutierrez, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71830926, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "Influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en las propiedades mecánicas del concreto para pavimento rígido de los jirones Abancay y Santa Teresa, Andahuaylas, 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

01 de Agosto de 2023.



---

Jharif Rivas Gutierrez

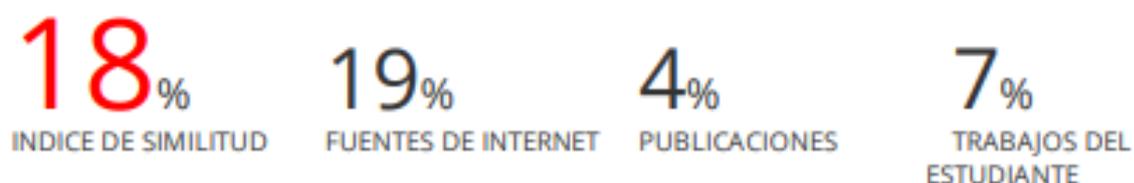
DNI. No. 71830926

## TESIS FINAL ALTAMIRANO Y RIVAS

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---



### FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.upla.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.repositorio.upla.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

---

10	DESSAU S&Z S.A.. "ITS del Proyecto Ampliación de la S.E.T. Castilla, Transformador 25-30/25-30/25-30 MVA ONAN/ONAF 60/22,9/10 kV y Celdas Asociadas, Distrito de Castilla, Provincia de Piura, Departamento de Piura-IGA0015626", R.D. N° 193-2021/GOBIERNO REGIONAL PIURA-420030-DR , 2022 Publicación	<1 %
11	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	1library.co Fuente de Internet	<1 %
13	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
14	Mónica Adriana Trezza, Viviana Fátima Rahhal. "Comportamiento del residuo de vidrio molido en cementos mezcla: Estudio comparativo con microsilice", Matéria (Rio de Janeiro), 2018 Publicación	<1 %
15	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Ricardo Palma	

	Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="https://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
22	<a href="https://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	ECO-TEC CONSULTORIA TECNOLOGICA Y AMBIENTAL E.I.R.L.. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Mejoramiento del Sistema de Almacenamiento Nocturno Miguel Grau de la Comunidad Campesina de Pallata, Distrito de Quilahuani - Candarave - Tacna- IGA0013797", R.D.G. N° 297-14-MINAGRI-DGAAA, 2021 Publicación	<1 %
24	<a href="https://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1 %

Trabajo del estudiante

---

26

[repositorio.uss.edu.pe](http://repositorio.uss.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

27

[repositorio.uancv.edu.pe](http://repositorio.uancv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

## AGRADECIMIENTO

A Dios y al señor de Qoyllurit'i, por haberme otorgado la salud y dirigido por el sendero correcto, quien guía el destino de mi vida a cumplir mis metas.

A mis familiares, por haberme forjado buenos valores en el proceso de mi vida profesional.

*Shirley*

A Dios, por tener una familia maravillosa.

A mi papá, Claudio, mi mamá, Cleofe, y mi hermano, Himmler, que hicieron todo lo posible para su apoyo incondicional y cumplir mis objetivos. A mi familia, por apoyarme en cada decisión y proyectos de mi vida y de esa manera culminar el desarrollo de mi investigación.

Puedo decir que no fue nada fácil el camino hasta ahora, agradecer a mi enamorada, por su amor, su inmenso cariño y bondad, también por su ayuda desinteresada, por lo complicado de cumplir esta meta, les agradezco a cada uno de ustedes, y hago presente mi gran afecto hacía todos mis familiares y amigos que me acompañan en mi día a día.

A la Universidad Continental, por haberme acogido y ayudado a realizar mis objetivos, y continuar mi camino profesional.

*Jharif*

## **DEDICATORIA**

A mi papito, Javier, quien fue la razón más importante para estudiar la profesión de Ingeniería Civil, una linda persona, responsable, trabajador y honesto, que me enseñó los valores y respeto, al apoyo incondicional que me dan día a día, escalando nuevos pasos en mi vida. Te quiero mucho papi, estoy muy feliz de ser tu hija.

A mi mamita, Marilú, una madre incondicional que me apoyó en todo momento, que nunca se descuidó de mí para seguir mis metas y encaminarme en desarrollar valores.

A mis abuelos y familiares, por sus buenos consejos, el amor que me dan constantemente y apoyo emocional.

*Shirley*

A Dios, por conceder la salud y estar siempre conmigo día a día en cada momento brindándome su bendición, cuidándome y dando fuerzas para persistir con mis objetivos.

A mis padres

Con todo el amor y cariño sincero a mis padres y hermanos, que me guiaron por un buen camino dándome fuerzas para seguir superándome en la vida, para continuar adelante y no decaer en las dificultades que aparezcan, guiándome por buen camino, mostrándome a enfrentar los infortunios que te da la vida y la manera de superarla para ser una persona con principios en la sociedad.

*Jharif*

## ÍNDICE

Asesor.....	ii
Agradecimiento.....	x
Dedicatoria.....	xi
Índice.....	xii
Índice de figuras.....	xviii
Índice de tablas.....	xx
Resumen.....	xxii
Abstract.....	xxiii
Introducción.....	xxiv
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>26</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>26</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	26
1.2. Problema general.....	28
1.2.1. Problemas específicos.....	28
1.3. Objetivos.....	29
1.3.1. Objetivo general.....	29
1.3.2. Objetivos específicos.....	29
1.4. Hipótesis.....	30
1.4.1. Hipótesis general.....	30
1.4.2. Hipótesis específicas.....	30
1.5. Descripción de variables.....	31
1.5.1. Variable independiente.....	31
1.5.2. Variable dependiente.....	31
1.6. Justificación de la investigación.....	31
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>33</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>33</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	33
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	33
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	35
2.2. Bases teóricas.....	37
2.2.1. Pavimento.....	37
2.2.2. Tipos de pavimentos.....	37
2.2.2.1. Pavimento flexible.....	37
2.2.2.2. Pavimento rígido.....	38

2.2.3. Generalidades del pavimento.....	39
2.2.3.1. Losa.....	39
2.2.3.2. Base y subbase.....	39
2.2.3.3. Subrasante.....	39
2.2.4. Principales componentes elementales del sistema del pavimento rígido.....	40
2.2.4.1. Juntas.....	40
2.2.4.2. Pasadores.....	40
2.2.4.3. Barras de unión.....	40
2.2.5. Diferencias entre pavimento rígido y flexible.....	41
2.2.6. Principales componentes estructurales para pavimento rígido.....	41
2.2.7. Diseño estructural de pavimentos urbanos.....	42
2.2.7.1. Diseño estructural.....	42
2.2.7.2. Especificaciones técnicas constructivas.....	42
2.2.8. Fibras de acero para refuerzo en pavimentos.....	42
2.2.9. Cargas para pavimentos rígidos.....	43
2.2.9.1. Cargas en pavimento.....	43
2.2.9.2. Cargas vehiculares.....	43
2.2.9.3. Cargas distribuidas.....	43
2.2.10. Juntas para pavimentos.....	43
2.2.10.1. Juntas de aislamiento.....	43
2.2.10.2. Juntas de construcción.....	43
2.2.10.3. Juntas de contracción.....	44
2.2.10.4. Juntas de dilatación.....	44
2.2.11. Concreto asfáltico.....	44
2.2.12. Losa de concreto de cemento Portland.....	44
2.2.13. Estabilización de suelos.....	44
2.2.13.1. Espesor de diseño.....	44
2.2.13.2. Juntas de control.....	44
2.2.14. Módulo de rotura (MR).....	44
2.2.15. Capacidad de la vía.....	45
2.2.16. Ensayos de laboratorio.....	45
2.2.17. Concreto.....	45
2.2.18. Componentes del concreto.....	45
2.2.18.1. Propiedades del concreto.....	45
2.2.19. Concreto reforzado con fibras.....	46
2.2.20. Clasificación de fibras.....	46
2.2.21. Fibra de acero.....	46

2.2.21.1. Tipos de fibras metálicas .....	47
2.2.21.2. Filamentos de fibras para el refuerzo del concreto .....	47
2.2.21.3. Fibras poliméricas.....	48
2.2.22. Usos de la fibra en el concreto .....	48
2.2.23. Ventajas del uso de la fibra en el concreto.....	48
2.2.24. Usos de la fibra en el concreto .....	49
2.2.24.1. Usos de fibra de acero.....	49
2.2.24.2. Clasificación de la fibra de acero .....	49
2.2.25. Características principales de la fibra de acero .....	49
2.2.26. Efectos de las fibras de acero en el concreto.....	49
2.2.27. Vidrio molido.....	49
2.2.27.1. Ventajas del vidrio molido reciclado al concreto.....	50
2.2.27.2. Reacción del vidrio en el concreto.....	50
2.2.27.3. Características de su proceso de fabricación del vidrio .....	50
2.2.27.4. Características de su visibilidad del vidrio .....	50
2.2.27.5. Características por su coloración del vidrio .....	50
2.2.27.6. Propiedades del vidrio.....	51
2.2.27.7. Reciclaje de vidrio .....	52
2.2.27.8. Vidrio molido.....	53
2.2.28. Cemento .....	53
2.2.29. Tipos de cemento .....	53
2.2.30. Agua.....	54
2.2.31. Agregado.....	54
2.2.31.1. Agregado fino o arena.....	54
2.2.31.2. Agregado grueso o piedra .....	55
2.2.32. Aditivos para concreto .....	56
2.2.33. Resistencia a compresión .....	56
2.2.34. Resistencia a flexión .....	56
2.2.34.1. Módulo de rotura.....	57
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>59</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>59</b>
3.1. Métodos y alcance de la investigación .....	59
3.1.1. Método de investigación.....	59
3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación.....	59
3.1.1.2. Método específico .....	59
3.1.2. Nivel de investigación.....	59
3.1.3. Tipo de investigación.....	60

3.2. Diseño de la investigación.....	60
3.3. Población y muestra .....	61
3.3.1. Población .....	61
3.3.2. Muestra .....	61
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
3.4.1. Instrumentos de recolección de datos .....	62
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>64</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>64</b>
4.1. Marco geográfico .....	64
4.1.1. Ubicación política .....	64
4.1.2. Ubicación geográfica .....	65
4.1.3. Delimitaciones .....	65
4.2. Accesibilidad .....	66
4.3. Información previa .....	66
4.3.1. Área vial no pavimentada .....	66
4.4. Programa de investigación .....	66
4.4.1. Estudio de cantera.....	66
4.4.1.1. Ubicación de la cantera.....	66
4.4.1.2. Coordenadas.....	66
4.4.2. Ensayo en los agregados .....	67
4.4.2.1. Ensayo de humedad natural .....	67
4.4.2.2. Gravedad específica y absorción de agregados finos.....	70
4.4.2.3. Gravedad específica y absorción de agregados grueso .....	72
4.4.2.4. Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados .....	75
4.4.2.5. Análisis granulométrico comparativo de agregados gruesos y finos ...	78
4.4.2.6. Módulo de fineza de los agregados grueso y fino.....	82
4.4.2.7. Abrasión o ensayo de los ángeles .....	83
4.4.3. Ensayo al vidrio molido.....	84
4.4.3.1. Ensayo granulométrico .....	84
4.4.3.2. Ensayo de humedad .....	84
4.4.4. Diseño de mezcla del concreto para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .....	85
4.4.4.1. Cálculos de la resistencia a compresión.....	86
4.4.4.2. Se selecciona el tamaño máximo nominal .....	86
4.4.4.3. Asentamiento con el cono de Abrams.....	86
4.4.4.4. Volumen unitario del agua.....	86
4.4.4.5. Relación agua / cemento .....	87

4.4.4.6.	Factor cemento.....	88
4.4.4.7.	Contenido de agregado grueso y fino .....	88
4.4.4.8.	Cálculo de volúmenes absoluto del agregado fino.....	89
4.4.4.9.	Ajuste del peso por humedad de los agregados .....	89
4.4.4.10.	Porción de cemento, agregados y agua .....	90
4.4.5.	Diseño de mezcla para fibra de acero .....	90
4.4.6.	Diseño de mezcla para vidrio molido .....	91
4.4.7.	Elaboración del concreto con fibra de acero y vidrio molido .....	91
4.4.7.1.	Instrumentos utilizados .....	92
4.4.7.2.	Elaboración de probetas cilíndricas con adición de fibra de acero y adición de vidrio molido .....	94
4.4.7.3.	Elaboración de probetas prismáticas (flexión) con adición de fibra de acero y adición de vidrio molido.....	96
4.4.8.	Curado de las probetas .....	98
4.4.9.	Ensayos elaborados .....	98
4.4.9.1.	Ensayo del concreto en estado fresco .....	98
4.4.9.2.	Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams .....	98
4.4.10.	Ensayo de resistencia a compresión.....	100
4.4.10.1.	Tipo de fractura.....	102
4.4.11.	Ensayo de resistencia a flexión .....	104
4.5.	Resultado de la resistencia a la compresión con adición de fibra de acero .....	107
4.5.1.	Resultado con adición de fibra de acero en la probeta cilíndrica, edad 7 días.....	107
4.5.2.	Resultado con adición de fibra de acero en la probeta cilíndrica a la edad de 14 días .....	108
4.5.3.	Resultado con adición de fibra de acero en la probeta cilíndrica, edad 28 días...	109
4.6.	Resultado de resistencia a flexión con adición de fibra de acero.....	110
4.6.1.	Resultado con adición de fibra de acero en la probeta prismática, edad 7 días ...	110
4.6.2.	Resultado con adición de fibra de acero en la probeta prismática, edad 14 días .	111
4.6.3.	Resultado con adición de fibra de acero en la probeta prismática, edad 28 días .	112
4.7.	Resultado de resistencia a la compresión con adición de vidrio molido.....	113
4.7.1.	Resultado con adición de vidrio molido en la probeta cilíndrica, edad 7 días.....	113
4.7.2.	Resultado con adición de vidrio molido en la probeta cilíndrica, edad 14 días ...	114
4.7.3.	Resultado con adición de vidrio molido en la probeta cilíndrica, edad 28 días ...	115
4.8.	Resultado de resistencia a flexión con adición de vidrio molido.....	116
4.8.1.	Resultado con adición de vidrio molido en la probeta prismática, edad 7 días ...	116
4.8.2.	Resultado con adición de vidrio molido en la probeta prismática, edad 14 días .	117

4.8.3. Resultado con adición de vidrio molido en la probeta prismática, edad 28 días .	118
4.8.4. Resultado de asentamiento con el cono de Abrams .....	119
4.9. Costo de producción del concreto patrón para pavimento rígido.....	120
4.10. Costo de producción del concreto con adición de fibra de acero .....	121
4.11. Costo de producción del concreto con vidrio molido .....	123
4.12. Discusión de resultados .....	126
<b>Conclusiones .....</b>	<b>129</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>131</b>
<b>Lista de referencias .....</b>	<b>132</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>135</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del pavimento flexible .....	38
Figura 2. Partes del pavimento rígido .....	39
Figura 3. Corte transversal de un pavimento rígido .....	40
Figura 4. Sistema del pavimento rígido .....	40
Figura 5. Diferencia entre el pavimento rígido y flexible .....	41
Figura 6. Cuadro de especificaciones técnicas del pavimento .....	42
Figura 7. Dimensiones de fibra de acero.....	47
Figura 8. Tipos de fibras metálicas.....	47
Figura 9. Filamento de fibra.....	48
Figura 10. Coeficiente de dilatación de otros materiales .....	51
Figura 11. Módulo de Young de otros materiales.....	51
Figura 12. Cuadro de granulometría de agregado fino .....	55
Figura 13. Cuadro de granulometría de agregado grueso .....	55
Figura 14. Rotura de la probeta cilíndrica.....	56
Figura 15. Equipo de ensayo a flexión.....	57
Figura 16. Aplicación de carga .....	58
Figura 17. Diseño de la investigación.....	60
Figura 18. Ubicación y localización geográfica.....	65
Figura 19. Recolección de agregado en la cantera Navarro.....	67
Figura 20. Contenido de humedad .....	69
Figura 21. Ensayo de contenido de humedad en laboratorio .....	69
Figura 22. Ensayo de agregado fino .....	72
Figura 23. Agregado grueso sumergido en agua.....	75
Figura 24. Varillado del agregado fino .....	77
Figura 25. Pesado del agregado fino.....	78
Figura 26. Varillado del agregado grueso.....	78
Figura 27. Muestra de agregado fino .....	79
Figura 28. Muestra de agregado grueso .....	80
Figura 29. Curva del agregado fino .....	81
Figura 30. Curva del agregado grueso .....	82
Figura 31. Curva granulométrica del vidrio molido .....	84
Figura 32. Contenido de humedad del vidrio molido .....	85
Figura 33. Muestra de los agregados .....	92
Figura 34. Muestra de la fibra de acero y vidrio molido.....	92

Figura 35. Mezcla de los materiales con la adición de fibra de acero.....	93
Figura 36. Mezcla de los materiales con adición de vidrio molido .....	93
Figura 37. Manufactura de probetas cilíndricas del concreto patrón .....	94
Figura 38. Manufactura de probetas con adición de fibra de acero .....	95
Figura 39. Manufactura de probetas con adición de vidrio molido .....	95
Figura 40. Manufactura de probeta prismática con adición de fibra de acero .....	97
Figura 41. Manufactura de probeta prismática con adición de vidrio molido .....	97
Figura 42. Curado de las probetas.....	98
Figura 43. Slump con adición de fibra de acero .....	100
Figura 44. Slump con adición de vidrio molido.....	100
Figura 45. Ensayo a compresión con adición de fibra de acero.....	102
Figura 46. Ensayo a compresión con adición de vidrio molido.....	102
Figura 47. Esquema de las fracturas típicas .....	103
Figura 48. Fractura con adición de vidrio molido.....	103
Figura 49. Fractura con adición de fibra de acero.....	103
Figura 50. Fractura del concreto patrón .....	104
Figura 51. Diagrama de un aparato apropiado para el ensayo a flexión .....	105
Figura 52. Equipo del ensayo a flexión.....	105
Figura 53. Muestra del prisma con respectivos trazos para el ensayo .....	106
Figura 54. Rotura del ensayo a flexión .....	107
Figura 55. Resultado con adición de fibra de acero a la edad de 7 días.....	108
Figura 56. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 14 días .....	109
Figura 57. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 28 días .....	110
Figura 58. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 7 días .....	111
Figura 59. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 14 días .....	112
Figura 60. Gráfico de los resultados con adición de fibra de acero a una edad de 28 días ....	113
Figura 61. Resultados con adición de vidrio molido a la edad de 7 días .....	114
Figura 62. Resultados con adición de vidrio molido, edad 14 días.....	115
Figura 63. Resultado con adición de vidrio molido a la edad de 28 días.....	116
Figura 64. Resultados con adición de vidrio molido, edad 7 días.....	117
Figura 65. Resultados con adición de vidrio molido a la edad de 14 días .....	118
Figura 66. Resultados con adición de vidrio molido, edad 28 días.....	119
Figura 67. Resultado de asentamiento .....	120
Figura 68. Costo del concreto con adición de fibra de acero .....	123
Figura 69. Costo del concreto con adición de vidrio molido .....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de humedad del agregado grueso .....	68
Tabla 2. Porcentaje de humedad del agregado fino o arena .....	69
Tabla 3. Agregado fino .....	71
Tabla 4. Resultados del agregado fino .....	72
Tabla 5. Agregado grueso .....	74
Tabla 6. Resultados del agregado grueso.....	74
Tabla 7. Peso unitario suelto del agregado fino .....	76
Tabla 8. Peso unitario suelto del agregado grueso.....	76
Tabla 9. Varillado del agregado fino o arena.....	77
Tabla 10. Varillado del agregado grueso .....	77
Tabla 11. Granulometría del agregado fino .....	80
Tabla 12. Granulometría del agregado grueso .....	81
Tabla 13. Módulo de fineza del agregado grueso .....	82
Tabla 14. Módulo de fineza del agregado fino .....	83
Tabla 15. Prueba de abrasión o ensayo de los ángeles a los agregados .....	83
Tabla 16. Análisis granulométrico del vidrio molido .....	84
Tabla 17. Porcentaje de humedad del vidrio molido .....	85
Tabla 18. Promedio de resistencia requerida a compresión .....	86
Tabla 19. Variedades del asentamiento.....	86
Tabla 20. Volumen del agua .....	87
Tabla 21. Relación de agua y cemento para el diseño .....	87
Tabla 22. Interpolación de a/c.....	88
Tabla 23. Diseño de mezcla en estado húmedo .....	89
Tabla 24. Porción en p3 .....	90
Tabla 25. Diseño de mezcla con la adición de fibra de acero al ensayo a compresión.....	90
Tabla 26. Diseño de mezcla con la adición de fibra de acero al ensayo a flexión .....	90
Tabla 27. Diseño de mezcla con adición de vidrio molido para ensayo a compresión.....	91
Tabla 28. Diseño de mezcla con adición de vidrio molido para el ensayo a flexión .....	91
Tabla 29. Cantidad de probetas cilíndricas con fibra de acero .....	95
Tabla 30. Cantidad de probetas cilíndricas con fibra vidrio molido .....	96
Tabla 31. Cantidad de probetas cilíndricas de concreto patrón .....	96
Tabla 32. Cantidad de probetas prismáticas con fibra de acero .....	97
Tabla 33. Cantidad de probetas prismáticas con vidrio molido .....	97
Tabla 34. Cantidad de probetas prismáticas de concreto patrón .....	97
Tabla 35. Resultados con adición de fibra de acero, edad 7 días.....	107

Tabla 36. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 14 días .....	108
Tabla 37. Resultados con adición de fibra de acero, edad 28 días.....	109
Tabla 38. Resultado con adición de fibra de acero, edad 7 días .....	110
Tabla 39. Resultados con adición de fibra de acero, edad 14 días.....	111
Tabla 40. Resultados con adición de fibra de acero, edad 28 días.....	112
Tabla 41. Promedio de los resultados con adición de vidrio molido edad 7 días .....	113
Tabla 42. Promedio de los resultados con adición de vidrio molido, edad 14 días .....	114
Tabla 43. Promedio del resultado con adición de vidrio molido a la edad de 28 días .....	115
Tabla 44. Promedio de resultados con adición de vidrio molido, edad 7 días .....	116
Tabla 45. Promedio del resultado con adición de vidrio molido, edad 14 días .....	117
Tabla 46. Promedio de los resultados con adición de vidrio molido, edad 28 días .....	118
Tabla 47. Resultado del asentamiento del concreto.....	119
Tabla 48. Costos del concreto patrón.....	120
Tabla 49. Costos del concreto con adición de 10 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	121
Tabla 50. Costos del concreto con adición de 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	122
Tabla 51. Costos del concreto con adición de 40 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero .....	123
Tabla 52. Costos del concreto con adición de 10 kg/m <sup>3</sup> de vidrio molido.....	124
Tabla 53. Costos del concreto con adición de 20 kg/m <sup>3</sup> de vidrio molido.....	125
Tabla 54. Costos del concreto con adición de 40 kg/m <sup>3</sup> de vidrio molido.....	126

## RESUMEN

El presente estudio titulado «Influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en las propiedades mecánicas del concreto para pavimento rígido de los jirones Abancay y Santa Teresa, Andahuaylas, 2022» se desarrolló con el objetivo de determinar la importancia del aditamento de fibra de acero y vidrio molido en la resistencia del concreto a la compresión y flexión en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022, aplicando para ello la adición de tres dosis de  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  y  $40 \text{ kg/m}^3$  de la fibra de acero y vidrio molido.

Este estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo, y se clasifica como una investigación experimental con un diseño experimental. La población de estudio consiste en los pavimentos rígidos con una resistencia nominal de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  construidos en el distrito de Andahuaylas. Se tomó como muestra el diseño de la mezcla de concreto utilizada en los pavimentos rígidos de los jirones Abancay y Santa Teresa, en la cual se añadió fibra de acero y vidrio molido en cantidades de  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  y  $40 \text{ kg/m}^3$ .

Al final del estudio se llegó a determinar que al incorporar  $40 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero al concreto, mejora significativamente su resistencia a flexión (módulo de rotura) y compresión, sin embargo, posee una baja trabajabilidad. Mientras que al adicionar vidrio molido se tiene una mejor trabajabilidad y resistencia del concreto a compresión, pero una baja resistencia del concreto a flexión. Finalmente, al adicionar fibra de acero al pavimento se eleva el costo aproximado del 50 % más del costo normal, mientras que al incrementar el vidrio molido el costo se acrecienta aproximadamente en un 10 % respecto del costo normal.

**Palabras claves:** compresión, concreto, fibra de acero, flexión, pavimento rígido, vidrio molido

## ABSTRACT

The present study entitled «Influence of the addition of steel fiber and ground glass on the mechanical properties of concrete for rigid pavement of Abancay and Santa Teresa streets, Andahuaylas, 2022» was developed with the objective of determining the importance of the addition of ground steel and glass fiber in the compressive and flexural strength of concrete in rigid pavements of  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022, applying there doses of  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  and  $40 \text{ kg/m}^3$  of ground steel and glass fiber.

This study is framed within a quantitative approach, at an explanatory level, and is classified as experimental research with an experimental design. The study population consists of rigid pavements with a nominal strength of  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , built in the district of Andahuaylas. The design of the concrete mix used in the rigid pavements of Abancay and Santa Teresa streets, in which steel fiber and ground glass were added in quantities of  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  and  $40 \text{ kg/m}^3$ , was taken as a sample.

At the end of the study, it was determined that the addition of  $40 \text{ kg/m}^3$  of steel fiber to concrete significantly improves its flexural strength (modulus of rupture) and compressive strength; however, it has a low workability. The addition of ground glass improves the workability and compressive strength of the concrete, but lowers the flexural strength of the concrete. Finally, adding steel fiber to the pavement increases the cost by approximately 50% more than the normal cost, while increasing the ground glass increases the cost by approximately 10% over the normal cost.

**Keywords:** compression, concrete, flexure, ground glass, rigid pavement, steel fiber

## INTRODUCCIÓN

La mezcla del concreto es una pasta homogénea empleado en las obras civiles (veredas, infraestructuras, pavimentos rígidos, etc.), formado esencialmente por un aglutinante al que se adiciona áridos, aditivos específicos y agua. El concreto es un componente muy versátil, en forma de pasta, tiene la capacidad de poder adaptarse a la forma volumétrica, así mismo, puede alcanzar altas resistencias a la compresión. Los pavimentos rígidos son una buena alternativa de solución cuando se necesita carreteras entre otras; se encuentra compuesta por las capas de rodadura de concreto y reforzado con acero, lo cual contribuye a que el pavimento se comporte de manera más eficiente.

Debido a la gran cantidad de vehículos y a la necesidad de transportarse por parte de la población en todo el mundo, para la construcción de la armadura de los pavimentos rígidos se han ido desarrollando aditivos como la fibra de acero que puede proporcionar mayor resistencia a los pavimentos frente a los esfuerzos de atracción y flexión, y de esta manera evitar deterioros prematuros de las juntas, evitar los agrietamientos y los deterioros en las capas superficiales. Las fibras de acero son consideradas como parte del agregado del concreto, su adición complementa de una manera eficaz al concreto, incrementando la capacidad de deformarse, y hacer dúctil al elemento estructural.

Se observa a nivel nacional, la existencia de múltiples proyectos culminados que presentan defectos físicos que se pueden ver en la superficie del concreto: veredas, sardinel, aceras y pavimentos que no llegan ni al año de funcionamiento, y ya presentan fragmentación, fisuración, agrietamiento y otras fallas. Estas obras viales a menudo causan descontento entre la población, debido a la poca resistencia de estas obras civiles por su desgaste y deterioro prematuro por un déficit de sus propiedades tanto a la compresión del concreto y a flexión del concreto.

Este estudio sirvió para ver el desempeño del concreto adicionado con fibra de acero y vidrio molido sobre pavimentos de concreto con diferentes adiciones de estos materiales.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se consideró 4 capítulos que se describen a continuación:

En el primer capítulo se desarrolló el planteo y formulo el problema de investigación, además se plantearon los objetivos e hipótesis.

En el segundo capítulo se procedió a elaborar un marco teórico considerando los antecedentes de la investigación con autores nacionales e internacionales, también se consideró la definición de las variables de investigación y la definición de conceptos y fundamentos que dan soporte a la investigación.

En el tercer capítulo se detalla la parte metodológica del estudio, considerando el enfoque tipo y nivel de investigación, considerando la población, muestra, técnicas e instrumentos de acopio de la información.

En el cuarto capítulo se realizaron los ensayos de compresión y de flexión obteniendo diversos resultados para luego realizar una discusión de los resultados. Con la información obtenida se procedió a realizar la discusión y análisis de los resultados, además se muestran las conclusiones de la investigación.

Finalmente, se encuentran las recomendaciones, lista de referencias y anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

Las vías públicas por donde circulan los vehículos diariamente son un componente esencial de cualquier ciudad en el mundo, permite el tránsito de autos particulares, transporte privado, público y de carga. Estas vías desde hace décadas tienen una estructura conformada por materiales seleccionados para facilitar el desplazamiento de los vehículos, además la capa de rodadura es de pavimento rígido. En ingeniería hay dos tipos de pavimentos: flexible y rígido. Aunque en ocasiones el pavimento flexible por ser más económico es usado en carreteras y autopistas, sin embargo, en las vías urbanas cada vez es más evidente el uso de pavimentos rígidos por tener una mayor vida útil.

Las fallas en los pavimentos, tanto flexibles como rígidos, pueden clasificarse como funcionales o estructurales. Las deficiencias funcionales afectan la comodidad durante la circulación, mientras que las deficiencias estructurales comprometen la integridad y seguridad de los conductores y pasajeros, lo que, a su vez, tiene un impacto negativo en el rendimiento funcional. En el caso de los pavimentos rígidos, las fallas se manifiestan a través de problemas como el deterioro de las juntas, fisuras y daños superficiales, entre otros. Como resultado, en todo el mundo, en la industria de la construcción, se ha recurrido a la adición de diversos aditivos al concreto convencional, como fibras poliméricas, metálicas y naturales, con el objetivo de mejorar su rendimiento frente a las sollicitaciones mecánicas a las que se someten.

Es importante señalar que el concreto soporta elevadas cargas provocadas por la compresión, pero no a tracción, el concreto sin refuerzo de ningún tipo no se debe usar en

elementos estructurales que soporten esfuerzos de tracción o flexión; no obstante, el concreto simple al ser reforzado con acero tanto longitudinal y transversal cambian su capacidad de soportar cargas de gravedad y laterales, evitando así esfuerzos de corte y flexión.

Además, Porrero et al. (1) menciona que cuando el concreto recibe esfuerzos de tracción, sufre cambios o problemas físicos, puede ser por diversas razones, como, por ejemplo, el agrietamiento, por lo que se agregan barras de refuerzo al concreto para evitar daños y disipar la energía generada por las grietas, lo que asegura una mejor durabilidad. El acero al tener mejor comportamiento a la tracción permite controlar las fallas de las grietas, de esta manera lo que era frágil el concreto ahora tiene un grado de ductilidad.

Ahora bien, el autor indica que hace muchísimos años atrás, se desarrollaron fibras de acero que son capaces de dar al concreto resistencia a esfuerzos de estiramiento, flexión o desgaste. Actualmente, las fibras de acero se distribuyen de manera aleatoria en la mezcla de concreto, lo que ayuda a reducir en un gran porcentaje el agrietamiento, estas fibras se consideran parte del agregado de concreto, es un aditivo que completa de manera efectiva el comportamiento del concreto, aumentando la capacidad de formar y haciendo el elemento estructural dúctil.

Millán (2), afirma que la idea de reforzar el hormigón, comúnmente llamado concreto, con materiales fibrosos, se originó hace muchos años en Egipto, en ello se incrementaba paja a la masa de arcilla para hacer ladrillos para aumentar la durabilidad y la capacidad de control después de la cocción al sol.

En las obras que tienen pavimentos rígidos, en la provincia de Andahuaylas, el concreto usado al no contar con fibras de acero presentan fallas como la rugosidad, el escalonamiento, y la fisuración, con una exigencia alta, media y baja; estos problemas son generados por diferentes factores, como el mantenimiento, el periodo para el cual fue diseñado, buenos materiales, la fatiga que se presenta por cargas repetidas o el descuido en cuanto se refiere las especificaciones técnicas del proyecto.

Las vías de tránsito del jr. Abancay y el jr. Santa Teresa son importantes y muy transitables de la provincia de Andahuaylas, debido a que por esta vía pasan los vehículos con carga pesada, llevando consigo productos agrícolas, ganaderos y minerales hacia las diferentes localidades del ámbito urbano y rural de la provincia, sucede que actualmente estas vías se encuentran en condiciones precarias a falta de la pavimentación, provocando molestia en los

transeúntes y pobladores, puesto que en temporadas lluviosas o de mayor precipitación pluvial se generan charcos de agua y depósitos de barro haciendo difícil el transporte de los productos.

En los últimos años se han ido desarrollando nuevas tecnologías en la optimización del comportamiento de los pavimentos rígidos, se mejoraron las propiedades del concreto tanto mecánicas como físicas al incrementar fibras de acero y vidrio molido, etc.

El objetivo del diseño para un pavimento rígido es de obtener resultados óptimos para un correcto comportamiento durante su vida útil, cumpliendo con las exigencias necesarias mencionadas con anterioridad, además de considerar el aspecto económico. Por lo tanto, en la investigación se pretende resaltar la importancia de agregar fibra de acero y vidrio molido en las propiedades del concreto a la resistencia a compresión y flexión, en los pavimentos rígidos cuya resistencia es de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

## **1.2. Problema general**

¿Cómo influye la adición de fibra de acero y vidrio molido en la resistencia a la compresión y flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?

### **1.2.1. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la influencia de adicionar  $10 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?
- ¿Cuál es la influencia de adicionar  $20 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?
- ¿Cuál es la influencia de adicionar  $40 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?
- ¿Cuál es la influencia de adicionar  $10 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?

- ¿Cuál es la influencia de adicionar 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022?
- ¿Cuál es la influencia de adicionar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022?
- ¿Cuál es el costo de la elaboración de 1 m<sup>3</sup> de concreto adicionando fibras de acero y vidrio molido cuya resistencia es de 210 kgf/cm<sup>2</sup>?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en la resistencia a la compresión y flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de adicionar 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.
- Determinar la influencia de adicionar 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.
- Determinar la influencia de adicionar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.
- Determinar la influencia de adicionar 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.

- Determinar la influencia de adicionar  $20 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.
- Determinar la influencia de adicionar  $40 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.
- Establecer los costos de elaboración de  $1 \text{ m}^3$  de concreto adicionando fibras de acero y vidrio molido cuya resistencia es de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ .

#### **1.4. Hipótesis**

##### **1.4.1. Hipótesis general**

El uso de fibra de acero y vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

##### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- El uso de  $10 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero – vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.
- El uso de  $20 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero – vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.
- El uso de  $40 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero – vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.
- El uso de  $10 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero - vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

- El uso de 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f^c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.
- El uso de 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f^c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.
- El uso de fibras de acero y vidrio molido influyen significativamente en los costos de elaboración de 1 m<sup>3</sup> de concreto cuya resistencia es de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

## **1.5. Descripción de variables**

### **1.5.1. Variables independientes**

- Fibra de acero
- Vidrio molido

### **1.5.2. Variables dependientes**

- Resistencia ( $f^c$ ) a la compresión del concreto
- Resistencia ( $f^c$ ) a la flexión del concreto

## **1.6. Justificación de la investigación**

Esta investigación se demuestra teóricamente, debido a que ampliará los conocimientos adquiridos sobre la importancia de agregar fibra de acero y vidrio molido en el concreto para ser usado en pavimentos rígidos, además permitirá ver si verifica con las especificaciones técnicas de acuerdo a la normatividad.

Se justifica técnicamente, porque el concreto empleado en los pavimentos rígidos posee la necesidad de ser reforzado para perfeccionar la calidad y el desempeño, además el uso de las fibras de acero y vidrio molido no es común, por lo que se busca analizar el comportamiento del concreto que influye positivamente, conociendo teóricamente que este material incluye en sus propiedades los esfuerzos a la flexión y tracción, además de ser altamente resistente al deterioro.

Se justifica socialmente, puesto que este estudio beneficiará de directamente al sector de la construcción al obtener una mejora en la calidad del concreto que se usará en el pavimento rígido, considerando así por una opción sostenible para el medio ambiente. Las fibras de acero

y vidrio molido reciclado pueden llegar a ser muy nocivos para los seres vivos al ser expuestos durante un tiempo prolongado.

Se justifica económicamente, ya que las fibras de acero minimizan el presupuesto de mantenimiento, mejorando la abrasión y durabilidad del concreto para pavimentos rígidos, además el vidrio molido al ser reciclado el material será más barato que las fibras industriales. De esta manera, se mejora la eficacia de la parte económica y capacidad de trabajo para los obreros, logrando variar e eliminar las instalaciones de mallas metálicas y parrillas de acero, optimizando el tiempo y mejorando su vida útil.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Arango y Anderson (3), en su investigación: «Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas de mezclas de concreto», plantearon como objetivo «determinar las características mecánicas del concreto al adicionarse fibras de vidrio del tipo AR, mediante ensayos de compresión, tensión y módulo de Young o elasticidad, asumiendo porcentajes de aditamento de fibra de vidrio en 0.5 %, 1 %, 1.5 %, 2 % y 2.5 % del peso total de la mezcla». Finalmente, en el estudio se concluye que, de aquellos 3 parámetros estudiados, la adición del 1 % de fibra de vidrio se destaca, ya que si la proporción es menor no afecta en nada a la mezcla, pero si la adición es mayor al porcentaje señalado, afecta a la mezcla en diferentes comportamientos, primordialmente, a la compresión, trabajabilidad y su módulo de elasticidad. De cierto modo indica que trabaja mejor en tensión. La resistencia a la compresión se realizó con un 3 % evidenciando una ganancia casi nula, del mismo modo en el ensayo a tensión se logró un 11,66 % siendo una ganancia excelente, además de lograr un aumento del 16 % en el módulo de elasticidad que se comparó con aquella mezcla de referencia.

Sarta y Silva (4), en la tesis: «Análisis comparativo del hormigón simple y el hormigón con adición del 4 % y 6 % de fibra de acero», propuso como objetivo principal «realizar ensayos mecánicos y obtener una buena resistencia del concreto incluyéndole al 4 % y al 6 % las fibras de acero, dicho material reemplazará en la mezcla una cantidad mínima del agregado fino, comparándolo con un concreto sin adición de

ningún tipo de aditivos». En los resultados de su investigación llegaron a concluir que la compresión de las probetas cilíndricas de concreto a los 7, 14 y 28 días para un diseño de concreto de 3000 psi, mostraron mejoras debido al aditamento de las fibras de acero, acarreado consigo beneficios en sus características mecánicas y un aumento de su resistencia al esfuerzo de compresión al cabo de 28 días en un 17,54 %; también se dio una mejora respecto a la tracción en un aumento en su resistencia del 42,26 %, de igual manera mostraron un incremento al esfuerzo de flexión a los 28 días en un 56,26 %.

López (5), en su investigación: «Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y microfibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado», se propuso como objetivo de la tesis «realizar un análisis comparativo del hormigón sin fibras (hormigón de referencia) y el hormigón armado con dos porcentajes volumétricos de fibras diferentes; dicho análisis se refiere a su comportamiento en estado fresco y endurecido». Este estudio determinó la influencia del aditamento de fibras de acero en las propiedades físicas del concreto en comparación con el concreto convencional. Los valores obtenidos en las distintas pruebas efectuadas permiten concluir que las fibras mejoran significativamente la mayor parte de las propiedades del hormigón, tanto en estado inicial como posterior. No olvidarse que el número máximo de fibras que se pueden utilizar está limitado por la trabajabilidad del concreto por razones de uso y rentabilidad.

Galleguillos (6), en su tesis «Modelamiento de vigas de hormigón con fibras de acero», presenta como objetivo principal validar un modelo que incorpora la interacción flexión–corte, utilizado en la modelación de muros de hormigón armado, adaptándolo al estudio de vigas de SFRC, que sea capaz de predecir con cierto nivel de precisión el comportamiento de estas. Estas fibras se incluyen en la mezcla del hormigón, y su primordial ventaja es acrecentar la ductilidad de los elementos, lo que ayuda a acortar los refuerzos generados en las barras de acero ya sean estos longitudinales o transversales. Como resultado de su investigación, el modelo de tensiones nulas resultó en buen pronóstico de capacidad y deformación en vigas más esbeltas, entretanto la imposición de deformaciones transversales resultó preferible en la viga más reducida con falla de corte. Al acortar las deformaciones unitarias al momento de fluencia del refuerzo de flexión, este último modelo acrecienta su respuesta en términos de ductilidad en totalidad de las vigas.

### 2.1.2. Antecedes nacionales

Walhoff (7), su investigación «Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional, Barranca, 2016», se propuso «como objetivo de investigación: averiguar el efecto del uso de vidrio molido en la resistencia a la compresión del hormigón y de sus costos de producción para un diseño a la resistencia de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , sustituyendo el 5 % , 10 % y 15 % del material cementante por el vidrio triturado, se encontró el valor de la resistencia a la compresión de una mezcla de hormigón ordinario y se compararon las propiedades mecánicas de ambas mezclas». Al concluir los estudios a la resistencia a la compresión según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) a los 7, 14, 21 y 28 días, por medio del estadígrafo  $t$  de Student se validó los resultados obteniendo una resistencia igual o mayor del concreto convencional. En conclusión, se determina que sí existe influencia al remplazar el cemento desde un 5 % hasta un 10 % con vidrio molido, pero en los costos no existe influencia.

Flores y Ostos (8), en su investigación titulada «Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2019», plantea «el objetivo es analizar y comparar la resistencia a compresión de una estructura que uso hormigón cuya resistencia fue de  $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$  en Abancay, Apurímac con la adición de fibras de acero y fibra de vidrio en el año 2019». En dicha investigación se efectuó una comparación entre el concreto patrón con resistencia del concreto a compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y adicionada fibra de acero al concreto en 4% y fibra de vidrio en 6 % con relación a la cuantía de cemento, verificándose variaciones respecto al esfuerzo de compresión. Finalmente, en el estudio se deduce que la resistencia al esfuerzo de compresión del concreto patrón al cabo de 28 días alcanzó 341,89 kgf/cm<sup>2</sup>, mientras tanto el concreto reforzado con fibra de acero en un porcentaje del 4 % alcanzó el 377,41 kgf/cm<sup>2</sup> lo cual muestra un incremento en un 10.68 % respecto al concreto patrón y la resistencia del concreto reforzado con fibra de acero en cantidades del 6 % alcanzó 382.32 kgf/cm<sup>2</sup> indicando un aumento del 12.12 % comparado con el concreto patrón, de la misma forma la resistencia con refuerzo con fibra de vidrio en un porcentaje del 4 % llegó a 258,14 kgf/cm<sup>2</sup> el mismo que evidencia una disminución en un -24.30 % comparado con el concreto patrón, mientras que la resistencia del concreto que incluye fibra de vidrio en un 6 % resultó 295.75 kgf/cm<sup>2</sup> lo cual muestra la disminución del 13.27 % en función del concreto patrón.

Munguía (9), en su investigación «Análisis comparativo físico-mecánico entre fibras de acero y tereftalato de polietileno en la adición al concreto para el pavimento rígido de la Av. El Ejercito, 2019», plantea como objetivo principal «determinar la influencia de la fibra de acero y tereftalato de polietileno en el asentamiento, en la resistencia a la compresión y en la resistencia a la flexión del concreto para el pavimento rígido de la Av. El Ejercito, 2019, mediante ensayos en laboratorio, la investigación es experimental, donde se incorporó fibra de acero en 5 % y 10 % y tereftalato de polietileno en dosis de 3 %, 5 %». En el desenlace obtenido en la tesis se deduce que el ensayo a compresión del concreto patrón alcanzó una resistencia de  $f'c = 215.5 \text{ kgf/cm}^2$ , adicionando la fibra de acero en un 10 % mejoró la compresión hasta alcanzar una resistencia del  $f'c = 318.5 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

Vargas y Yataco (10), desarrollaron una investigación que lleva por título «Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos», el objetivo «es analizar el efecto de la adición de fibra de acero y fibra de polipropileno sobre la resistencia a la flexión del hormigón en pavimentos rígidos, con base en los resultados de investigaciones nacionales y extranjeras, clasificando y comparando la aplicación de fibra de acero y fibra de polipropileno». Donde se verificaron los resultados estadísticos, encontrándose el porcentaje máximo de aumento en la resistencia a la flexión del concreto por la adición de fibras de acero. A la dosis óptima de  $37 \text{ kg/m}^3$ , el porcentaje máximo de aumento de la resistencia a la flexión alcanza el 37 %. Además, el porcentaje máximo de incremento cuando la dosificación de fibra es de  $5 \text{ kg/m}^3$ , la dosificación de hormigón hidráulico de fibra gruesa de polipropileno es del 18%; para fibras de polipropileno ultrafinas, cuando la dosificación óptima de fibra extrafina es de  $0,45 \text{ kg/m}^3$ , el porcentaje aumenta en 12 %.

Isidro (11), en la investigación que lleva por título la «Influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades del concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la ciudad de Puno», el objetivo buscado fue la de “mejorar el comportamiento del hormigón simple mediante la adición de fibras de acero (Sika Fiber CHO 80-60-NB) y diseñar el espesor de pavimentos rígidos según el método AASHTO 1993», se estudió la resistencia a la flexión, trabajabilidad, compresión simple, del mismo modo se consideró, el análisis de precio unitario por metro cuadrado de cobertura; el estudio se realizó en hormigón con  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , donde la proporción de fibras de acero fue de  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$ ,  $30 \text{ kg/m}^3$  y  $45 \text{ kg/m}^3$ , el diseño fue mixto según al método del comité 211 del ACI, y se realiza la prueba de laboratorio

con diferentes adiciones de fibra según la NTP (Norma Técnica Peruana), se concluye que al adicionar fibra de acero (fibra Sika) CHO 80-60-NB, en el hormigón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, la adición de 30 kg/m<sup>3</sup> mejora significativamente su resistencia del concreto a flexión (módulo de rotura) y aumenta parcialmente la resistencia del concreto a compresión, pero su trabajabilidad se reduce considerablemente y un revestimiento rígido El espesor del hormigón disminuye a medida que aumenta la proporción de fibras en el hormigón. Finalmente, el precio unitario aumenta por metro cuadrado de cobertura con la cantidad de fibra utilizada.

## **2.2. Bases teóricas**

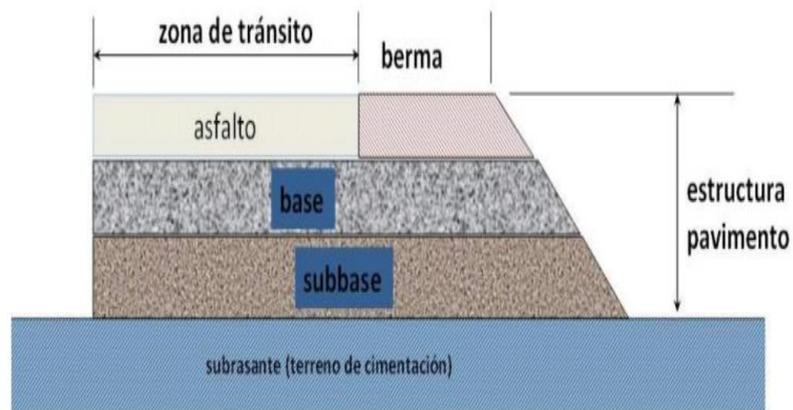
### **2.2.1. Pavimento**

«Concebida como una estructura formada por diferentes capas interconectadas, se han tenido en cuenta diferentes enfoques en el diseño y construcción de estas capas, normas y especificaciones técnicas para materiales apropiados, el pavimento se encuentra encima la subrasante para soportar los esfuerzos generados por las cargas y distribuir las adecuadamente y mejorar la transividad, seguridad y comodidad para el conductor. Por lo tanto, se considera la capa de rodadura, base y subbase» (12).

### **2.2.2. Tipos de pavimentos**

#### **2.2.2.1. Pavimento flexible**

«Tienen capas de rodadura primordialmente de cemento asfáltico. Debido a la forma en que se transfieren las cargas desde la superficie o carpeta de rodaduras hasta el suelo o subrasante, se denomina pavimento flexible. El asfalto no toma toda la carga del vehículo, actúa más como un transmisor. Por esta razón, los pavimentos flexibles suelen requerir o necesitar un gran o mayor número de capas intermedias entre la capa superficial (de rodadura) y la subrasante» (12).



**Figura 1. Partes del pavimento flexible (13)**

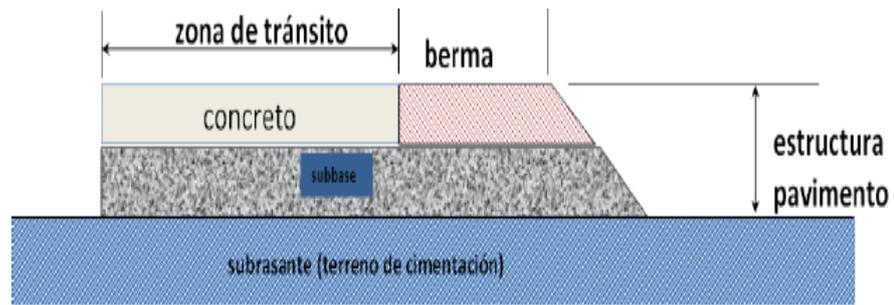
«Generalmente están apoyadas sobre 2 capas de materiales considerados no rígidos, la base y subbase, estos pueden variar de acuerdo al diseño y propiedades del suelo y no se coloca algunos de estos mantos, por ello es importante el tipo de proyecto y sus estudios obtenidos particularmente. Este pavimento está sometido a impulsos máximos y condiciones climáticas más severas, también a tránsitos de gran magnitud» (13).

#### **2.2.2.2. Pavimento rígido**

«Disponen de una capa de rodadura que utiliza el hormigón de cemento hidráulico, debido a las propiedades de la capa de hormigón, absorbe en mayor medida las cargas generadas por los vehículos, por lo que se denomina pavimento rígido» (12).

«El pavimento rígido se constituye principalmente por losas de concreto de cemento Portland del tipo simple o armada, apoyada sobre la base o subrasante de un material adecuadamente seleccionado. Este tipo de pavimentos al tener losas de concreto tiene una buena rigidez, pero además tienen una distribución de las cargas sobre una superficie más grande, debido a su mayor módulo de elasticidad en relación con el suelo que lo soporta, lo que resulta una menor presión sobre el lecho de la carretera» (12).

«La resistencia estructural del pavimento rígido depende principalmente de la losa de concreto, la base aporta con un buen espesor, la subrasante se toma en consideración para evitar hundimientos y fisuras de las losas de concreto del pavimento rígido» (13).



*Figura 2. Partes del pavimento rígido (12)*

## **2.2.3. Generalidades del pavimento**

### **2.2.3.1. Losa**

«Es una mezcla de cemento, agua y áridos, lo conforma la parte superior del pavimento, que está diseñado para soportar las cargas generadas por el tráfico, el deslizamiento de vehículos y el consiguiente desgaste generados por lo expuesto» (14).

### **2.2.3.2. Base y subbase**

«La capa que pertenece a la subbase es parte de la estructura del pavimento rígido y está ubicada entre la losa rígida y la subrasante. Consta de una o más capas de materiales seleccionados y compactos, granulares y estabilizados; la función primordial de la capa de subbase es evitar el bombeo de suelo de grano fino. Cuando la combinación de tierra, agua y tráfico produce una bomba se debe utilizar una subbase. Esta situación ocurre a menudo cuando se diseña las aceras de carreteras principales y de tráfico pesado» (14).

### **2.2.3.3. Subrasante**

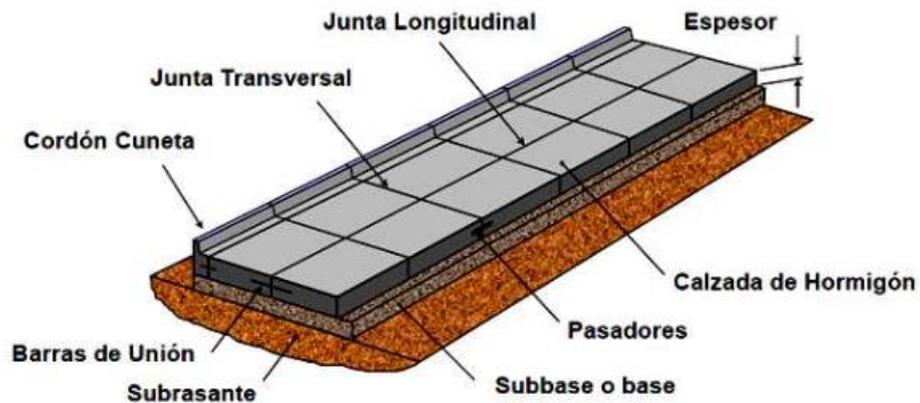
«Es el terreno natural donde se ubica toda la estructura del pavimento, es decir, no es parte de la estructura en sí. Sin embargo, la capacidad de carga de la capa subrasante es un factor básico que incide directamente en la elección del espesor total del pavimento. Su propósito es resistir la carga transmitida por el tráfico a la acera, transferir y distribuir la carga al cuerpo del terraplén, evitar que el material plástico fino del cuerpo del terraplén contamine la superficie de la carretera y ahorrar el espesor de la superficie de la carretera» (14).



*Figura 3. Corte transversal de un pavimento rígido (13)*

#### 2.2.4. Principales componentes elementales del sistema del pavimento rígido

En la figura 4 se muestran los componentes principales de un pavimento rígido.



*Figura 4. Sistema del pavimento rígido (13)*

##### 2.2.4.1. Juntas

«Las juntas definen las dimensiones o tamaños de las losas del pavimento rígido y permiten controlar el agrietamiento y fisuración, tanto a una edad temprana como en servicio» (13).

##### 2.2.4.2. Pasadores

«Conformado por las varillas de acero lisas, puestas en las uniones o juntas transversales para permitir las transferencias de cargas, sin delimitar el movimiento horizontal de las losas rígidas» (13).

##### 2.2.4.3. Barras de unión

«Se instalan en las juntas longitudinales para mantenerlos anclados, lo que asegura la transferencia de carga, dando garantía que el concreto no sufrirá grandes deformaciones» (13).

### 2.2.5. Diferencias entre pavimento rígido y flexible

«La diferencia entre un pavimento rígido y uno flexible es cómo cada uno lleva su carga al fondo o bien llamado subrasante. La alta rigidez de esta losa de hormigón le permite comportarse como una losa y distribuir las cargas sobre una mayor superficie de base, transmitiendo presiones muy bajas a los pisos inferiores. La losa en sí proporciona la mayor parte de la capacidad estructural del pavimento».

«El Pavimento flexible consiste en un material más débil y menos rígido, este material es más dúctil y deformable, transfieren las cargas de manera más concentrada a la subrasante, distribuyendo la carga total sobre un área de apoyo más pequeña. Los pavimentos flexibles suelen requerir más capas y mayor espesor para soportar la transferencia de carga en la subrasante» (13).

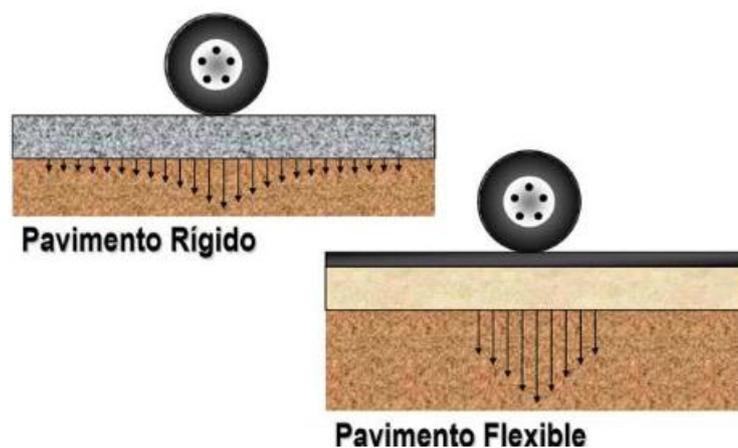


Figura 5. Diferencia entre el pavimento rígido y flexible (13)

### 2.2.6. Principales componentes estructurales para pavimento rígido

Para desarrollar un diseño específico de este tipo de pavimento, es necesario tener en cuenta los requisitos establecidos en el RNE (CE-0.10) para pavimentos urbanos. El objetivo principal de esta norma es la de señalar como requisitos mínimos para un buen diseño, construcción, reparación, mantenimiento, demolición y reemplazo de los pavimentos urbanos con base a los estudios realizados en la mecánica de suelos y la ingeniería de pavimentos para garantizar la sostenibilidad, el manejo de recursos y un adecuado comportamiento de las aceras, caminos, comportamiento de los aparcamientos urbanos, a lo largo de su periodo de diseño.

## 2.2.7. Diseño estructural de pavimentos urbanos

### 2.2.7.1. Diseño estructural

A continuación, se presentan los diversos factores a considerar en el diseño de las estructuras de los pavimentos urbanos:

- Determinar la calidad del suelo inicial y de la subrasante
- Características del volumen de tráfico a lo largo de su vida útil
- Tiempo de duración del pavimento
- Propiedades respecto al clima y del drenaje en la zona
- Rasgos geométricos de la ruta
- Asignar el pavimento más adecuado que se va a utilizar

### 2.2.7.2. Especificaciones técnicas constructivas

Asimismo, de acuerdo con la normatividad del RNE(CE-010) las exigencias para los tres tipos de pavimentos son:

Elemento		Tipo de Pavimento		
		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm <sup>2</sup> (3,4 MPa)	f <sub>c</sub> ≥ 380 Kg/cm <sup>2</sup> (38 MPa)

Figura 6. Cuadro de especificaciones técnicas del pavimento (15)

## 2.2.8. Fibras de acero para refuerzo en pavimentos

«Proviene industrialmente del acero, posee características geométricas, dentro de las cuales tienen una dimensión predominante comparadas con el resto, con superficie lisa o corrugada, empleada como refuerzo en el conglomerado del hormigón, son de forma rectilínea o presentan un dobléz, las mismas que serán esparcidas de forma homogénea en la masa, manteniendo inalteradas las propiedades geométricas» (16).

## **2.2.9. Cargas para pavimentos rígidos**

Los pisos industriales soportan diferentes tipos de cargas:

### **2.2.9.1. Cargas en pavimento**

«Para las superficies de las carreteras, las cargas son causadas por las condiciones del tráfico y el clima. La estructura del pavimento debe asegurar que el sustrato (losa) logre esfuerzos suficientemente bajos para lograr un comportamiento elástico de la masa de suelo» (14).

### **2.2.9.2. Cargas vehiculares**

«Es causada por vehículos pesados como camiones, máquinas pesadas y montacargas. El diseño de un pavimento rígido requiere especificaciones del vehículo, como la huella o superficie de los neumáticos, la carga máxima por eje y la distancia entre los neumáticos» (14).

### **2.2.9.3. Cargas distribuidas**

«Se refiere a las cargas que pueden ser paquetes o cajas que se apilan en naves industriales. Cada diseño requiere la máxima capacidad e intensidad de carga, dimensiones de la superficie, ancho del pasillo y ubicación de las juntas transversales» (14).

## **2.2.10. Juntas para pavimentos**

«Los agrietamientos en las losas de concreto son generalmente causados por variaciones volumétricas, estos ocasionan esfuerzos de tracción y cuando este supera el esfuerzo último del concreto llega a fisurarse» (14).

### **2.2.10.1. Juntas de aislamiento**

«Este tipo de juntas separa las losas de elementos estructurales continuos del pavimento rígido y otras estructuras, esto permite que independientemente cada elemento trabaje uno de otro, estas uniones también permiten los movimientos verticales y horizontales» (14).

### **2.2.10.2. Juntas de construcción**

«Se utiliza menudamente para alinear la verticalidad de las juntas, así como para unir el concreto de diferentes edades. Serán diseñadas y luego construidas especialmente para que cumplan la función de juntas ya sea de aislamiento o contracción» (14).

### **2.2.10.3. Juntas de contracción**

«Este tipo de juntas reduce los esfuerzos producidos por la contracción del concreto debido a las variaciones del clima. Con una apropiada profundidad, espaciamiento y tiempo de instalado, estas juntas ayudan a controlar los agrietamientos que generan los movimientos horizontales. Se puede llevar a cabo con el concreto fresco o cuando ya se encuentre en su estado sólido, seccionándolo con una amoladora de concreto» (14).

### **2.2.10.4. Juntas de dilatación**

«Usadas para mitigar las vibraciones generadas por esfuerzos en el interior de las estructuras: pandeos, expansiones y alabeos debido a la presencia de humedad y cambios de temperaturas» (14).

### **2.2.11. Concreto asfáltico**

Es una mezcla que contiene agregados bien graduados y cemento asfáltico, de buena calidad, totalmente compactada en una masa uniforme y densa.

### **2.2.12. Losa de concreto de cemento Portland**

Es la superficie sobre la cual ruedan los vehículos y además es el principal elemento estructural del pavimento rígido.

### **2.2.13. Estabilización de suelos**

Proceso químico físico donde se logra mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural o de los materiales utilizados en rellenos, con la mira de hacerlos más estables.

#### **2.2.13.1. Espesor de diseño**

Son las medidas de las capas del pavimento determinado en el diseño.

#### **2.2.13.2. Juntas de control**

Llamadas así, en una obra de pavimento de concreto elaborado con cemento Portland, a las juntas establecidas, para mitigar el agrietamiento.

### **2.2.14. Módulo de rotura (MR)**

Este módulo viene hacer la cuantificación de la resistencia a un esfuerzo de tensión durante el comportamiento de flexión del concreto. Se encuentra por medio del ensayo ASTM C78 de una viga con carga en los tercios

### **2.2.15. Capacidad de la vía**

Es la cantidad máxima de vehículos, de distintos tipos y pesos, para lo cual se deberá diseñar geoméricamente una vía.

### **2.2.16. Ensayos de laboratorio**

Permiten conocer como son las características mecánicas y físicas de los diversos materiales que forman parte de un pavimento, deben de estar acreditados y certificados para garantizar sus resultados.

### **2.2.17. Concreto**

«Material más usado en la construcción en todo el mundo, debido a su facilidad de preparación y a la alta resistencia que obtiene luego de fraguarse, se utiliza para edificar y crear superficies fuertes como pisos y paredes, cumple con todo lo necesario en las construcciones de todo tipo de estructuras» (17).

«Mezcla de aglomerantes áridos finos, gruesos y ligantes. En unos casos se añaden aditivos para aportar cualidades que no tienen, y en otros para mejorar las cualidades que tienen» (17).

### **2.2.18. Componentes del concreto**

«El concreto es una mezcla de diferentes materiales, todos ellos con proporciones exactas según el diseño de mezcla realizado previamente, este diseño de mezcla varía según la región, el clima y otros muchos factores que se deben tener en cuenta» (18).

El concreto se compone, básicamente, de tres elementos: cemento, agua y materiales áridos, pero la realidad es más compleja, ya que se debe agregar aditivos, suplementos y fibras según el resultado deseado.

#### **2.2.18.1. Propiedades del concreto**

Debido a sus múltiples propiedades del concreto, en esta investigación se priorizaron las propiedades que son: resistencia a compresión del concreto y resistencia a la flexión del concreto.

## **A. Propiedades del concreto con refuerzo de fibra en su estado endurecido**

Elementos que contribuyen en mejorar las propiedades del concreto reforzado con fibras:

- Fibras: relación de aspecto, geometría, contenido, orientación y distribución.
- Matriz: máxima distribución de los agregados grueso y finos, resistencia.
- Interfaz: fibra considerada matriz
- Probetas de muestra: forma geometría, dimensiones de tamaño, metodología de ensayo

### **2.2.19. Concreto reforzado con fibras**

El concreto cuyo refuerzo son las fibras, por otra parte, se puede definir como un material formado por áridos (piedra y arena), cemento Portland, fibras y agua. Las fibras es un elemento de refuerzo que modifica las propiedades mecánicas y por ello, a diferencia del hormigón convencional, soporta grandes deformaciones manteniendo la carga, lo que resulta en una mayor ductilidad, es decir, mayor capacidad residual, lo que se cuantifica midiendo la absorción de energía.

### **2.2.20. Clasificación de fibras**

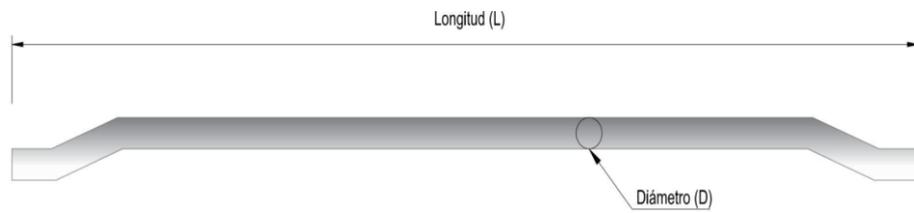
Por lo general, las fibras han sido clasificadas por «*The International Bureau for the Standardisation of Man-Made Fibres* (BISFA) ». Estas fibras son usadas con el concreto ya sea premezclado o prefabricado y en pavimentos de concreto. Pueden ser naturales o artificiales, dentro de estos se encuentran fibras orgánicas e inorgánicas, las fibras orgánicas pueden ser por transformación de polímeros naturales (acetato, alginato, cúpro, triacetato, etc.) o ser simplemente polímeros sintéticos (polietileno, polipropileno, vinil, poliéster, etc.).

### **2.2.21. Fibra de acero**

«Las fibras de acero son una colección de filamentos metálicos obtenidos de la deformación de alambres de acero estirados en frío, y tienen mejores propiedades de adherencia» (17).

Mediante el aditamento al concreto con fibras de acero, sean estas macrofibras o microfibras, se logra un material nuevo con propiedades y características mecánicas

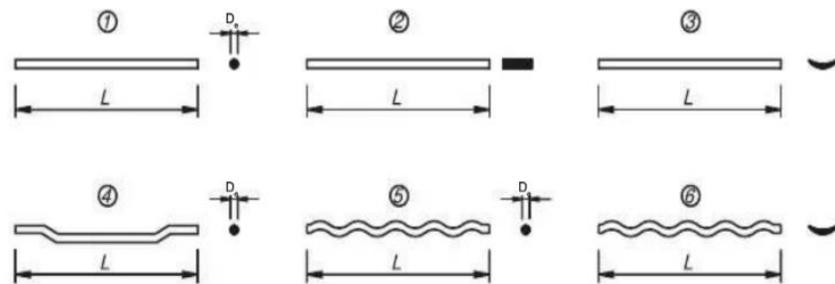
distintas de un concreto normal. Tal compuesto es llamado concreto fibrorreforzado (*fiber reinforced concrete*)



**Figura 7. Dimensiones de fibra de acero (16)**

### 2.2.21.1. Tipos de fibras metálicas

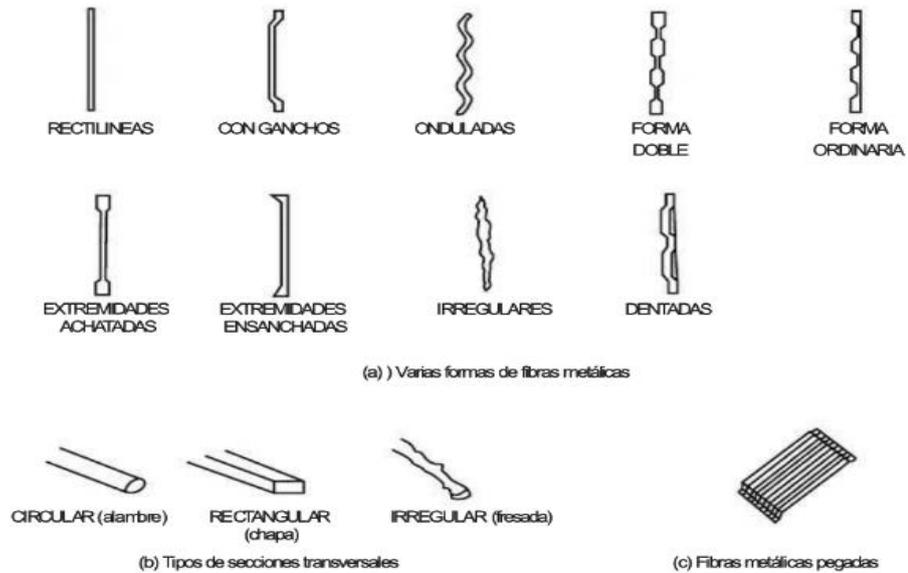
Las “fibras de acero” tienen diferentes presentaciones, en su eje longitudinal, la forma puede ser perfilada o rectilínea, en su eje transversal; estas fibras tienen sección transversal rectangular, circular o variada.



**Figura 8. Tipos de fibras metálicas (16)**

### 2.2.21.2. Filamentos de fibras usadas como refuerzo del concreto

Las fibras de acero (inorgánicas) vienen de diferentes formas para usarlas en concretos que servirán para los elementos estructurales, ya que estos están sometidos a diferentes cargas de diseño.



**Figura 9. Filamento de fibra (16)**

### 2.2.21.3. Fibras poliméricas

Las fibras de polímeros sintéticos son producidas por las empresas en los laboratorios, usando diferentes monómeros y catalizadores. En pocas palabras, son materiales plásticos industriales. Algunos ejemplos de ellos son el poliestireno, nylon, policloruro de vinilo, entre otros.

### 2.2.22. Usos de la fibra de acero en el concreto

Las fibras aceradas o metálicas, sirve para aplicaciones en elementos de alto desempeño, como pisos en las industriales, túneles, pavimentos de aeropuertos y taludes, al incrementar las características del concreto, como la resistir a fuerzas de impacto, mejorar la ductilidad y a la fatiga.

### 2.2.23. Ventajas del uso de la fibra en el concreto

Las ventajas al usar las fibras de acero en el concreto es mitigar las fisuras, mejora la vida útil, además brinda ductilidad, la resistencia a la cortante se incrementa, mejor comportamiento a la fatiga y al impacto.

- La mezcla del concreto adicionado fibras de acero es de fácil adherencia.
- Mejora la resistencia en el esfuerzo a tensión.
- Incrementa el esfuerzo a la resistencia de corte.
- Incrementa la resistencia frente a grietas por asentamiento y contracción.
- Adiciona un refuerzo para concreto uniforme y multidireccional.

#### **2.2.24. Usos de las fibras de acero en el concreto**

El objetivo general de utilizar las fibras de acero es mejorar las propiedades del concreto ya sean mecánicas y físicas, especialmente darle una mejor cohesión interna y de esta manera reducir los agrietamientos en su estado fresco y endurecido.

##### **2.2.24.1. Usos de fibra de acero**

Podemos utilizar el concreto adicionado fibras de acero en losas, pavimentos rígidos, elementos estructurales de edificaciones (columnas, vigas), cubiertas para puentes, entre otras.

##### **2.2.24.2. Clasificación de la fibra de acero**

Este material según el procedimiento de fabricación se clasifica en:

- Tipo I - Trefiladas
- Tipo II - Partidos en láminas
- Tipo III -Separados por rascado en caliente (virutas de acero)
- Tipo IV - fibras de acero fundido

#### **2.2.25. Características principales de la fibra de acero**

«La fibra es un producto de acero que se caracteriza por tener dimensiones superiores en comparación con otras fibras. Las fibras se caracterizan geoméricamente por su longitud, forma y diámetro equivalente. La relación de aspecto está determinada por la relación entre la longitud y el diámetro equivalente» (19).

#### **2.2.26. Efectos de las fibras de acero en el concreto**

«Los efectos que producen la fibra de acero es que mejoran significativamente las propiedades físicas y de durabilidad del concreto, al adicionar fibras de acero al concreto se incrementa el esfuerzo a la flexión (capacidad de inducir energía después del agrietamiento). También incrementan la resistencia a la tracción directa y a la torsión, de la misma manera, incrementa resistencia al impacto y a la fatiga mejorando el comportamiento de flujo plástico y contracción del concreto, también pueden mejorar el comportamiento del concreto ante condiciones climatológicas de gran magnitud haciéndolo más resistente» (19).

#### **2.2.27. Vidrio molido**

Debido a su elevado contenido de sílice en estado amorfo, los vidrios en realidad pueden ser considerados como materiales puzolánicos cuando se muelen

finamente. Esta medida abre una interesante vía de reutilización de estos residuos en la industria del concreto, especialmente si se considera que los residuos sólidos urbanos en Perú contienen entre el 3 y 5 % del peso corresponde al vidrio.

#### **2.2.27.1. Ventajas del vidrio molido reciclado al concreto**

El uso del vidrio en el mundo es de mucha demanda, por lo cual genera una contaminación considerable, a través de un proceso físico se convierte en vidrio molido cuyo uso será como un material más dentro de las componentes del concreto en dosis establecidas previamente.

#### **2.2.27.2. Reacción del vidrio en el concreto**

El vidrio molido al tener componentes químicos de sílice se comporta como un material puzolánico y tiende a brindar una reacción beneficiosa en el concreto, fundamentalmente la composición química del cemento mejora significativamente con la mezcla del vidrio molido, logrando incrementar una resistencia y durabilidad del concreto al no absorber tan rápido el agua como lo hace el cemento regular o convencional.

#### **2.2.27.3. Características del proceso de fabricación del vidrio**

##### **A. Vidrio estirado**

«El espesor o volumen del vidrio depende de la velocidad del alargamiento y de la temperatura máxima de la masa en fusión» (15).

#### **2.2.27.4. Características de su visibilidad del vidrio**

##### **A. Vidrio transparente**

Es aquel tipo de vidrio que aprueba la visibilidad de un lado hacia el otro.

##### **B. Vidrio translúcido**

Es aquel tipo de vidrio que no aprueba la visibilidad de un lado hacia el otro. Se especifican en este grupo a los vidrios que distorsionan las imágenes.

#### **2.2.27.5. Características por su coloración del vidrio**

##### **A. Vidrio incoloro**

Este vidrio admite una transferencia de visibilidad en porcentajes del 75 % y 92 % en función del espesor o volumen del vidrio.

## B. Vidrios tintados en su masa

Tiene una visibilidad porcentual del 14 % y 83 % la cual depende de la coloración y del volumen. Los vidrios coloreados muy resaltante se deben a sus buenas características de control solar y a la correcta selección del color utilizado en su composición.

### 2.2.27.6. Propiedades del vidrio

- Densidad: 2500 kg/m<sup>3</sup>
- Punto de ablandamiento: 730 °C
- Conductividad térmica: 1.05 W/mK

#### A. Coeficiente de dilatación lineal

«El coeficiente de expansión lineal es el alargamiento experimentado por una unidad de longitud con un cambio de temperatura de 1 °C. Para el vidrio se encuentra entre 20 °C y 220 °C, con un coeficiente de  $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ » (20).

Aluminio	.....	23 x 10-6 / °C
Acero	.....	11 x 10-6 / °C
Cobre	.....	16 x 10-6 / °C
Madera	.....	5-8 x 10-6 / °C
Polycarbonato	.....	68 x 10-6 / °C

*Figura 10. Coeficiente de dilatación de otros materiales (20)*

#### B. Otras propiedades del vidrio

- Dureza: Según la escala de Mohs es de 6 a 7, el vidrio templado, el vidrio recocido o crudo, tienen la misma dureza superficial.
- Módulo de Young: 720 000 kgf/cm<sup>2</sup>

Aluminio	.....	700.000
Acero	.....	2.100.000
Concreto	.....	200.000
Polycarbonato	.....	21.000 - 25.000

*Figura 11. Módulo de Young de otros materiales (19)*

- Relación de Poisson: entre 0.22 y 0.23

### **C. Resistencia química del vidrio**

«El vidrio es resistente al ataque de la mayoría de los productos químicos, con la excepción de los ácidos hidrofúorídrico, altas temperaturas y ácido fosfórico. Los álcalis atacan la superficie del vidrio. Si tiene un marco de concreto, cuando llueve, el cemento libera álcali, lo que puede opacar la superficie del vidrio. La humedad presente entre dos piezas de vidrio que han estado almacenadas durante largo tiempo puede causar marcas (manchas blanquecinas) en la superficie que son muy difíciles de eliminar» (22).

### **D. Resistencia mecánica del vidrio**

«La resistencia mecánica del vidrio se evidencia ya que suele romperse por esfuerzos tractivos en su superficie» (22).

### **E. Resistencia al esfuerzo de tracción del vidrio**

«La resistencia a la tracción del vidrio varía con la carga y varía entre 300 y 700 K/cm<sup>2</sup>. La tensión permanente reduce la resistencia a la tracción del vidrio en un 40%. Cuanto mayor sea la temperatura, menor será la resistencia a la tracción» (22).

### **F. Resistencia al esfuerzo a la compresión del vidrio**

«Para poder quebrar un cubo fabricado de vidrio de 1 cm de lado se requiere aproximadamente un esfuerzo de 10 000 kgf/cm<sup>2</sup>» (22).

### **G. Módulo de rotura del vidrio**

- Vidrio recocido: de 350 a 550 kgf/cm<sup>2</sup>
- Vidrio templado: de 1850 a 2100 kgf/cm<sup>2</sup>

### **H. Módulo de trabajo del vidrio**

- Vidrio recocido: carga momentánea 170 kgf/cm<sup>2</sup>
- Vidrio recocido: carga permanente 60 kgf/cm<sup>2</sup>
- Vidrio templado: 500 kgf/cm<sup>2</sup>

#### **2.2.27.7. Reciclaje de vidrio**

Se puede reciclar todo tipo de botellas de bebida, tarros, frascos, perfumes, etc. lo que no se puede reciclar son las copas, vasos, espejos o los trozos de ventanas y puertas. Para ser reciclado correctamente el vidrio debe

ser dividido y clasificado según sus características: por lo general están asociado a su color: verde, ámbar o café y transparente. El vidrio es un material 100 % reciclable infinitas veces: de un envase de vidrio reciclado se puede fabricar otro con las mismas propiedades. Sus principales componentes provienen de la naturaleza: carbonato de sodio, arena de sílice y caliza.

El vidrio triturado atraviesa unas máquinas con lectores ópticos que eliminan cualquier resto opaco de otro material, obteniendo como resultado el calcín. Se trata de pequeños trozos de vidrio limpio que se convierten en materia prima para generar nuevos envases, como las botellas.

#### **2.2.27.8. Vidrio molido**

Sustancia sólida, sobrefundida a altas temperaturas, amorfa, frágil, su composición es principalmente de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) este constituye de un elemento que deriva de la arena silíceo, esta es fundida y elaborada con fosfatos y boratos (RNE, E040). «Los óxidos básicos proceden para el elemento químico  $\text{Na}_2\text{O}$  del carbonato o del sulfato de sodio y Para el  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$ ; de la caliza natural y de la dolomita. La combinación de estos elementos es sometida a trituración para obtener el vidrio molido y ser adicionado en el hormigón fresco para mejorar sus propiedades específicas» (29).

#### **2.2.28. Cemento**

Es aquel material de polvo fino y suave que se utiliza como conglomerante debido a que se endurece después de estar en contacto con el agua, se logra obtener del calcinado a altas temperaturas ( $1,450\text{ }^\circ\text{C}$ ) del compuesto de arcilla, piedra caliza y mineral de hierro. El resultado del proceso es el clínker, adicionando una molienda de yeso y otros aditivos químicos se logra obtener el cemento.

#### **2.2.29. Tipos de cemento**

Los cementos de la nueva serie de normas pueden clasificarse atendiendo a los siguientes criterios:

- Por su utilización: cementos comunes (CEM), cementos para usos especiales (ESP), cementos de aluminato de calcio (CAC).
- Por sus características especiales: cementos de bajo calor de hidratación (BC), cementos blancos (BL), cementos resistentes a sulfatos o agua de mar.

- Por su composición: cementos de aluminato de calcio CAC/R
- Por su resistencia

En el Perú se encuentra el cemento Portland en sus diferentes tipos:

Cemento tipo I: uso general.

Cemento tipo II: cuando se hay presencia de sulfatos y un aumento de calor generado en la hidratación.

Cemento tipo III: cuando se requiere inicialmente altas resistencias.

Cemento tipo IV: cuando el proyecto requiere bajo calor de hidratación.

Cemento tipo V: cuando hay alta sulfatos excesivamente.

### **2.2.30. Agua**

En las mezclas de concreto endurecido el agua representa la sustancia primordial, el agua para concreto es un factor que no se debe ignorar y que puede influenciar en la resistencia y alteración de los materiales utilizados en la construcción. La definición «calidad del agua» se usa para señalar las características químicas, que se utiliza como patrón considerando la aceptabilidad de un agua cualquiera. Como medida medioambiental y como respuesta frente a la escasez de fuentes de agua potable en algunos países, existe una tendencia por reemplazar el agua potable para realizar concreto con fuentes residuales como agua regenerada, agua subterránea o agua tratada de minería, entre otros tipos de aguas.

Sin embargo, los constituyentes químicos del agua pueden causar reacciones y afectar parámetros como el tiempo de fraguado, endurecimiento y fuerza del concreto esperados en el diseño.

### **2.2.31. Agregado**

«El agregado es un material granular (arena, grava, piedra chancada o escoria), de origen natural o artificial utilizados como medios cementantes para formar concreto o mortero hidráulico» (14).

#### **2.2.31.1. Agregado fino o arena**

Es aquel material que pasa por el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N.º 200, es un componente inerte del concreto donde no tiene ninguna participación en las reacciones químicas cuando se añade cemento y agua. El

agregado fino no tendrá impurezas, debe de ser fuerte, durable, libre de polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas para obtener una mejor mezcla.

Tamiz		Porcentaje que pasa	
mm	pulg.	Arena natural	Arena manufacturada
4.75	- No. 4	100	100
2.36	- No. 8	95 - 100	95 - 100
1.18	- No. 16	70 - 100	70 - 100
600 $\mu$ m	- No. 30	40 - 75	40 - 75
300 $\mu$ m	- No. 50	10 - 35	20 - 40
150 $\mu$ m	- No. 100	2 - 15	10 - 25
750 $\mu$ m	- No. 200	-	0 - 10

Figura 12. Cuadro de granulometría de agregado fino (21)

### 2.2.31.2. Agregado grueso o piedra

«La porción de agregado que permanece retenido en el tamiz N° 4 se llama agregado grueso. El agregado debe obtenerse triturando roca o grava o ambas. Los fragmentos deben ser lavados, deben ser limpias, resistente, duradera, sin partículas excesivamente planas, rectangulares, blandas o desmoronables. No debe contener polvo, terrones de arcilla u otras sustancias indeseables que puedan afectar la calidad de la mezcla de concreto» (21).

Agregado	Tamaño nominal. Tamices de abertura cuadrada	MATERIAL QUE PASA CADA UNO DE LOS SIGUIENTES TAMICES (CONTEC) (Porcentaje)												
		101,6 mm	90,5 mm	76,1 mm	64,0 mm	50,8 mm	38,1 mm	25,4 mm	19,0 mm	12,7 mm	9,51 mm	4,76 mm	2,38 mm	1,19 mm
0	90,50 mm a 38,10 mm	100	90 a 100	25 a 60		0 a 15	0 a 5							
1	64,00 mm a 38,10 mm			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5						
2	50,80 mm a 4,76 mm				100	95 a 100	35 a 70	10 a 30	0 a 5					
3	38,10 mm a 4,76 mm					100	95 a 100	35 a 70	10 a 30	0 a 5				
4	25,40 mm a 4,76 mm						100	95 a 100	25 a 60	0 a 10	0 a 5			
5	19,0 mm a 4,76 mm							100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5		
6	12,70 mm a 4,76 mm								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
7	9,51 mm a 2,38 mm									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
8	50,80 mm a 25,40 mm				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5					
9	38,10 mm a 19,00 mm					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				

Figura 13. Cuadro de granulometría de agregado grueso Tomada de NTC-174

### 2.2.32. Aditivos para concreto

Es aquel componente que tiene como función principal modificar las propiedades del concreto, ya sea como acelerantes, retardantes, incorporado de aire, plastificantes y muchos otros aditivos que se encuentra en los centros comerciales.

### 2.2.33. Resistencia a compresión

A través de este ensayo determinamos el valor del  $f'_c$  del concreto al esfuerzo de compresión de las probetas obtenidas en el laboratorio o en el campo u obtenidos de la extracción de núcleos diamantinos. Se restringe a concretos cuyo peso unitario sea mayor que  $800 \text{ kg/m}^3$ .

La relevancia de la capacidad de resistir a la compresión de una probeta de concreto deberá alcanzar el 100 % al cabo de 28 días, luego del mezclado y curado respectivo, se obtiene sometiendo los testigos cilíndricos de concreto a la máquina para estos tipos de ensayos, este se obtiene tomando el cociente de la máxima carga obtenida entre la superficie de la sección transversal de la probeta, para lograr datos más certeros y válidos, se agruparán de acuerdo a las edades de 7, 14 y 28 días establecidas en la norma NTP 339.034 (esto se basa en la norma E060).



*Figura 14. Rotura de la probeta cilíndrica (18)*

### 2.2.34. Resistencia a flexión

Este ensayo no es más que el esfuerzo a tracción del concreto, para lo cual se debe tener en cuenta la resistencia a la flexión. Se mide la capacidad a la falla por momento de un trabe o losa de concreto. Medimos cuando se aplica cargas a las losas

de hormigón de 10/10 pulgadas (50/50 mm) de sección transversal. «La resistencia a la flexión se expresa en libras por pulgada cuadrada (MPa), también llamado módulo de rotura (MR) y se mide utilizando los métodos de prueba ASTM C78 (cargadas en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargadas en el punto central)» (22).

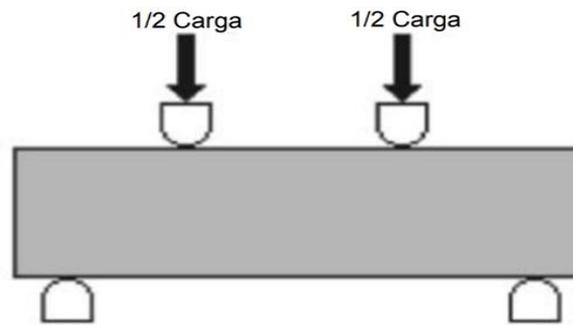
«El módulo de rotura por flexión es de aproximadamente el 10% al 20% de la resistencia a la compresión. Esto depende del tipo, tamaño y volumen de agregado grueso utilizado. Sin embargo, la mejor correlación para un material en particular se obtiene a través de pruebas de laboratorio para los materiales dados y un buen diseño de mezcla. El módulo de ruptura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de ruptura determinado por la probeta cargada en el punto medio, a veces hasta un 15%» (22).

#### **2.2.34.1. Módulo de rotura**

«El módulo de rotura del concreto es una medida útil en el diseño de pavimentos de concreto, ya que las losas funcionan principalmente en flexión. Por lo tanto, en tales casos, la calidad del concreto se especifica señalando el módulo de ruptura» (22).



*Figura 15. Equipo de ensayo a flexión*



**ASTM C78.** Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.

*Figura 16. Aplicación de carga  
Tomada de ASTM C78*

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Métodos y alcance de la investigación**

#### **3.1.1. Método de investigación**

##### **3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación**

El método general usado en esta investigación es el método científico, se define «como el conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo» (23) (p. 28).

##### **3.1.1.2. Método específico**

En este trabajo de investigación se utilizan métodos experimentales porque “consisten en conocer y medir los cambios y efectos que sufre una situación cuando se introducen nuevas causas mientras otras causas permanecen en el mismo estado”. Uno o más elementos se modifican en condiciones que permiten evaluar el impacto del cambio, si es que lo hubiere (24).

#### **3.1.2. Nivel de investigación**

“Nuestro nivel de investigación es el explicativo, ya que la investigación explicativa hace más que explicar conceptos y fenómenos o establecer relaciones entre conceptos, apunta a abordar las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Sus intereses se centran en explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones aparece o por qué dos o más variables están relacionadas” (25).

### 3.1.3. Tipo de investigación

«Es una investigación del tipo experimental, debido a que estudia las relaciones de causalidad utilizando la metodología experimental con la finalidad de controlar los fenómenos» (25) (p. 37).

### 3.2. Diseño de la investigación

En esta tesis se utilizó el diseño experimental, se estudió el concreto en condiciones controladas (se manipulan variables independientes para evaluar el efecto en variables dependiente). Asimismo, el diseño es transversal, porque los resultados se recolectaron en un determinado momento» (26).



*Figura 17. Diseño de la investigación*

La investigación presenta la siguiente estructura:

#### \* **Grupo control (GP)**

Conformado por el concreto patrón llamado también concreto normal o convencional. Se prepararon probetas prismáticas y cilíndricas de concreto las mismas que fueron sometidas al ensayo a la compresión al cabo de 7, 14 y 28 días respectivamente, para un  $f^c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

\* **Grupo experimental (GE)**

Conformado por el concreto incorporando la fibra de acero de diversas combinaciones de mezcla en relación de la dosis establecida de  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  y  $40 \text{ kg/m}^3$ .

Representado por el concreto adicionado vidrio molido con lo que se hicieron combinaciones de mezcla en términos de la dosis establecida de  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  y  $40 \text{ kg/m}^3$ .

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Conformado por la losa de concreto con resistencia de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , en el distrito de Andahuaylas, que usaron cemento tipo I, agregado grueso y fino de la cantera Navarro, ubicada en Talavera, además agua que consume la población urbana de Andahuaylas.

#### **3.3.2. Muestra**

##### **a) Tipo de muestreo**

Es del tipo intencional no probabilístico.

##### **b) Tamaño de la muestra**

I. Para el esfuerzo a la compresión (probetas cilíndricas)

\* **Grupo control**

Conformado por 6 testigos, para un diseño del concreto de  $210 \text{ kgf/cm}^2$  sin fibra de acero ni vidrio molido.

\* **Grupo experimental**

Conformado por 18 diseños diversos de mezcla usando fibras de acero, con una resistencia de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ . El diseño presenta múltiples combinaciones en relación a la cantidad de la fibra de acero por  $\text{m}^3$  de concreto ( $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  y  $40 \text{ kg/m}^3$ ).

Establecido por 18 diversos diseños de mezcla usando vidrio molido, con  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ . El diseño presenta diversas combinaciones respecto a la cantidad del vidrio molido por  $\text{m}^3$  de concreto ( $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  y  $40 \text{ kg/m}^3$ ).

II. Para resistencia a la flexión (probetas prismáticas)

\* **Grupo control**

Conformado por 6 testigos, para un diseño del concreto de  $210 \text{ kgf/cm}^2$  sin fibra de acero ni vidrio molido.

\* **Grupo experimental**

Conformado por 18 diseños distintos de mezcla usando fibra de acero, con  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ . El diseño presenta múltiples variaciones de acuerdo a la dosis de la fibra de acero/m<sup>3</sup> de mezcla de concreto (10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup>).

Conformado por 18 diseños de mezcla con el uso de vidrio molido, con  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ . El diseño presenta múltiples combinaciones de acuerdo de la fibra de acero/m<sup>3</sup> de mezcla de concreto (10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup>).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La observación y la experimentación fueron las técnicas que se usaron en la investigación presentada, para un diseño del concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, modificando cada uno de los diseños por el uso de la fibra de acero, controlados por la cantidad, además también cambiando el diseño por el uso de vidrio molido; para ello se prepararon probetas de concreto, los cuales al ser sometidos a los ensayos propuestos permitirá conocer la resistencia del concreto como también el módulo de rotura de diseño a los 7, 14 y 28 días.

#### **3.4.1. Instrumentos de recolección de datos**

- **Pruebas estandarizadas**

Se aplicaron las pruebas normalizadas, se fundamentan en la Normatividad Peruana (NTP) así como en la norma internacional llamada ASTM, las cuales indican los caminos respectivos para poder ejecutar los ensayos del concreto en su estado fresco y endurecido.

- **Instrumentos o aparatos de medición**

Un instrumento de medición es un «recurso utilizado por el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente» (25).

En la presente investigación se usaron las fichas de observación, notas de campo y de laboratorio.

Seguidamente, se mencionan las fichas usadas para la recolección y toma de datos:

- Para el diseño de mezcla
- Para verificar el control de pérdida de *Slump*
- Para constatar el tiempo de fraguado

- Para el control de peso unitario y rendimiento
- Para controlar de aire atrapado
- Para el control de la resistencia a la compresión

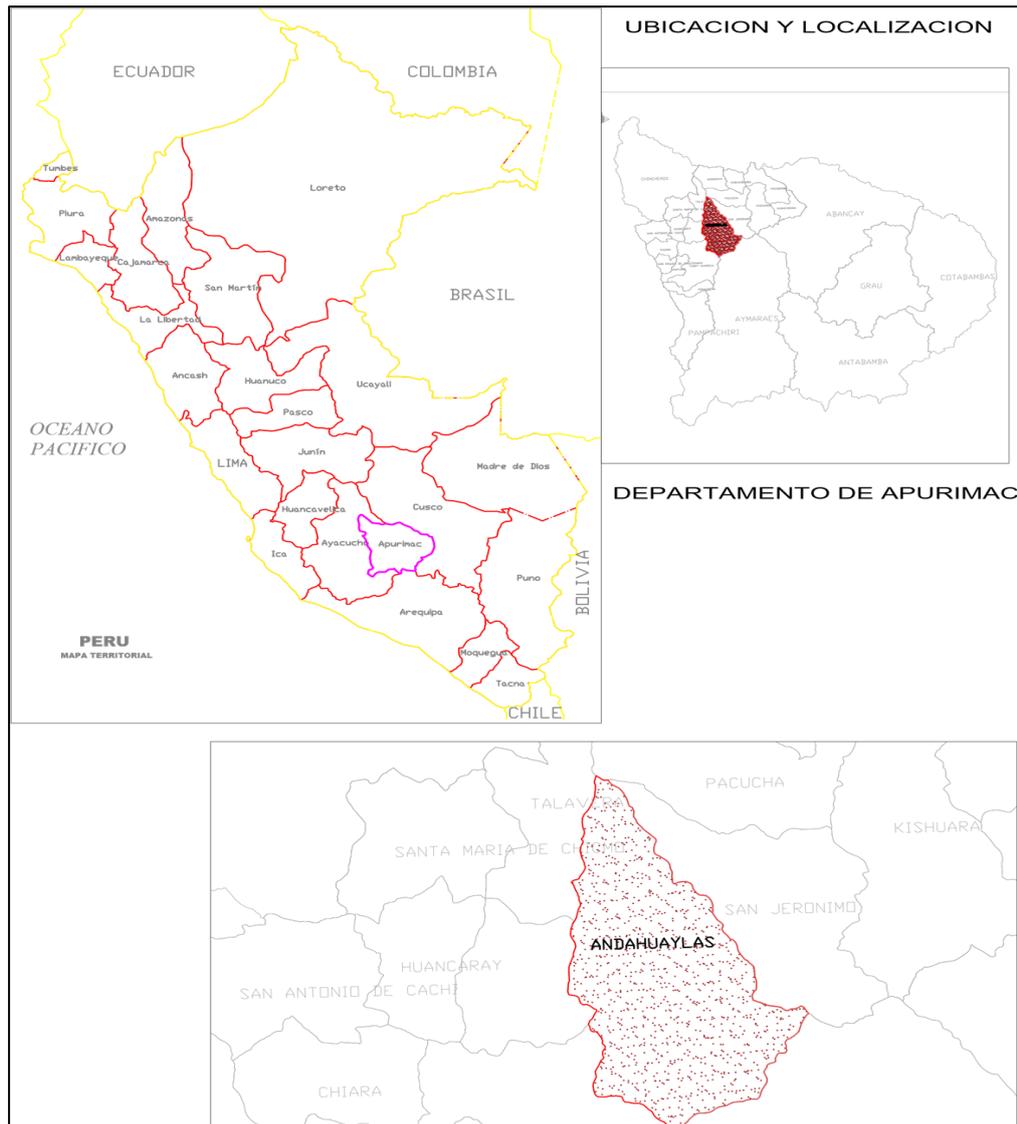
## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Marco geográfico**

##### **4.1.1. Ubicación política**

- Departamento: Apurímac
- Provincia: Andahuaylas
- Distrito: Andahuaylas



**Figura 18. Ubicación y localización geográfica**

#### **4.1.2. Ubicación geográfica**

- Altitud: 2836 m s. n. m.
- Coordenadas: 13°39'27"S 73°23'00"O

#### **4.1.3. Delimitaciones**

La zona de proyecto se delimita por los siguientes:

- Por el norte: Jr. Santa Teresa
- Por el sur: Jr. Ayacucho
- Por el este: Jr. Santa Rosa
- Por el oeste: Jr. Abancay

## **4.2. Accesibilidad**

Para llegar a la zona de estudio es por una vía sin pavimentar, se puede llegar caminando o en vehículo. La distancia desde la ciudad de Andahuaylas hasta la zona de estudio es aproximadamente de 1 km, por la cercanía de la zona de estudio se emplea 10 minutos caminando o 3 minutos en vehículo.

## **4.3. Información previa**

### **4.3.1. Área vial no pavimentada**

La provincia de Andahuaylas carece de vías pavimentadas y algunas de estas vías pavimentadas se encuentran en pésimo estado de conservación, tal es así que en la zona céntrica de Andahuaylas, los jirones Abancay y Santa Teresa en épocas de precipitaciones pluviales ocasionan charcos de aguas provenientes de escorrentías superficiales, los mismos que alteran la circulación vehicular y peatonal.

## **4.4. Programa de investigación**

### **4.4.1. Estudio de cantera**

Los agregados grueso y fino que se emplearon en la presente investigación han sido extraídos de la cantera «Navarro», siendo esta cantera una de las más recomendadas y usadas en la provincia de Andahuaylas.

#### **4.4.1.1. Ubicación de la cantera**

- Departamento: Apurímac
- Provincia: Andahuaylas
- Distrito: Talavera

#### **4.4.1.2. Coordenadas**

- Latitud: 13°39'21.94"S
- Longitud: 73°26'10.39"O
- Alcance: 120 m
- Encabezado: 4.000000°
- Inclinación: 37.000000°



*Figura 19. Recolección de agregado en la cantera Navarro*

#### **4.4.2. Ensayo en los agregados**

Se realizaron de acuerdo al Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones EM 2000, también se tomaron en cuenta las indicadas en la Norma Técnica Peruana (NTP-339.127) y la norma internacional ASTM (D-2216). Se llevó a cabo tanto para agregado fino y agregado grueso con algunas diferencias que indica el manual. Los resultados obtenidos y formatos utilizados para el ensayo se observan en las tablas 1 y 2.

##### **4.4.2.1. Ensayo de humedad natural**

Con este ensayo se determinaron el contenido de humedad de acuerdo con el EM 2000, MTC E108, basado en la norma ASTM D 2216. A través de este ensayo se somete al agregado a una secuencia de secado y validar su masa antes y después del proceso para lograr obtener su porcentaje de humedad total.

##### **Equipos y materiales:**

- Horno 110+/-5 °C
- Balanzas
- Tarros
- Utensilios

##### **Procedimiento**

- Seleccionar una muestra representativa por cuarteo.
- Encontrar la masa de la muestra de acuerdo con lo indicado con un aproximado de 0.1 %.
- Tomar un recipiente, anotar su identificación y determinar su peso.

- De igual manera se pesa el recipiente más la muestra húmeda.
- Colocar la muestra más la tara a una determinada temperatura (110 °C) por un periodo de 24 horas en el horno, un calentamiento muy rápido puede generar que algunas partículas se pulvericen, resultando una pérdida de esta.
- Retirar la muestra del horno y dejarla que baje su temperatura hasta que alcance un valor como la del medio ambiente.
- Pesar la muestra seca en conjunto con el recipiente.
- Tener en cuenta que se asume 3 muestras para realizar el promedio del ensayo, debido a ello tener mayor precisión en los resultados. Ver la figura 20 que demuestra el gráfico de resultado final.

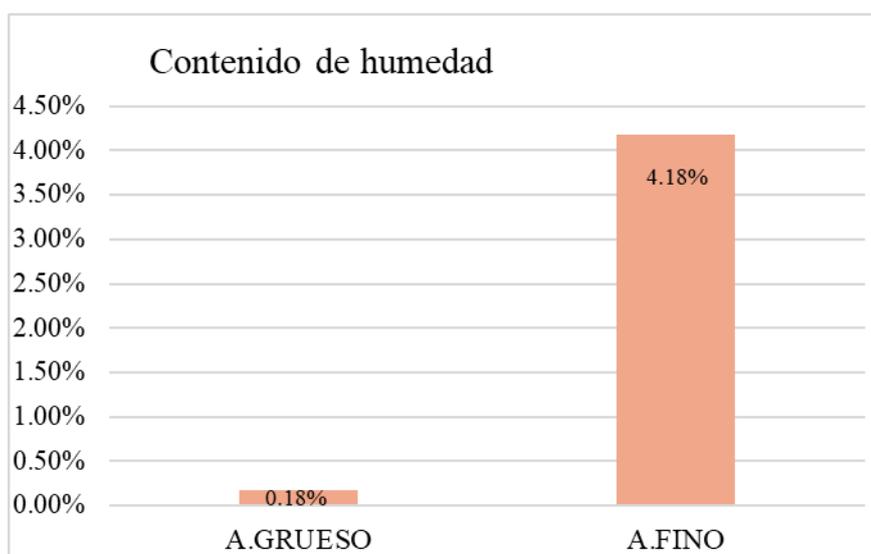
$$H \% = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} * 100 \quad (1)$$

**Tabla 1. Porcentaje de humedad del agregado grueso**

<b>Porcentaje de humedad de agregado grueso</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Peso del taro (g)	11.34	23.34	11.34
Peso del T + suelo húmedo (g)	45.96	61.39	45.56
Peso del T+ suelo seco (g)	45.9	61.32	45.5
Peso del agua (g)	0.06	0.07	0.06
Peso del suelo seco (g)	34.56	37.98	34.16
Contenido de humedad (%)	0.17	0.18	0.18
<b>% W promedio</b>		<b>0.18</b>	

**Tabla 2. Porcentaje de humedad del agrego fino o arena**

	A	B	C
Peso del taro (g)	23.51	23.5	23.5
Peso del T+ suelo húmedo (g)	97.41	96.46	96.3
Peso del T+ suelo seco (g)	94.51	93.47	93.38
Peso del agua (g)	2.9	2.99	2.92
Peso del suelo seco (g)	71	69.97	69.88
Contenido de humedad (%)	4.08	4.27	4.18
<b>% W promedio</b>		<b>4.18</b>	



**Figura 20. Contenido de humedad**



**Figura 21. Ensayo de contenido de humedad en laboratorio**

#### **4.4.2.2. Gravedad específica y absorción de agregados finos**

Este ensayo se realizó de acuerdo con el manual **EM 2000** del **MTC E 205 – 2000**, y la normatividad **NTP 400.021, ASTM C – 127**. Los valores obtenidos como resultados y formatos utilizados para el ensayo se observan en las tablas 3 y 4.

##### **Equipo utilizado**

- Balanza calibrada
- Bandeja de aluminio
- Picnómetro de vidrio
- Cono de absorción
- Apisonador de 5/8
- Horno a 105 °C
- Probeta

##### **Descripción del proceso**

- Colocar 500 g de la muestra aproximadamente, posterior a llenar agua de 1000 ml en el frasco, se revuelve el frasco de vidrio con delicadeza para eliminar burbujas de aire atrapado y esto se hace manualmente.
- Se selecciona el material para obtener una muestra de 500 mg aproximadamente, verificando el material pase de la malla 4, seguidamente, se sumerge en agua por una duración de 24 horas para alcanzar su máxima saturación.
- Una vez alcanzada su máxima saturación del material, se ladea delicadamente el agua y se procede al secado, se coloca el material fino en un receptáculo metálico para su respectivo secado a través de calor en una cocina a gas graduable, tratando que el proceso sea homogéneo y constante para lograr un buen resultado.
- Se procede con una muestra de toma del material y se rellena en el vacío central del cono metálico, delicadamente, y se apisona sin mucha fuerza con unos 25 golpes sobre la exterior, luego de ello se retira el cono, examinando el primer desmoronamiento que señala el estado saturado del material superficialmente seco (SSS)
- Se obtiene el material resultado del ensayo precedente y se coloca una proporción apropiada en el picnómetro de vidrio primeramente tarado o pesado para determinar su peso, seguidamente, se llena con agua

hasta un 90 % de su capacidad del picnómetro para posteriormente retirar el aire atrapado girando y moviendo de lado a lado el picnómetro. Para luego someter en un recipiente con agua caliente para reposar en baño maría.

- Concluyendo finamente el proceso, se pesa el picnómetro en su máxima capacidad de llenado para pesar, se decanta de nuevo el agua y el agregado restante se retira en un receptáculo tarado para ser secado en el horno por las próximas 24 horas para determinar el peso del material secado, ver figura 22.

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{A}{B + S - C} \quad (2)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + S - C} \quad (3)$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{B + A - C} \quad (4)$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} * 100 \quad (5)$$

**Donde**

- A: peso seco de la muestra obtenida
- B: peso del frasco + agua
- C: peso del frasco + agua + muestra
- S: peso de la muestra saturada con superficie seca

**Tabla 3. Agregado fino**

Ensayo del agregado fino		
Peso del material para ser secado al horno a 105 °C	A	485.00
Peso de la probeta + agua	B	1397.00
Peso material saturado superficialmente desecado (SSS)	C	500.00
Peso del material SSS (sumergido al agua)	D	1732.00
Peso del material SSS + probeta + agua	E	1897.00
Volumen del material	F	165.00
Volumen de la masa	G	150.00

**Tabla 4. Resultados del agregado fino**

<b>Agregado fino resultados</b>	
Gravedad específica bulk (base seca) Gs	2.94
Gravedad específica bulk (base saturada) Gs	3.03
Gravedad específica aparente Gs	3.23
Porcentaje de absorción % absorción	3.09



**Figura 22. Ensayo de agregado fino**

#### **4.4.2.3. Gravedad específica y absorción de agregados grueso**

Este ensayo será realizado de acuerdo con el manual, EM 2000 del MTC E 206 –200; a través del cual se determinan la absorción de los agregados gruesos y el peso específico, establecido en la norma ASTM- C127; NTP 400.021. En las tablas 5 y 6 se observan los valores que se obtuvo en laboratorio.

##### **Equipo utilizado**

- Horno 110 °C
- Recipientes de acero
- Balanza calibrada de 30 kg
- Probeta graduada a las medidas.
- Canastilla
- Baldes
- Cucharones metálicos

### Descripción del proceso

«La muestra se lava primero con agua hasta que se elimine por completo el polvo u otra materia extraña adherida a la superficie de las partículas; luego secado en horno a 100°-110°C y enfriamiento al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Después de enfriar, se pesa, se repite el secado hasta peso constante y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante  $24 \pm 4$  horas» (17).

«Si se utilizan los valores de gravedad específica y absorción para la proporción de la mezcla de concreto, el agregado se usará en condiciones naturalmente húmedas, se puede eliminar el requisito inicial de secado a peso constante y si se prueba la superficie del concreto. , las partículas de prueba deben mantenerse constantemente húmedas, se puede prescindir del remojo de 24 horas» (17).

«Retire la muestra del agua y enróllela sobre un paño absorbente grande hasta que desaparezca toda la película de agua visible, incluso si la superficie de las partículas todavía está húmeda. Partir en trozos grandes y secar por separado. Se debe tener cuidado para evitar la evaporación durante el secado de la superficie. Los pesos de prueba se obtienen con una superficie seca y saturada. Estas y todas las demás básculas tienen una precisión de 0,5 gramos o 0,05 % del peso de la muestra, el que sea mayor» (17).

«Inmediatamente después del pesaje, la muestra antiadherente saturada se coloca en una cesta de alambre y se determina su peso en agua con una temperatura de  $23 \text{ °C} \pm 1,7 \text{ °C}$  y una densidad de  $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$ . Asegúrese de agitar el recipiente durante el remojo para eliminar el aire atrapado antes de pesarlo» (17).

«Seque la muestra manteniendo su peso constante a una temperatura aproximada de  $100 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ , luego enfríe hasta una temperatura ambiente durante 1 a 3 horas o hasta que el agregado se enfríe a una temperatura agradable al tacto (alrededor de  $50 \text{ °C}$ ) y pesar» (17).

$$\gamma_{\text{masa}} = \frac{A}{B - C} \quad (6)$$

$$\gamma_{\text{masa saturada superficie seca (S. S. S.)}} = \frac{B}{B - C} \quad (7)$$

$$\gamma_{\text{aparente}} = \frac{A}{A - C} \quad (8)$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} * 100 \quad (9)$$

**Donde**

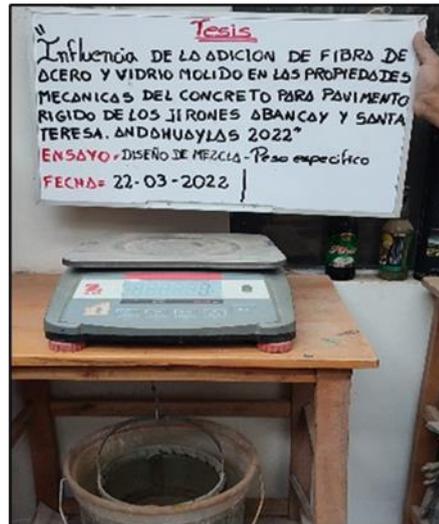
- A: peso seco del material al horno 105 °C (g)
- B: peso del material s.s.s (sumergido al agua) (g)
- C: peso del material saturado superficialmente seco (SSS) (g)

**Tabla 5. Agregado grueso**

<b>Agregado grueso</b>		
<b>Datos</b>		
Peso seco del material al horno 105 °C	A	498
Peso del material SSS (sumergido al agua)	B	317
Peso del material saturado superficialmente seco (SSS)	C	500
<b>Proceso</b>		
Peso del material S. S. S. + probeta + agua	E	500
Volumen del material	F	183
Volumen de la masa	G	181
Peso del bulk (base seca)	A/F	2.72
Peso del bulk (base saturada)	C/F	2.73
P. E. aparente (base seca)	A/G	2.75
<b>% de absorción</b>	<b>((C-A)/A)*100</b>	<b>0.4</b>

**Tabla 6. Resultados del agregado grueso**

<b>Resultados de agregado grueso</b>	
Gravedad específica (base seca)	2.72
Gravedad específica (base saturada)	2.73
Gravedad específica aparente	2.75
Porcentaje de absorción %absorción	0.4



*Figura 23. Agregado grueso sumergido en agua*

#### **4.4.2.4. Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados**

De acuerdo con las normas EM 2000, MTC E 203 – 2000; se obtuvo los pesos unitarios y porcentaje de vacíos del agregado teniendo en cuenta las normas ASTM C – 29 y NTP 400.017.

##### **Equipos utilizados**

- Bascula calibrada de 30 kg
- Apisonador liso cilíndrica de 5/8 de diámetro
- Depósitos de volúmenes adecuados
- Recipiente de acero

##### **Descripción del proceso**

Seleccionar una probeta cuyas medidas obedecen al TMN del agregado, en esta ocasión se usó una probeta de 18 cm x 35 cm respectivamente, por ser el más cercano en medidas según las sugerencias del ensayo, luego se determina el peso y sus dimensiones para obtener su volumen respectivo.

Para encontrar el peso unitario por apisonamiento del material agregado grueso, se coloca el material en 3 capas de iguales volúmenes, posteriormente se pasa a varillar 25 golpes por cada capa, sin que esta varilla entre en contacto con la base del molde para no alterar las capas inferiores, finalmente, se enrasa al nivel del molde con la misma varilla, para luego cuantificar su masa del molde más el agregado grueso.

El peso unitario del agregado fino, el método es bastante idéntico, pero en esta ocasión no se usó la varilla de acero, solo se deja caer el espécimen de una altura limitada no mayor a 3” desde el canto superior, con una herramienta apropiada que puede ser una regla metálica, se enrasa para luego pesar el molde más el agregado fino.

**Tabla 7. Peso unitario suelto del agregado fino**

<b>Peso unitario suelto de agregado fino</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del material seco al horno más el molde (g)	8960	8966	8975
Peso del molde (g)	4358	4358	4358
Peso del material seco al horno (g)	4602	4608	4617
Volumen del molde	2850	2850	2850
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) 1,2,3	1615	1617	1620
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )		1617	

**Tabla 8. Peso unitario suelto del agregado grueso**

<b>Peso unitario suelto de agregado grueso</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del material seco al horno más el molde (g)	8840	8860	8880
Peso del molde (g)	4358	4358	4358
Peso del material seco al horno (g)	4482	4502	4522
Volumen del molde	2850	2850	2850
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1573	1580	1587
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )		1580	

**Tabla 9. Varillado del agregado fino o arena**

<b>Peso unitario varillado de agregado fino</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del material seco al horno más molde (g)	9425	9410	9400
Peso del molde (g)	4358	4358	4358
Peso del material seco al horno (g)	5067	5052	5042
Volumen del molde	2850	2850	2850
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) 1,2,3	1778	1773	1769
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )		1773	

**Tabla 10. Varillado del agregado grueso**

<b>Peso unitario varillado de agregado grueso</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del material seco al horno más el molde (g)	9440	9349	9398
Peso del molde (g)	4358	4358	4358
Peso del material seco al horno (g)	5082	4991	5040
Volumen del molde	2850	2850	2850
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1783	1751	1768
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )		1768	



**Figura 24. Varillado del agregado fino**



*Figura 25. Pesado del agregado fino*



*Figura 26. Varillado del agregado grueso*

#### 4.4.2.5. Análisis granulométrico comparativo de agregados gruesos y finos

Para este ensayo del análisis granulométrico por tamizado se realizó acorde al manual (EM 2000) (MTC E 204 – 2000), para los agregados grueso y fino, teniendo en cuenta la norma (NTP 339.128) (ASTM D – 422).

##### **Equipo utilizado para el ensayo**

- Balanza 30 kg
- Tamices normalizados (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N.º 30, N.º 50, N.º 100, N.º 200, base y tapa de los envases de granulometría)
- Horno a 110 °C

### Descripción del proceso

Seleccionar y separar el material por medio de un tamizado, el que se queda en la malla N.º 3/8 será agregado grueso y el que pase la malla N.º 16 será el agregado fino.

Cuando ya se haya secado el material liberado de impurezas se vacía en un conjunto de tamices previamente ordenados por medidas, para después comenzar con el desarrollo de ligeros golpes y girando de lado a lado hasta adquirir un peso firme en cada malla de los tamices, retirándolos con cuidado cada una de ellas.

Si se presentan agregados grueso y fino, la cantidad de espécimen más fina que el tamiz de 4,75 mm (N.º 4) puede ser dividido entre dos o más tamices con e propósito de evitar sobrecarga de los tamices individuales.

Finalmente, la proporción retenida del agregado se pesa con la balanza, incorporando lo que sobra en la base, de esta manera se pesa el total del material. Después de tamizar el material, se debe comparar el peso inicial del espécimen es ensayada con el peso original del material. Si la cantidad excede en más del 0.3 % del peso seco original del espécimen, el resultado no debe ser utilizado con el propósito de aceptar.

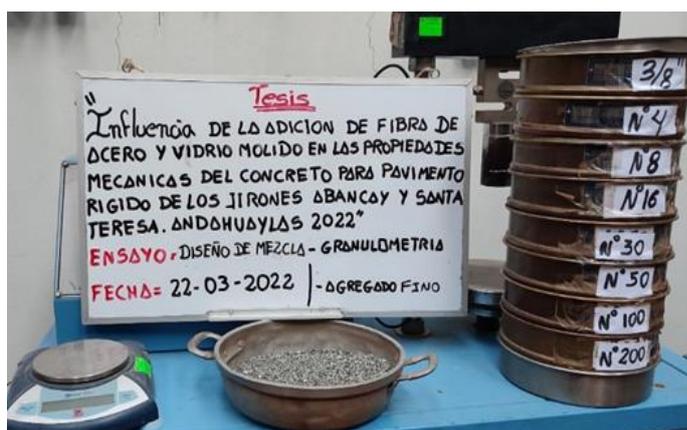


Figura 27. Muestra de agregado fino



Figura 28. Muestra de agregado grueso

Tabla 11. Granulometría del agregado fino

Granulometría agregado fino						Resultado	
Mallas	Peso (g)	(%)	(%)	(%)	N.º Tamiz		
	Retenido	Retenido	Retenido acu.	Pasa acu.	Estándar ASTM		
3/8	0	0	0	100	100	100	100
N.º 4	0	0	0	100	95	100	100
N.º 8	135	15	15	85	80	100	85
N.º 16	216	24	38	62	50	85	62
N.º 30	141	16	54	46	25	60	46
N.º 50	289	32	86	14	10	30	14
N.º 100	101	11	97	3	2	10	3
N.º 200	25	3	99	0.7	0	5	1
<N.º 200	6	1	100	0	0	5	0
<b>Total</b>	913	100					

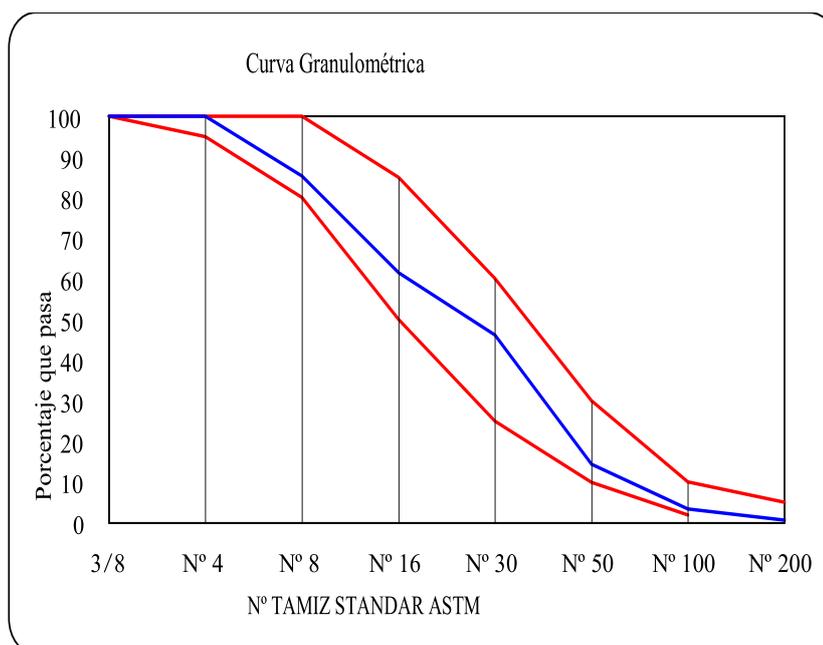
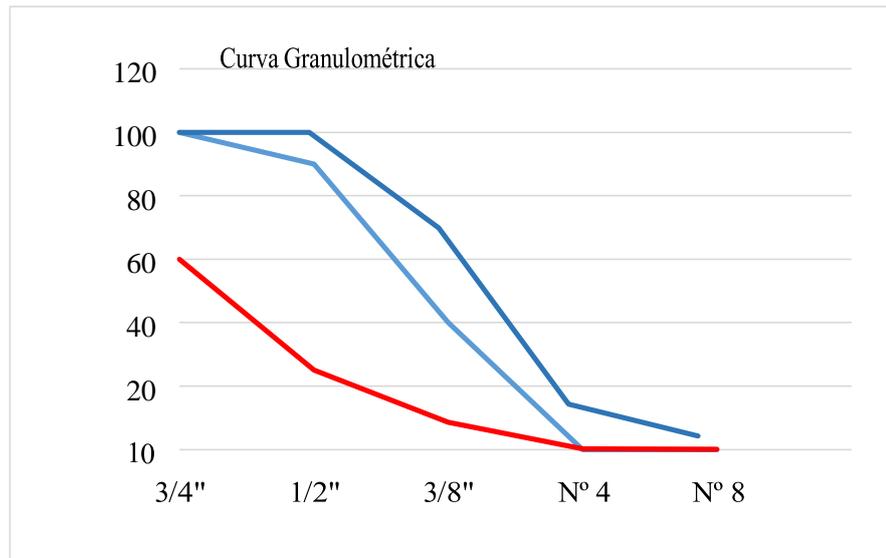


Figura 29. Curva del agregado fino

Tabla 12. Granulometría del agregado grueso

Granulometría Agregado. Grueso					Resultado		
	Peso (g)	(%)	(%)	(%)	N.º Tamiz		
Malla	Retenido	Retenido	Retenido acu.	Pasa acu.	Estándar ASTM		
2"	0	0	0	100			
1 1/2"	0	0	0	100			
1"	215	8	8	92			
3/4"	849	32	40	60	100	100	60
1/2"	927	35	75	25	90	100	25
3/8"	437	16	91	8.5	40	70	9
N.º 4	222	8	100	0	0	15	0
N.º 8	3	0	100	0.1	0	5	0
N.º 16	2	0	100	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>2655</b>	<b>100</b>					



*Figura 30. Curva del agregado grueso*

#### 4.4.2.6. Módulo de fineza de los agregados grueso y fino

Es un índice de finuras de los agregados; considerado como una constante numérica adimensional que representa los tamaños promedio ponderados del agregado.

Se determinan en función de los análisis granulométricos del material. Su valoración se da mediante la suma porcentual acumulados de los agregados retenidos en los tamices estándar dividiendo entre 100:

**Tabla 13. Módulo de fineza del agregado grueso**

Características físicas	V. usuales	Calculado
Módulo de fineza	(5.5-8.5)	6.08
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	(2.4 - 2.8)	2.75
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )	(1300 - 1800)	1580
Peso unitario compacto (g/cm <sup>3</sup> )	(1400-1900)	1768
(%) Humedad	(0.0 - 20)	0.2
(%) Absorción	(0.2 - 4.0)	0.0
Límites para sustancias perjudiciales en agreg. fino	ASTM-C33 Máximo	Calculado
Abrasión máquina de los ángeles		28.0 %
<b>Observaciones:</b>		
Material grueso con mayor porcentaje retenido en la malla		1/2"

**Tabla 14. Módulo de fineza del agregado fino**

Características físicas	V. usuales	Calculado
Módulo de fineza	(2.4-3.0)	<b>2.89</b>
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	(2.4 - 2.8)	<b>3.23</b>
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )	(1300 - 1800)	<b>1617</b>
Peso unitario compacto (g/cm <sup>3</sup> )	(1400-1900)	<b>1773</b>
(%) Humedad	(0.0 - 20)	<b>4.18</b>
(%) Absorción	(0.2 - 4.0)	<b>3.09</b>
Límites para sustancias perjudiciales en ag. fino	ASTM-C33 Máximo	Calculado
<b>Observaciones:</b>		
3 % del concreto sujeto a la abrasión y 5 % para la demás clasificación: <b>AG-3</b>		

**4.4.2.7. Abrasión o ensayo de los ángeles**

«Es el índice de calidad del agregado y su resistencia a la abrasión (desgaste). Las resistencias a las abrasiones son principales en el momento que el agregado se utiliza en un concreto expuesto al desgaste, como, por ejemplo: los pisos para servicio pesado (industriales) o en losas de concreto. La baja resistencia al desgaste de un agregado tiende a crecer los finos en el mortero durante el mezclado. Posiblemente genere mayor cantidad de agua, exigiéndose ajustes de la relación agua-cemento» (27).

Los ensayos más comunes de resistencias a las abrasiones es el de abrasión los Ángeles (método cuando el tambor es giratorio) realizado de acuerdo con la ASTM C-131. La especificación ASTM C-33 establece una pérdida máxima permisible de 50 % en esta prueba. A continuación, se muestra los resultados del análisis de abrasión o ensayo de los ángeles a los agregados (27).

**Tabla 15. Prueba de abrasión o ensayo de los ángeles a los agregados**

Prueba de abrasión Los Ángeles Según norma MTC e 207-200					
Gradación	Revoluciones N.º	Billas N.º	P. de muestra antes de ensayo	Peso muestra que queda luego del ensayo	% de pérdidas corregidas
“A”	500	12	5000	3590	<b>28.2</b>

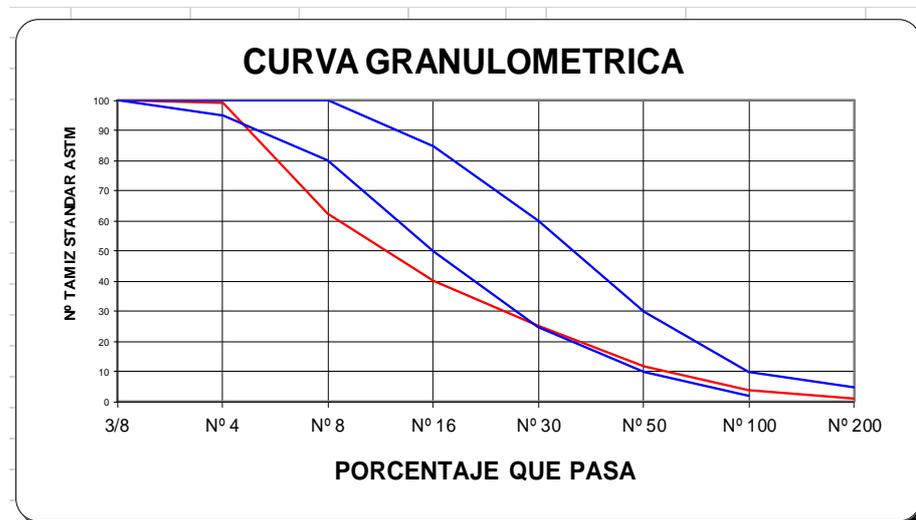
#### 4.4.3. Ensayo al vidrio molido

##### 4.4.3.1. Ensayo granulométrico

En la tabla 16 se publican los resultados del análisis granulométrico del vidrio molido y en la figura 31 se muestra la curva granulométrica:

**Tabla 16. Análisis granulométrico del vidrio molido**

Granulometría				
Malla N.º	Peso retenido (g)	(%) retenido	(%) retenido acumul.	(%) pasa acumul.
3.8	0	0.0	0.0	100
N.º 4	5	0.6	0.6	99
N.º 8	314	37	38	62
N.º 16	188	22	60	40
N.º 30	127	15	75	25
N.º 50	117	14	88	12
N.º 100	67	8	96	4
N.º 200	21	2	99	1
<N.º 200	11	1	100	0
<b>Total</b>	<b>850</b>	<b>100</b>		



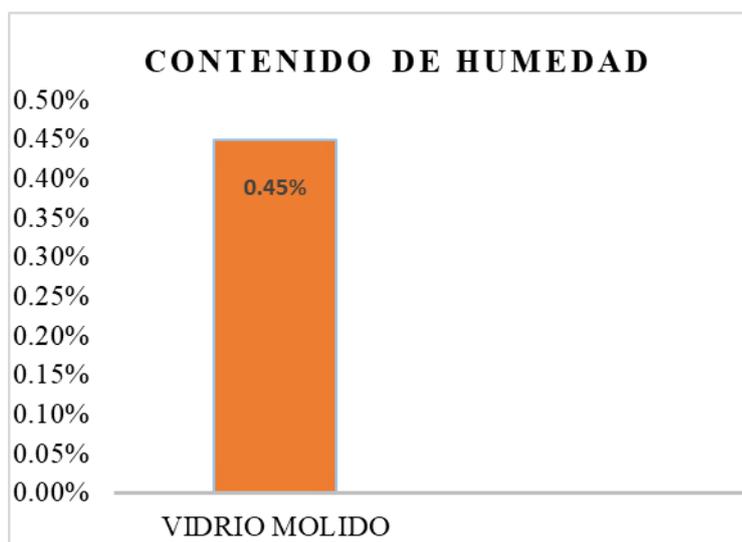
*Figura 31. Curva granulométrica del vidrio molido*

##### 4.4.3.2. Ensayo de humedad

En la tabla 17 y figura 32 se observan los valores del análisis de humedad del vidrio molido:

**Tabla 17. Porcentaje de humedad del vidrio molido**

Porcentaje de humedad				
Muestra	1	2	3	
vidrio molido	A	B	C	
1	Peso del tarro	16.5	15.19	15.3
2	Peso del vidrio molido húmedo	56.86	60.28	60.5
3	Peso del vidrio molido seco	56.72	60.08	60.25
4	Peso del agua	0.14	0.2	0.25
5	Peso del suelo seco	40.22	44.89	44.95
6	Contenido de humedad	0.35 %	0.45 %	0.56 %
7	<b>% W promedio</b>	<b>0.45</b>		



*Figura 32. Contenido de humedad del vidrio molido*

#### **4.4.4. Diseño de mezcla del concreto para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$**

Todo diseño de mezclas requiere una dosificación establecida por proporciones de cantidad y volumen en donde se mezcla diferentes componentes para conseguir una mezcla con las características y propiedades exigidas en un proyecto.

Se llevo a cabo en la investigación los ensayos de compresión y flexión del concreto, para obtener la resistencia prevista se realiza el diseño de mezcla basados en el diseño de mezcla de ACI 211.

#### 4.4.4.1. Cálculos de la resistencia a compresión

En la tabla se muestra, para una resistencia del concreto cuyo  $f'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup> se determina la resistencia propuesta, teniendo en cuenta un pequeño porcentaje de variación del 1 % según el ACI. Ver tabla 18.

**Tabla 18. Promedio de resistencia requerida a compresión**

$f'c$ especificado	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 7,0$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 84$
$f'c > 350$	$f'cr = f'c + 98$

Nota: tomada del Comité ACI (27)

El  $f'c$  para esta investigación es 210 kgf/cm<sup>2</sup> por lo cual el  $f'cr$  será:

$$f'cr = f'r + 84 = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2 \quad (10)$$

#### 4.4.4.2. Se selecciona el tamaño máximo nominal

Se describe la malla del tamaño máximo del agregado que se debe utilizar, donde existen varias consideraciones. En esta tesis el tamaño máximo nominal del agregado es 1/2".

#### 4.4.4.3. Asentamiento con el cono de Abrams

Para verificar el asentamiento en el concreto diseñado para el presente proyecto será el *Slump* de consistencia plástica, en la tabla siguiente se muestra el asentamiento que se da en el concreto, se verifica el *Slump*.

**Tabla 19. Variedades del asentamiento**

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	> 5" (125 mm)

Nota: tomada del Comité ACI (27)

#### 4.4.4.4. Volumen unitario del agua

Consiste en determinar el volumen unitario de agua necesario para el concreto, considerando las recomendaciones dadas por el ACI 211.

**Tabla 20. Volumen del agua**

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
<b>Concretos con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Nota: tomada del Comité ACI (27)

Para ello, la mezcla de consistencia plástica de revestimiento debe ser de (3" a 4") y con un tamaño máximo nominal de 1", se tiene en cuenta el volumen unitario del agua, y como resultado final se obtiene 216 l/m<sup>3</sup>.

#### 4.4.4.5. Relación agua / cemento

Para realizar la relación de a/c se consideran las condiciones establecidas que brinden y garanticen durabilidad a la muestra, teniendo en cuenta el f'c del concreto con o sin aire incorporado en la mezcla.

**Tabla 21. Relación de agua y cemento para el diseño**

F'cr (28 días)	Relación agua / cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Nota: tomada del Comité ACI (27)

Anteriormente se indicó que F'cr era de 294 kg/cm<sup>2</sup>, para ubicar en la tabla se debe interpolar usando valores superiores e inferiores de 284.

**Tabla 22. Interpolación de a/c**

fcr	a/c
300	0.55
294	x
250	0.62

$$\frac{250 - 294}{250 - 300} = \frac{0.62 - 0.55}{0.62 - X} \quad (11)$$

$$\frac{a}{c} = 0.56 \quad (12)$$

El concreto diseñado para el pavimento rígido de la provincia de Andahuaylas será expuesto a condiciones muy duras, por lo que se estableció 0.54 como la relación de agua / cemento.

#### 4.4.4.6. Factor cemento

El factor del cemento se calcula con la siguiente relación:

$$F_c = \frac{\text{Volumen unit. de agua}}{\text{Relacion a/c}} = \frac{216 \text{ l/m}^3}{0.56} = 386.82 \text{ kgf/m}^3 \quad (13)$$

$$F_c = 386.82 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 9 \text{ bolsas} \quad (14)$$

$$\text{Volumen agregado grueso (sc)} = 0.56 * 1705.26 = 954.5 \text{ kg} \quad (15)$$

#### 4.4.4.7. Contenido de agregado grueso y fino

Se encontró el volumen de contenido del agregado grueso y de fino a través de la fórmula del volumen unitario del concreto. Tal es así que se encontró el volumen requerido luego se divide el peso del material entre la densidad del material obtenido del ensayo.

$$\text{Volumen unitario de material} = \frac{\text{Peso de material}}{\text{Densidad del material}} \quad (16)$$

$$\text{Cemento} = \frac{386.82 \text{ kgf/m}^3}{3.15 \text{ grf/cm}^3} = 0.1228 \text{ m}^3 \quad (17)$$

$$\text{Agua} = \frac{216 \text{ l/m}^3}{1000} = 0.216 \text{ m}^3 \quad (18)$$

$$\text{Aire} = 1.5 \% = 0.015 \text{ m}^3 \quad (19)$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{954.95}{1768.42} = 0.54 \text{ m}^3 \quad (20)$$

$$\text{Total} = 0.8938 \text{ m}^3 \quad (21)$$

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 1 - 0.8938 \text{ m}^3 = 0.1062 \text{ m}^3 \quad (22)$$

#### 4.4.4.8. Cálculo de volúmenes absoluto del agregado fino

Se determina con la siguiente relación:

$$\text{Vol. abs agregado fino} = 0.1062 \times 8788 = 933.30 \text{ kg}$$

#### 4.4.4.9. Ajuste del peso por humedad de los agregados

Para realizar los respectivos ajustes respecto a la humedad de los agregados se usa lo señalado en la norma:

##### Agregado fino

$$\text{Peso húmedo} = 933.30 * \left(1 + \frac{4.18 \%}{100}\right) = 972 \text{ kg} \quad (23)$$

##### Agregado grueso

$$\text{Peso húmedo} = 954.95 * \left(1 + \frac{0.2 \%}{100}\right) = 957 \text{ kg} \quad (24)$$

##### Agua efectiva

$$\left(216 - \left(933.33 \left(\frac{4.18 - 3.09}{100}\right) + 954.95 \left(\frac{0.2 - 0.40}{100}\right)\right)\right) = 207.57 \text{ kg} \quad (25)$$

**Tabla 23. Diseño de mezcla en estado húmedo**

Material	Peso húmedo /m <sup>3</sup>
Cemento	386.82 kg
Agua	972.30 kg
Agregado fino	956.66 kg
Agregado grueso	207.57 lt

#### 4.4.4.10. Porción de cemento, agregados y agua

Se determina la porción en p3 de los materiales.

**Tabla 24. Porción en p3**

Material	p3
Cemento	1 p3
Agua	2.51 p3
Agregado fino	2.47 p3
Agregado grueso	22.8 lt

#### 4.4.5. Diseño de mezcla para fibra de acero

Después de haber finalizado el diseño de mezcla obteniendo las dosificaciones exactas, se calcula el peso de los materiales por grupo, de acuerdo con lo que se va a usar en la investigación. Se van a elaborar briquetas de 15 x 30 que será sometido a ensayo de compresión, y vigas de 10 x 10 x 50 que serán sometidas a ensayo de flexión.

La adición de fibra de acero se realizó teniendo en cuenta la siguiente relación de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup>, 40 kg/m<sup>3</sup> lo cual se representan en las tablas 25 y 26.

**Tabla 25. Diseño de mezcla con la adición de fibra de acero al ensayo a compresión**

Compresión	10 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>	40 kg/m <sup>3</sup>
Cemento	6.700 kg	6.700 kg	6.700 kg
Agregado grueso	16.450 kg	16.450 kg	16.450 kg
Agregado fino	16.700 kg	16.700 kg	16.700 kg
Agua	3.600 lt	3.600 lt	3.600 lt
Fibra de acero	0.690 kg	0.340 kg	0.170 kg

**Tabla 26. Diseño de mezcla con la adición de fibra de acero al ensayo a flexión**

Flexión	10 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>	40 kg/m <sup>3</sup>
Cemento	6.400 kg	6.400 kg	6.400 kg
Agregado grueso	15.700 kg	15.700 kg	15.700 kg
Agregado fino	15.950 kg	15.950 kg	15.950 kg
Agua	3.500 lt	3.500 lt	3.500 lt
Fibra de acero	0.690 kg	0.340 kg	0.170 kg

#### 4.4.6. Diseño de mezcla para vidrio molido

Culminado el diseño de mezcla, se obtuvieron las dosificaciones exactas, esto permite calcular el peso de los materiales por cada grupo planteado en la investigación. Para luego elaborar briquetas cuyo diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm, que será sometido a ensayo de compresión, y vigas de 10 x 10 x 50 que serán sometidas a ensayo de flexión.

La incorporación de vidrio molido se realizó de acuerdo con el planteamiento teórico de un 10 kgf/m<sup>3</sup>, 20 kgf/m<sup>3</sup>, 40 kgf/m<sup>3</sup>.

**Tabla 27. Diseño de mezcla con adición de vidrio molido para ensayo a compresión**

<b>Compresión</b>	<b>10 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>20 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>40 kg/m<sup>3</sup></b>
Cemento	6.700 kg	6.700 kg	6.700 kg
Agregado grueso	16.450 kg	16.450 kg	16.450 kg
Agregado fino	16.700 kg	16.700 kg	16.700 kg
Agua	3.600 lt	3.600 lt	3.600 lt
Vidrio molido	0.690 kg	0.340 kg	0.170 kg

**Tabla 28. Diseño de mezcla con adición de vidrio molido para el ensayo a flexión**

<b>Flexión</b>	<b>10 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>20 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>40 kg/m<sup>3</sup></b>
Cemento	6.400 kg	6.400 kg	6.400 kg
Agregado grueso	15.700 kg	15.700 kg	15.700 kg
Agregado fino	15.950 kg	15.950 kg	15.950 kg
Agua	3.500 lt	3.500 lt	3.500 lt
Vidrio molido	0.690 kg	0.340 kg	0.170 kg

#### 4.4.7. Elaboración del concreto con fibra de acero y vidrio molido

Según el diseño de mezcla que se estableció, se procede a la preparación de concreto con la dosificación calculada, para realizar los ensayos, el objetivo de la presente investigación es cumplir con lo requerido de la norma ASTM C31, que señala lo siguiente:

- Seleccionar los materiales para la elaboración del concreto bajo el diseño establecido, considerando una mezcla homogénea y precisa según la dosificación.

- Se preparan los moldes respectivos adecuadamente para vaciar el concreto.
- Terminado el premezclado del concreto, se procede a observar el comportamiento del asentamiento de la mezcla del concreto, para luego después continuar con el procedimiento de vaciado en los moldes considerados necesarios para este tipo de ensayos.



Figura 33. Muestra de los agregados



Figura 34. Muestra de la fibra de acero y vidrio molido

#### 4.4.7.1. Instrumentos utilizados

Se elabora la mezcla del concreto bajo los estándares para ser vaciado a los moldes o probetas, los instrumentos a ser utilizados fueron diversos. Se aprecian en las figuras 35 y 36 el trabajo en laboratorio de los participantes de la investigación.

- Balanza de 30 kg
- Herramientas manuales: guantes 3 m, cucharon de acero, pala, varilla de acero
- Carretilla tipo *buggy*
- Moldes cilíndricos de las probetas - ASTM C31

- Moldes de forma prismáticas de las probetas - ASTM C293
- Para el chuseado varilla lisa de 5/8"



*Figura 35. Mezcla de los materiales con la adición de fibra de acero*



*Figura 36. Mezcla de los materiales con adición de vidrio molido*

#### 4.4.7.2. Elaboración de probetas cilíndricas con adición de fibra de acero y adición de vidrio molido

Los moldes de las probetas cilíndricas utilizadas en este ensayo tienen como normativa al ASTM-C470, cuyas dimensiones son: de 15 cm de diámetro y de 30 cm de altura. Para la elaboración de las muestras se tendrá que apisonar con una varilla de 5/8 en 3 capas y 25 golpes distribuidos homogéneamente por cada etapa, esto para evitar que haya espacios vacíos en la probeta cilíndrica.

Las probetas que se van a realizar son:

- P - N.º 00: probeta de concreto patrón del diseño de mezcla 210 kgf/cm<sup>2</sup>
- PF - N.º 1: probeta con adición de fibra de acero 10 kg/m<sup>3</sup>
- PF - N.º 2: probeta con adición de fibra de acero 20 kg/m<sup>3</sup>
- PF - N.º 3: probeta con adición de fibra de acero 40 kg/m<sup>3</sup>
- PV - N.º 1: probeta con adición de vidrio molido 10 kg/m<sup>3</sup>
- PV - N.º 2: probeta con adición de vidrio molido 20 kg/m<sup>3</sup>
- PV - N.º 3: probeta con adición de vidrio molido 40 kg/m<sup>3</sup>



*Figura 37. Manufactura de probetas cilíndricas del concreto patrón*



Figura 38. Manufactura de probetas con adición de fibra de acero



Figura 39. Manufactura de probetas con adición de vidrio molido

A continuación, se muestran las cantidades de probetas cilíndricas fabricadas:

Tabla 29. Cantidad de probetas cilíndricas con fibra de acero

Probetas cilíndricas	7 días	14 días	28 días	Total
Fibra de acero 10 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2s	6 probetas
Fibra de acero 20 kg/m <sup>3</sup>	2	2s	2s	6 probetas
Fibra de acero 40 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
<b>Total</b>				<b>18 probetas</b>

**Tabla 30. Cantidad de probetas cilíndricas con fibra vidrio molido**

Probetas cilíndricas	7 días	14 días	28 días	Total
Vidrio molido 10 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
Vidrio molido 20 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
Vidrio molido 40 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
<b>Total</b>				<b>18 probetas</b>

**Tabla 31. Cantidad de probetas cilíndricas de concreto patrón**

Probetas cilíndricas	7 días	14 días	28 días	Total
Concreto Patrón	2	2	2	6 probetas
<b>Total</b>				<b>6 probetas</b>

#### **4.4.7.3. Elaboración de probetas prismáticas (flexión) con adición de fibra de acero y adición de vidrio molido**

Las probetas prismáticas para la elaboración de este ensayo tienen como normativa el ASTM C31, por lo que su tamaño es de 10 cm x 10 cm x 55 cm. Para la elaboración se utilizó una varilla de 5/8" varillando en espiral 63 veces y golpear con el martillo de goma 15 veces, distribuyendo el concreto para no dejar vacíos en la probeta prismática, al final se colocó una capa de concreto para enrasarlo y nivelar homogéneamente para luego colocar su nomenclatura correspondiente.



**Figura 40. Manufactura de probeta prismática con adición de fibra de acero**



**Figura 41. Manufactura de probeta prismática con adición de vidrio molido**

A continuación, se muestran las cantidades de probetas prismáticas fabricadas:

**Tabla 32. Cantidad de probetas prismáticas con fibra de acero**

Probetas prismáticas	7 días	14 días	28 días	Total
Fibra de acero 10 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
Fibra de acero 20 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
Fibra de acero 40 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
<b>Total</b>				<b>18 probetas</b>

**Tabla 33. Cantidad de probetas prismáticas con vidrio molido**

Probetas prismáticas	7 días	14 días	28 días	Total
Vidrio molido 10 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
Vidrio molido 20 kg/m <sup>3</sup>	2	2	2	6 probetas
Vidrio molido 40 kg/m <sup>3</sup>	2		2	6 probetas
<b>Total</b>				<b>18 probetas</b>

**Tabla 34. Cantidad de probetas prismáticas de concreto patrón**

Probetas prismáticas	7 días	14 días	28 días	Total
Concreto patrón	2	2	2	6 probetas
<b>Total</b>				<b>6 probetas</b>

#### 4.4.8. Curado de las probetas

Una vez que las probetas ya sean cilíndricas y prismáticas pasen del estado fresco a un estado endurecido por el proceso de la fragua, son trasladadas a la poza de agua para realizar el curado, en estas posas fueron totalmente sumergidas durante 7, 14, 28 días según corresponde, verificando el control de temperatura del concreto periódicamente.

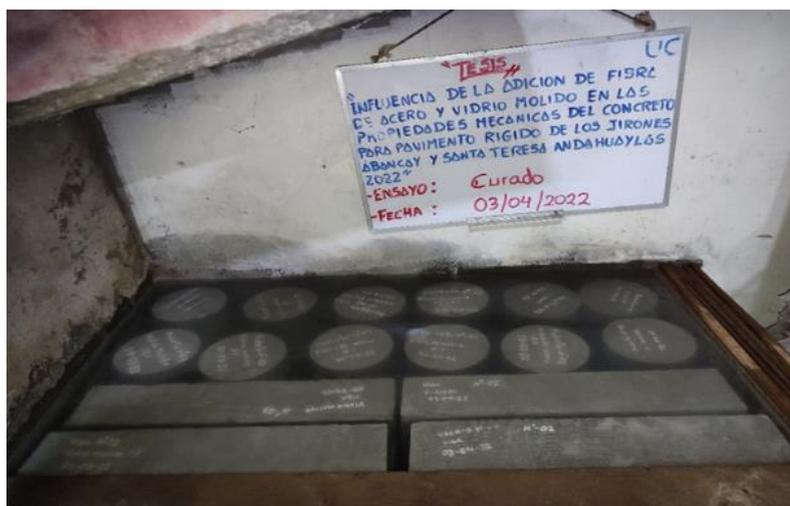


Figura 42. Curado de las probetas

#### 4.4.9. Ensayos elaborados

##### 4.4.9.1. Ensayo del concreto en estado fresco

Realizado el diseño de mezclas, según la dosificación de fibra de acero y vidrio molido, que fueron de 10 kg, 20 kg, y 40 kg por cada metro cúbico, se procede a acomodar el concreto en sus respectivos moldes de acero, aprovechando que está aún sin fraguarse el concreto, con el propósito de verificar el asentamiento o más conocido como *slump* del concreto, para medir sus parámetros de trabajabilidad con las respectivas adiciones.

##### 4.4.9.2. Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams

Este ensayo para verificar el asentamiento del concreto, llamado también prueba del cono de Abrams es una forma de controlar de calidad, tomando como objetivo primordial encontrar la consistencia del concreto.

La trabajabilidad del concreto se juzga por una prueba visual, ya que hasta la fecha no existe ensayo alguno que cuantifique dicha propiedad. Tal es así que se han creado diversos ensayos que nos permitirán validar y encontrar las propiedades del concreto en su estado plástico o fresco en función de su

fluidez, consistencia, cohesión y grado de compactación, este ensayo es denominado ensayo de asentamiento.

«Para elaborar este ensayo se utiliza un molde de cono truncado de las siguientes medidas definidas: 30 cm de altura, con un diámetro en la base de 20 cm, y en la parte superior con una medida de diámetro de 10 cm, para apisonar el concreto se usa un acero liso sin imperfecciones cuyo diámetro es de 5/8 pulgada y de una longitud de 60 cm con punto ovalado» (28).

#### **Instrumentos utilizados en el ensayo**

- 1 cucharón metálico
- 1 varilla lisa de 5/8 de pulgada
- Cono de Abrams
- Recipiente de acero
- Flexómetro
- Guantes

#### **Elaboración del proceso del ensayo (*slump*)**

Se coloca el molde sobre un recipiente plano metálico, previamente humedecido, manteniendo un estado fijo sin movimiento alguno pisando las aletas del cono, se procede a echar la primera capa de concreto en razón de un tercio del volumen total, seguidamente se con la varilla de 5/8 de pulgada, apisonar, aplicando 25 golpes homogéneamente en el cono de Abrams.

Posteriormente, colocar otras 2 capas de concreto a un tercio del volumen con similar procedimiento, verificando que de forma precisa la barra ingrese en la capa inferior del cono para evitar los vacíos.

La tercera y última capa se llenará con un exceso mínimo, para posteriormente enrasar y obtener un acabado uniforme. Teniendo lleno y enrasado el cono, se procede a levantar delicadamente el cono pisando las aletas, en una dirección vertical.

Realizado el ensayo anterior, se logra obtener un concreto fresco que adopta la forma del molde que se asentará progresivamente, la diferencia de altura entre el molde y la mezcla fresca representa el ensayo de *slump*.

«Se precisa el inicio de la operación hasta el término del ensayo este no debe pasar más de 2 min, luego el proceso de desmolde deberá ser lo más rápido, máximo 5 segundos.» (5)



*Figura 43. Slump con adición de fibra de acero*



*Figura 44. Slump con adición de vidrio molido*

#### **4.4.10. Ensayo de resistencia a compresión**

Se realizada en un laboratorio que cuenta con una máquina compresora de rotura de probetas a resistencia a la compresión previamente certificada y calibrada, este ensayo se basa en la norma ASTM C39 (anexo 6) que indica que la carga axial se aplicará en la base superficial circular de la probeta. La carga deberá ser constante y uniforme hasta lograr la rotura de la probeta de concreto, obteniendo así la resistencia a compresión del concreto, que no es más que el esfuerzo ya que se aplica una carga sobre una determinada superficie.

Se aplica esta prueba de la resistencia a la compresión por la simplicidad en realizar los ensayos de las probetas, en este caso las propiedades y particularidades mecánicas del concreto varían significativamente incrementando la resistencia. «La resistencia a compresión del concreto en la probeta es la carga máxima por unidad de área, antes de la falla por compresión este tipo de ensayos permite verificar fallas como: los agrietamientos y rotura» (28).

Ver figura 45 y 46 de la rotura de probetas cilíndricas en el laboratorio, también la figura 47, 48, 49 y 50, las fracturas de las muestras cilíndricas con adición de fibra de acero y vidrio molido.

Se calculan las resistencias a compresión de la muestra cilíndrica a través las siguientes fórmulas:

$$f_c = \frac{P}{A} \left( \frac{kgf}{m^2} \right); A = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad (26)$$

**Donde**

- $f_c$ : representa la resistencia de ruptura a la compresión del concreto en  $kgf/cm^2$
- P: es carga axial de ruptura (kg)
- $\phi$ : indica el diámetro de la probeta (cm)
- A: es la superficie promedio de la base de la probeta ( $cm^2$ )

**Equipo utilizado**

- Equipo compresor, para rotura de probetas
- Platillos circulares de acero sólido
- Cauchos circulares para los platillos de acero



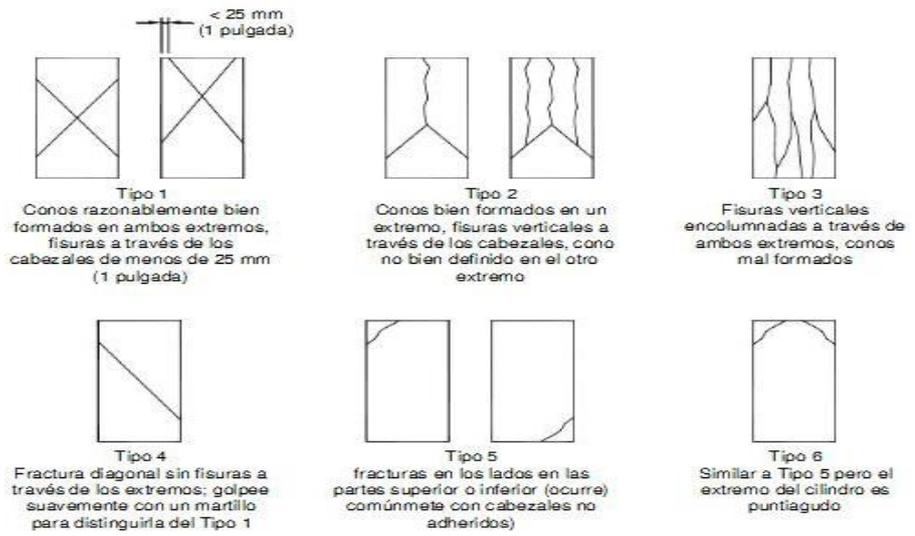
*Figura 45. Ensayo a compresión con adición de fibra de acero*



*Figura 46. Ensayo a compresión con adición de vidrio molido*

#### **4.4.10.1. Tipo de fractura**

Según la norma ASTM C39, los tipos de fractura que pueden presentarse son:



**Figura 47. Esquema de las fracturas típicas**



**Figura 48. Fractura con adición de vidrio molido**



**Figura 49. Fractura con adición de fibra de acero**



*Figura 50. Fractura del concreto patrón*

#### **4.4.11. Ensayo de resistencia a flexión**

La prueba se realiza de acuerdo con la norma ASTM C 293 – 02 (anexo 7).

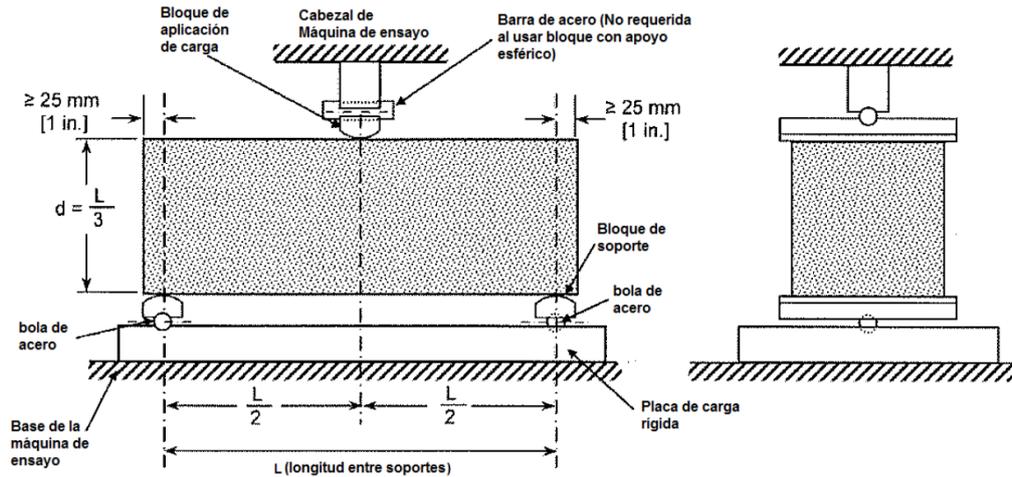
El módulo de ruptura está relacionado con la capacidad de deformación por flexión del hormigón. La prueba mecánica es la aplicación de fuerzas a una muestra que se controla y aplica bajo condiciones específicas.

En esta prueba, se determinan los valores de resistencia del concreto a la flexión (módulo de ruptura) para muestras de concreto con fibras de acero añadidas y vidrio triturado. Este ensayo se determina aplicando una carga al tercio central de una probeta prismática de las siguientes dimensiones: 50 cm de largo, 10 cm de ancho y 10 cm de alto; en este ensayo se determina el valor de la resistencia del concreto a la flexión más altos que el método C78 (ensayo de resistencia del concreto a la flexión con carga puntual en los límites del tercio central de la luz del ensayo) y de acuerdo con la siguiente norma (C293-02). El módulo de ruptura se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (27)$$

#### **Donde**

- R: módulo de rotura (MPa)
- P: carga máxima aplicada indicada por el equipo de prueba
- L: longitud entre los apoyos (mm)
- b: anchura media de la muestra (mm)
- d: espesor medio de la muestra (mm)



**Figura 51. Diagrama de un aparato apropiado para el ensayo a flexión**

### **Equipo utilizado e instrumentos**

Se emplea para este ensayo una máquina a flexión, con el mecanismo de aplicar las fuerzas a una velocidad equivalente sin alguna otra interrupción, con 2 bloques de aplicación de carga superior y una base sólida de soporte para la muestra.

En este procedimiento se debe asegurar que todas las fuerzas se apliquen de una forma perpendicular a la parte frontal del espécimen sin excentricidad. Luego se obtiene un diagrama de curvas para ver si cumple o no con los propósitos de resistencia.



**Figura 52. Equipo del ensayo a flexión**

### **Descripción del proceso de ensayo a flexión**

Basados en el espécimen diseñado para este tipo de ensayo, por lo cual, se gira en su posición respectiva, tal como fue elaborado en su molde, para luego centrar en posición correcta sobre los bloques sólidos.

Se coloca la probeta prismática en el centro de su sistema de carga, en relación con la carga que se aplica en el espécimen.

Posteriormente, se aplica la carga en el bloque sólido de la carga de contacto, es decir, en la parte superficial del contacto y en el centro de la luz, se aplica una carga frecuente al 3 % y el 7 % de la última carga requerida.

Se aplican las medidas tipo hoja de 0.10 mm y de 0.40 mm para determinar si hay algún vacío entre los especímenes y los bloques de acero sólido, donde se aplican los bloques de carga y soporte, se verifica en cada una de ellas la longitud de 25 mm. Que corresponde a 1 in, esto se realiza en este ensayo para que no haya ningún vacío en exceso, y además para que la carga actúe en forma homogénea, así poder corregir a tiempo y evitar problemas en este ensayo.

Debe existir la seguridad de que todas las fuerzas se apliquen perpendicularmente a la parte frontal del espécimen sin alguna excentricidad, se mantiene la longitud adecuada del tramo y la posición central del espécimen, en este caso las probetas deben tener una superficie uniforme y lisa y no debe contar con grietas o agujeros para obtener la resistencia óptima del espécimen sin alteración alguna.



*Figura 53. Muestra del prisma con respectivos trazos para el ensayo*



Figura 54. Rotura del ensayo a flexión

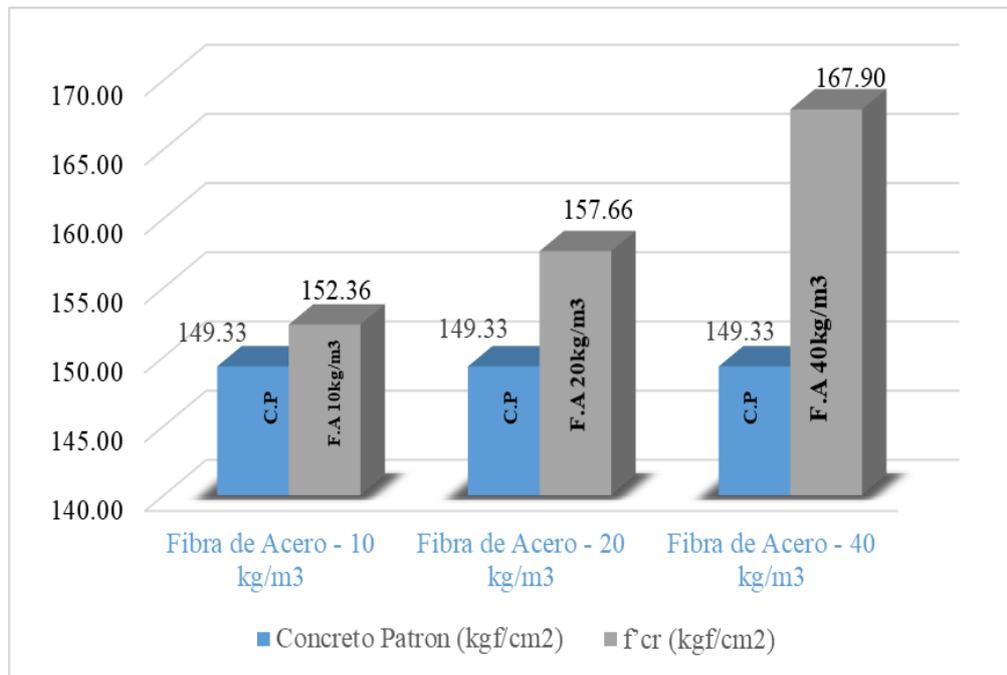
#### 4.5. Resultado de la resistencia a la compresión con adición de fibra de acero

##### 4.5.1. Resultado con adición de fibra de acero en la probeta cilíndrica, edad 7 días

Se observa la tabla 35 el resultado del ensayo a compresión con adiciones de fibra de acero de  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $20 \text{ kg/m}^3$  y  $40 \text{ kg/m}^3$  a una edad de 7 días.

Tabla 35. Resultados con adición de fibra de acero, edad 7 días

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	7	151.53	147.12	149.33	71.1
Fibra de acero - $10 \text{ kg/m}^3$	7	152.53	152.18	152.36	72.6
Fibra de acero - $20 \text{ kg/m}^3$	7	157.64	157.68	157.66	75.1
Fibra de acero - $40 \text{ kg/m}^3$	7	168.50	167.29	167.90	80.0



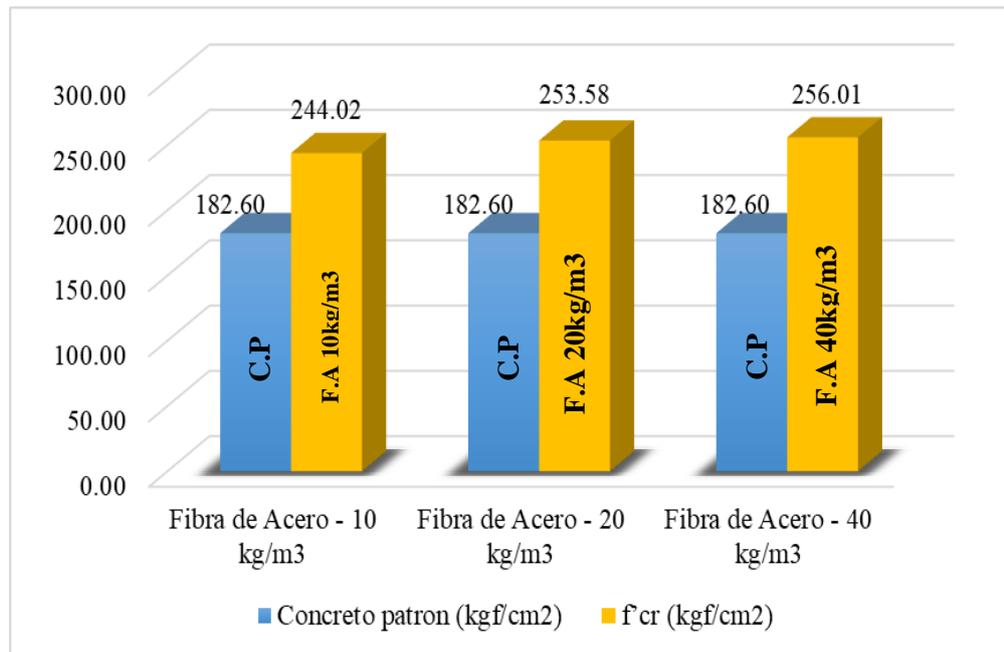
**Figura 55. Resultado con adición de fibra de acero a la edad de 7 días**

#### 4.5.2. Resultado con adición de fibra de acero en la probeta cilíndrica a la edad de 14 días

Se observa la tabla 36 el resultado del ensayo a compresión con adiciones de fibra de acero en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 14 días.

**Tabla 36. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 14 días**

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	14	182.48	182.72	182.60	87.0
Fibra de acero - 10 kg/m <sup>3</sup>	14	246.89	241.15	244.02	116.2
Fibra de acero - 20 kg/m <sup>3</sup>	14	253.58	253.58	253.58	120.8
Fibra de acero - 40 kg/m <sup>3</sup>	14	256.05	255.97	256.01	121.9



*Figura 56. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 14 días*

#### 4.5.3. Resultado con adición de fibra de acero en la probeta cilíndrica, edad 28 días

Se aprecia la tabla 37 el resultado del ensayo a compresión agregando fibra de acero en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 28 días.

**Tabla 37. Resultados con adición de fibra de acero, edad 28 días**

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	28	233.35	231.63	232.49	110.7
Fibra de acero - 10 kg/m <sup>3</sup>	28	263.86	269.37	266.62	127.0
Fibra de acero - 20 kg/m <sup>3</sup>	28	280.32	280.87	280.60	133.6
Fibra de acero - 40 kg/m <sup>3</sup>	28	302.96	308.61	305.79	145.6

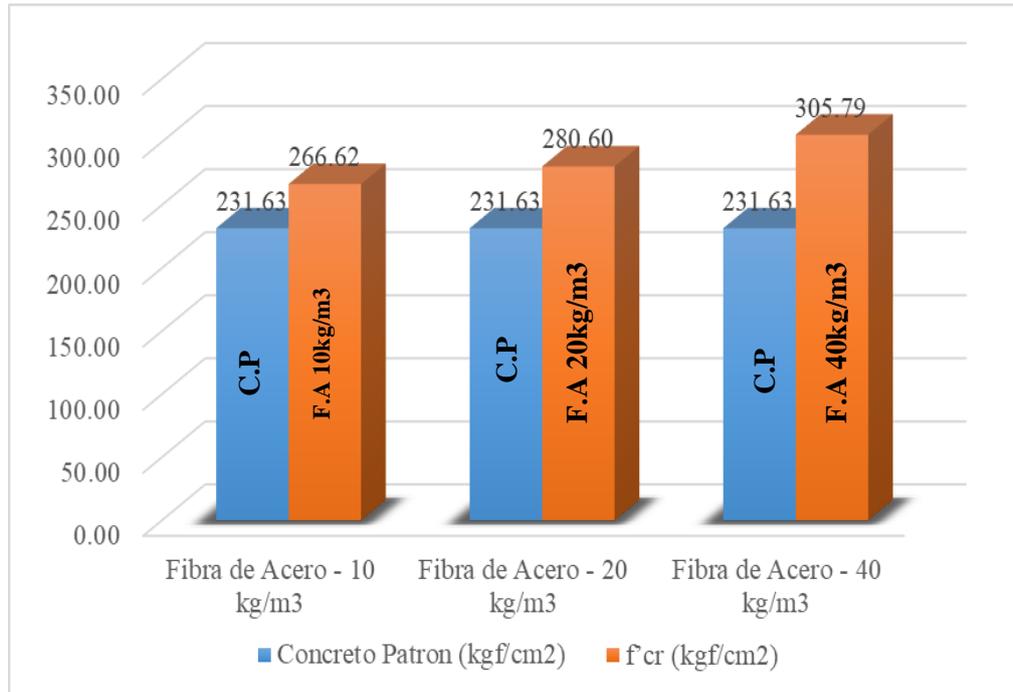


Figura 57. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 28 días

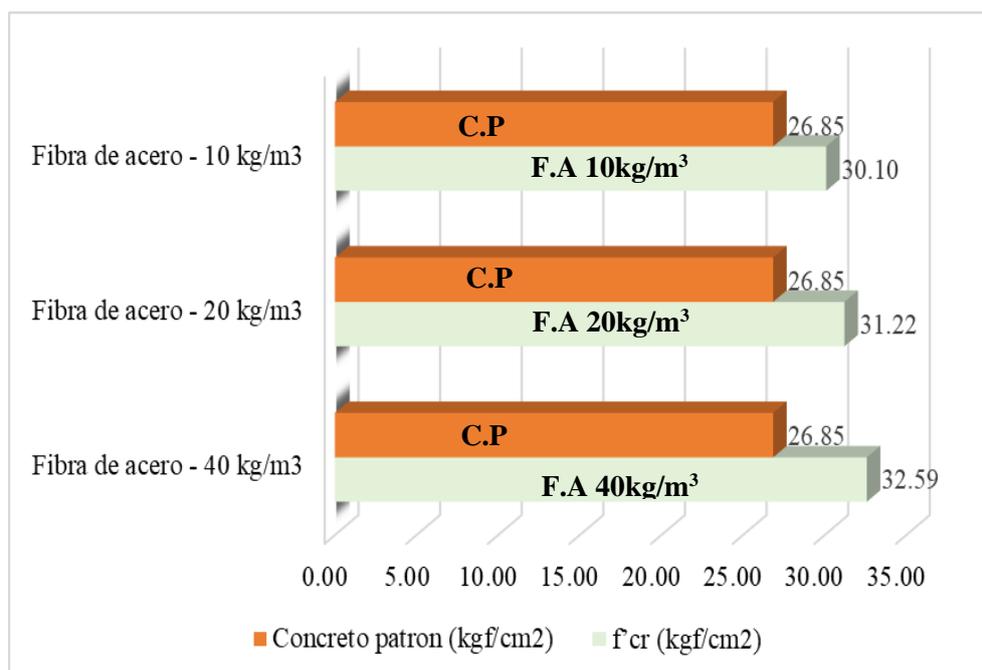
#### 4.6. Resultado de resistencia a flexión con adición de fibra de acero

##### 4.6.1. Resultado con adición de fibra de acero en la probeta prismática, edad 7 días

Se aprecia la tabla 38 el resultado del ensayo a flexión con adiciones de fibra de acero en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 7 días.

Tabla 38. Resultado con adición de fibra de acero, edad 7 días

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	7	26.69	27	26.85	12.8
Fibra de acero - 10 kg/m <sup>3</sup>	7	29.53	30.66	30.10	14.3
Fibra de acero - 20 kg/m <sup>3</sup>	7	30.43	32.01	31.22	14.9
Fibra de acero - 40 kg/m <sup>3</sup>	7	31.64	33.53	32.59	15.5



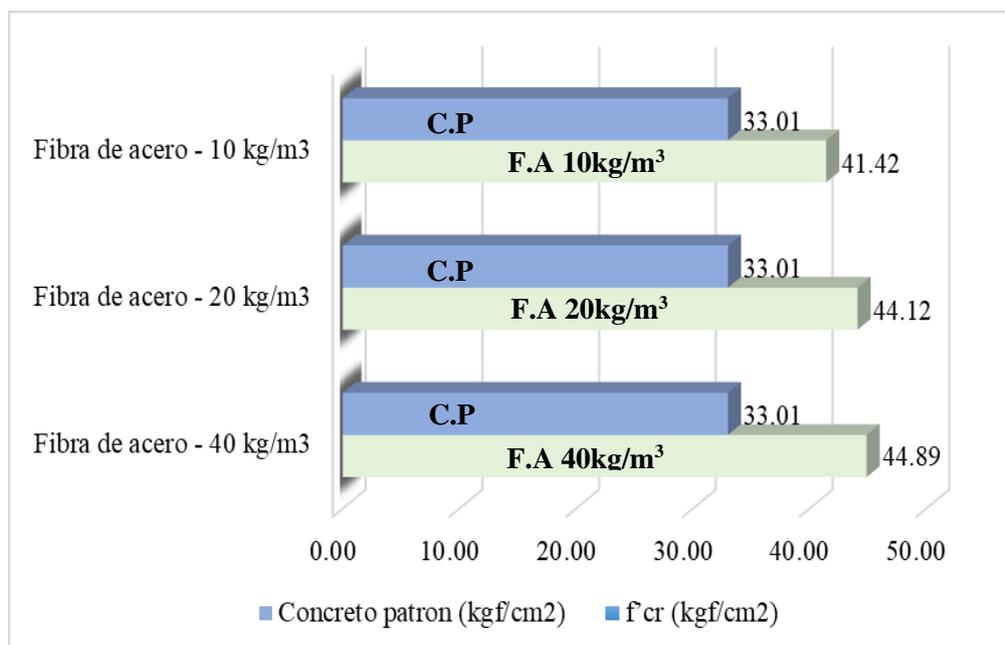
*Figura 58. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 7 días*

#### 4.6.2. Resultado con adición de fibra de acero en la probeta prismática, edad 14 días

Se observa la tabla 39 el resultado del ensayo a flexión con adiciones de fibra de acero en cantidades de 10 kg/m³, 20 kg/m³ y 40 kg/m³ a una edad de 14 días.

**Tabla 39. Resultados con adición de fibra de acero, edad 14 días**

Elemento	Edad	Probeta (1)	Probeta (2)	Promedio	Resistencia
	(Días)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	( %)
Concreto patrón	14	32.76	33.26	33.01	15.7
Fibra de acero - 10 kg/m³	14	41.09	41.74	41.42	19.7
Fibra de acero - 20 kg/m³	14	44.64	43.59	44.12	21.0
Fibra de acero - 40 kg/m³	14	45.09	44.69	44.89	21.4



**Figura 59. Resultados con adición de fibra de acero a la edad de 14 días**

#### 4.6.3. Resultado con adición de fibra de acero en la probeta prismática, edad 28 días

Se observa la tabla 40 el resultado del ensayo a flexión con adiciones de fibra de acero en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 28 días.

**Tabla 40. Resultados con adición de fibra de acero, edad 28 días**

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	28	45.54	45.54	45.54	21.7
Fibra de acero - 10 kg/m <sup>3</sup>	28	48.09	49.93	49.01	23.3
Fibra de acero - 20 kg/m <sup>3</sup>	28	53.50	51.28	52.39	24.9
Fibra de acero - 40 kg/m <sup>3</sup>	28	54.36	58.37	56.37	26.8

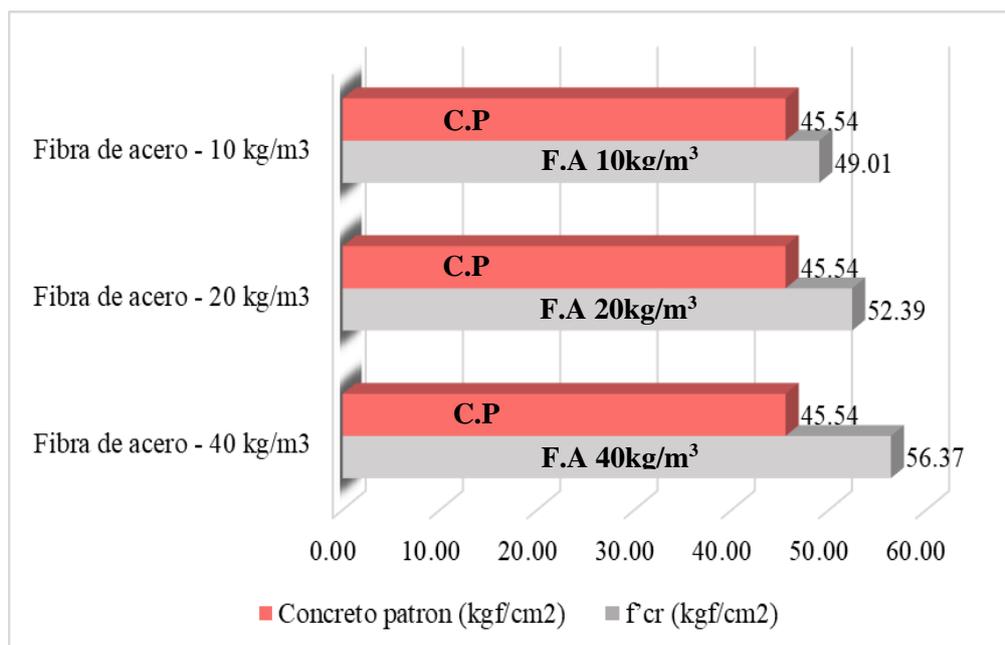


Figura 60. Gráfico de los resultados con adición de fibra de acero a una edad de 28 días

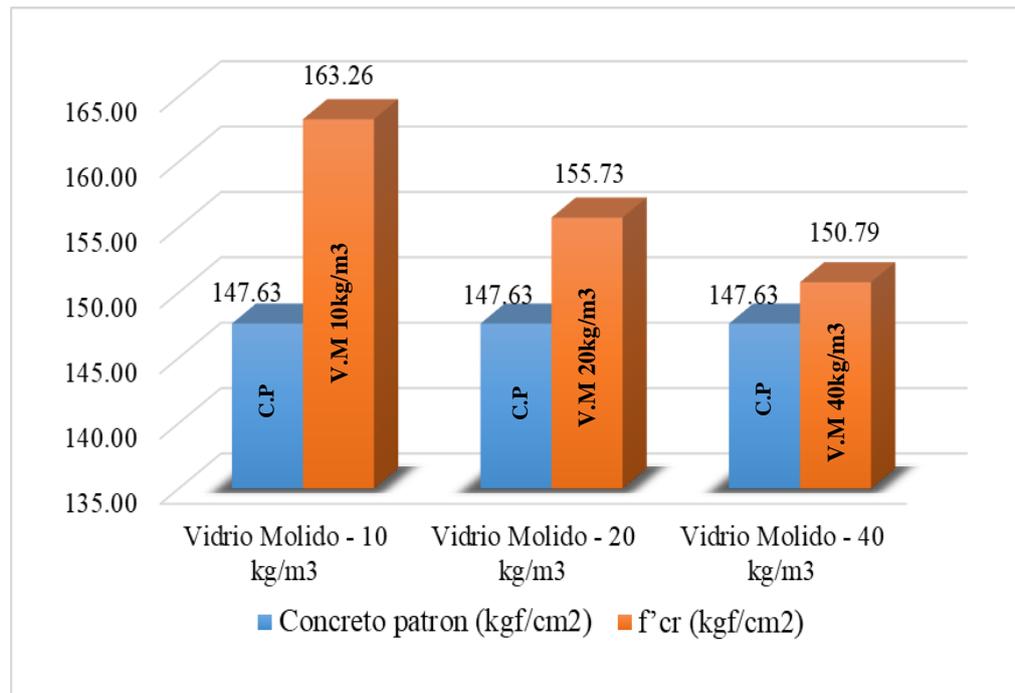
#### 4.7. Resultado de resistencia a la compresión con adición de vidrio molido

##### 4.7.1. Resultado con adición de vidrio molido en la probeta cilíndrica, edad 7 días

Se observa la tabla 41 el resultado del ensayo a compresión con adiciones de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> de vidrio molido con edad de 7 días y en la figura 61 se observa el gráfico del resultado final.

Tabla 41. Promedio de los resultados con adición de vidrio molido edad 7 días

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	7	147.06	148.19	147.63	70.3
Vidrio molido - 10 kg/m <sup>3</sup>	7	162.67	163.84	163.26	77.7
Vidrio molido - 20 kg/m <sup>3</sup>	7	152.93	158.53	155.73	74.2
Vidrio molido - 40 kg/m <sup>3</sup>	7	147.85	153.73	150.79	71.8



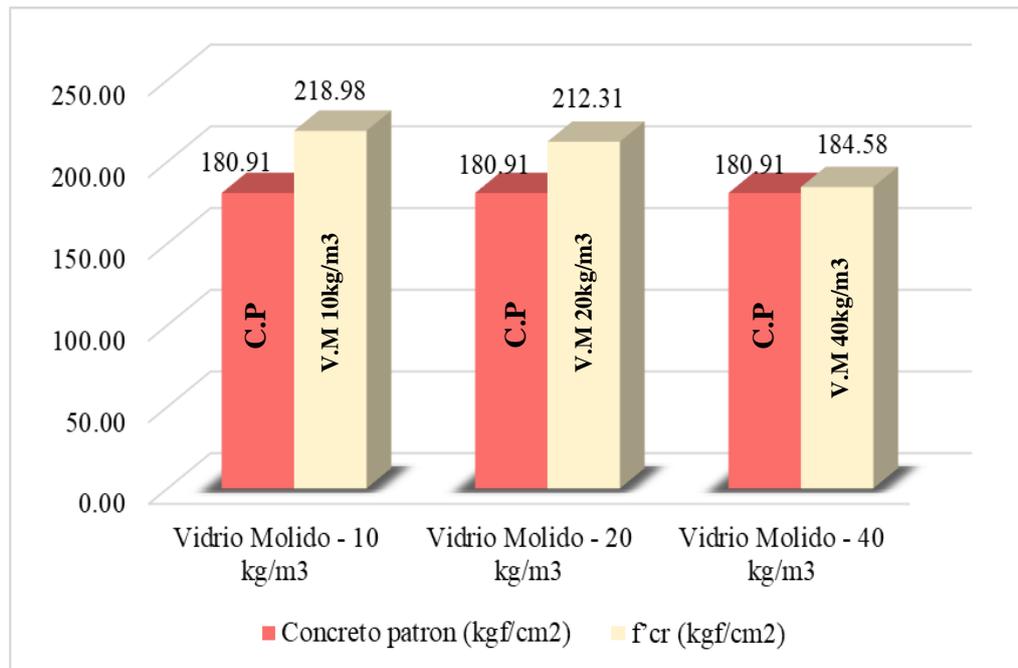
**Figura 61. Resultados con adición de vidrio molido a la edad de 7 días**

#### 4.7.2. Resultado con adición de vidrio molido en la probeta cilíndrica, edad 14 días

Se observa en la tabla 42 el resultado del ensayo a compresión con adiciones de vidrio molido en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 14 días.

**Tabla 42. Promedio de los resultados con adición de vidrio molido, edad 14 días**

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	14	175.76	186.05	180.91	86.1
Vidrio molido - 10 kg/m <sup>3</sup>	14	221.8	216.15	218.98	104.3
Vidrio molido - 20 kg/m <sup>3</sup>	14	212.28	212.33	212.31	101.1
Vidrio molido - 40 kg/m <sup>3</sup>	14	181.42	187.74	184.58	87.9



**Figura 62. Resultados con adición de vidrio molido, edad 14 días**

#### **4.7.3. Resultado con adición de vidrio molido en la probeta cilíndrica, edad 28 días**

Se aprecia en la tabla 43 el resultado del ensayo a compresión con adiciones de vidrio molido en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 28.

**Tabla 43. Promedio del resultado con adición de vidrio molido a la edad de 28 días**

Elemento	Edad	Probeta (1)	Probeta (2)	Promedio	Resistencia
	(Días)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)
Concreto patrón	28	230.33	226.29	228.31	108.7
Vidrio molido- 10 kg/m <sup>3</sup>	28	252.6	248.64	250.62	119.3
Vidrio molido - 20 kg/m <sup>3</sup>	28	242.21	238.56	240.39	114.5
Vidrio molido - 40 kg/m <sup>3</sup>	28	235.99	237.48	236.74	112.7

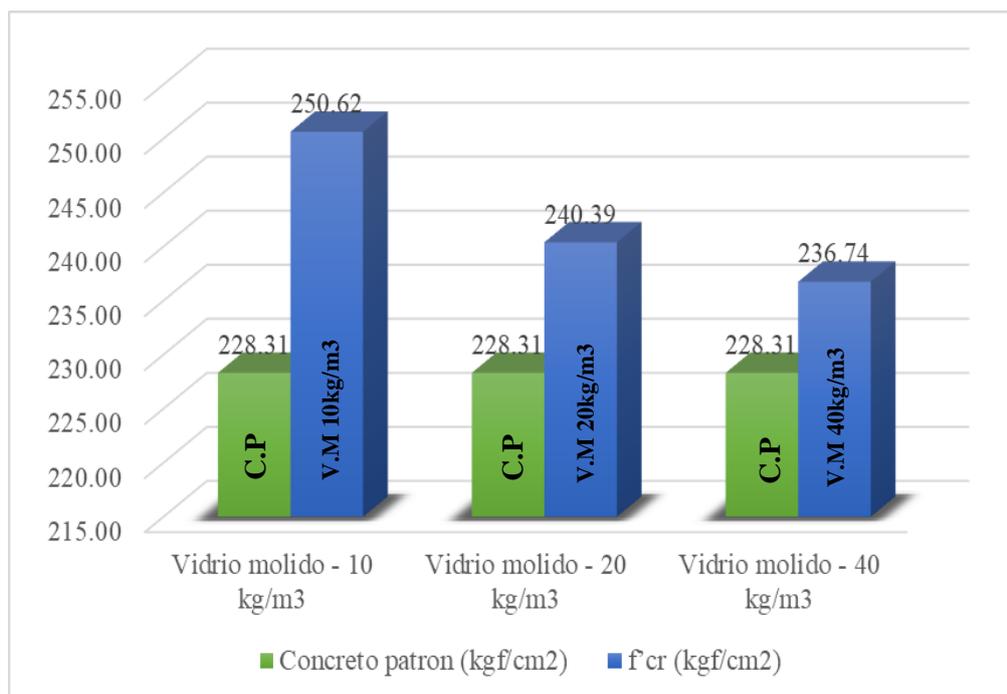


Figura 63. Resultado con adición de vidrio molido a la edad de 28 días

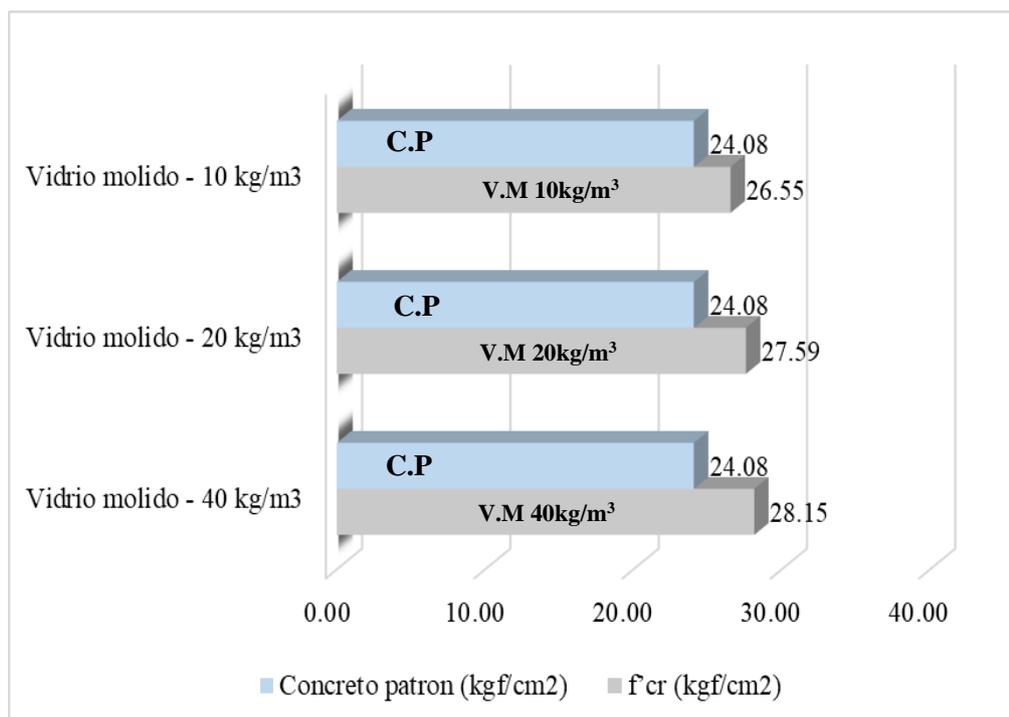
#### 4.8. Resultado de resistencia a flexión con adición de vidrio molido

##### 4.8.1. Resultado con adición de vidrio molido en la probeta prismática, edad 7 días

Se observa en la tabla 44 el resultado del ensayo a flexión con adiciones de vidrio molido en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 7 días.

Tabla 44. Promedio de resultados con adición de vidrio molido, edad 7 días

Elemento	Edad	Probeta (1)	Probeta (2)	f' cr	Resistencia
	(Días)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)
Concreto patrón	7	21.24	26.91	24.08	11.5
Vidrio molido - 10 kg/m <sup>3</sup>	7	26.38	26.72	26.55	12.6
Vidrio molido - 20 kg/m <sup>3</sup>	7	27.04	28.14	27.59	13.1
Vidrio molido - 40 kg/m <sup>3</sup>	7	27.54	28.76	28.15	13.4



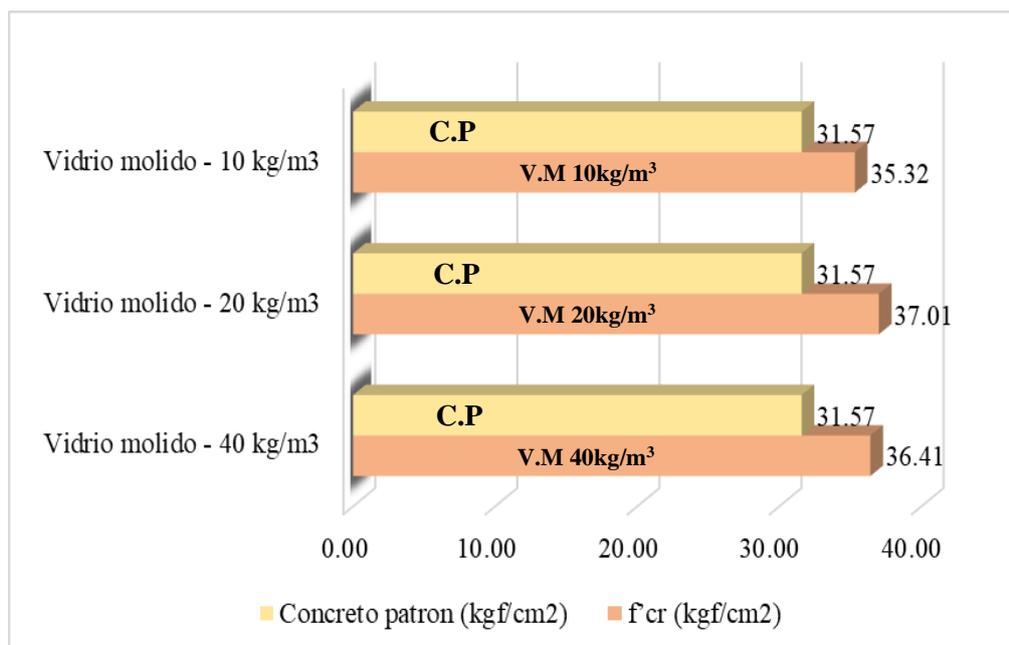
*Figura 64. Resultados con adición de vidrio molido, edad 7 días*

#### 4.8.2. Resultado con adición de vidrio molido en la probeta prismática, edad 14 días

Se observa en la tabla 45 el resultado del ensayo a flexión con adiciones de vidrio molido en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 14 días.

**Tabla 45. Promedio del resultado con adición de vidrio molido, edad 14 días**

Elemento	Edad	Probeta (1)	Probeta (2)	f'cr	Resistencia
	(Días)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)
Concreto patrón	14	31.41	31.73	31.57	15.0
Vidrio molido - 10 kg/m <sup>3</sup>	14	35.15	35.49	35.32	16.8
Vidrio molido - 20 kg/m <sup>3</sup>	14	37.08	36.93	37.01	17.6
Vidrio molido - 40 kg/m <sup>3</sup>	14	36.05	36.77	36.41	17.3



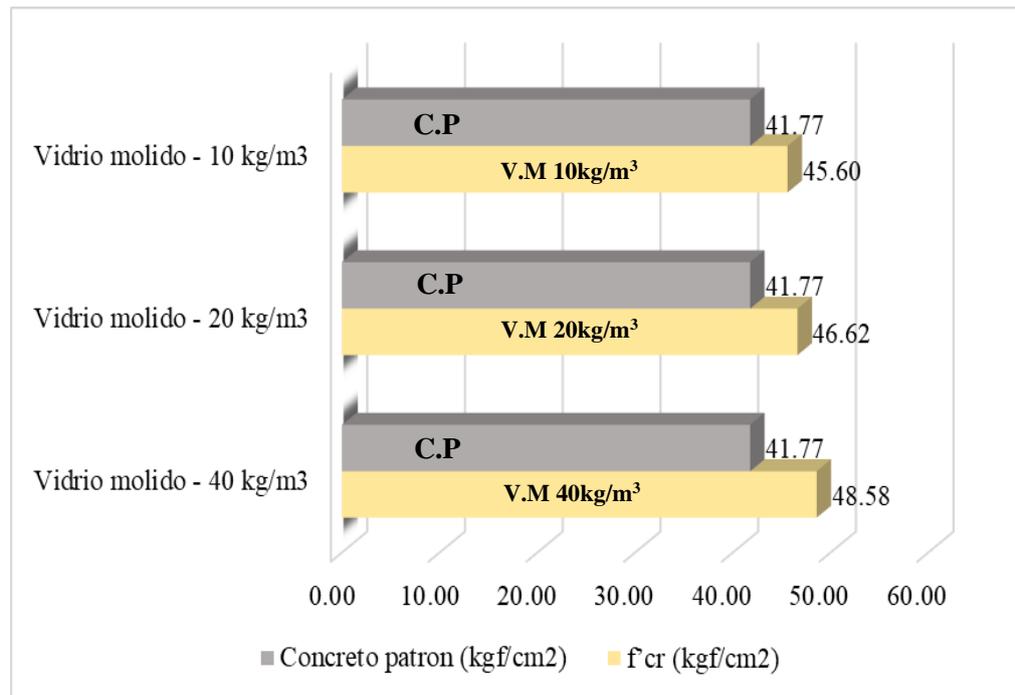
*Figura 65. Resultados con adición de vidrio molido a la edad de 14 días*

#### 4.8.3. Resultado con adición de vidrio molido en la probeta prismática, edad 28 días

Se aprecia en la tabla 46 el resultado del ensayo a flexión con adiciones de vidrio molido en cantidades de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> a una edad de 28 días.

**Tabla 46. Promedio de los resultados con adición de vidrio molido, edad 28 días**

Elemento	Edad (Días)	Probeta (1) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Probeta (2) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
Concreto patrón	28	41.45	42.08	41.77	19.9
Vidrio molido - 10 kg/m <sup>3</sup>	28	45.59	45.61	45.60	21.7
Vidrio molido - 20 kg/m <sup>3</sup>	28	45.72	47.52	46.62	22.2
Vidrio molido - 40 kg/m <sup>3</sup>	28	48.73	48.43	48.58	23.1



**Figura 66. Resultados con adición de vidrio molido, edad 28 días**

#### 4.8.4. Resultado de asentamiento con el cono de Abrams

Se observa en la tabla 47 el asentamiento del concreto con la adición de fibra de acero y vidrio molido en las 3 diferentes proporciones de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup> cada uno con diferente resultado en el *slump*, para una adición de vidrio molido se observa que es más trabajable, pero cuando se adiciona fibra de acero es poco trabajable.

**Tabla 47. Resultado del asentamiento del concreto**

Elemento	Asentamiento (pulg ("))
Concreto patrón	4
Fibra de acero - 10 kg/m <sup>3</sup>	3.2
Fibra de acero - 20 kg/m <sup>3</sup>	3
Fibra de acero - 40 kg/m <sup>3</sup>	2.5
Vidrio molido - 10 kg/m <sup>3</sup>	3.3
Vidrio molido - 20 kg/m <sup>3</sup>	3.5
Vidrio molido - 40 kg/m <sup>3</sup>	3

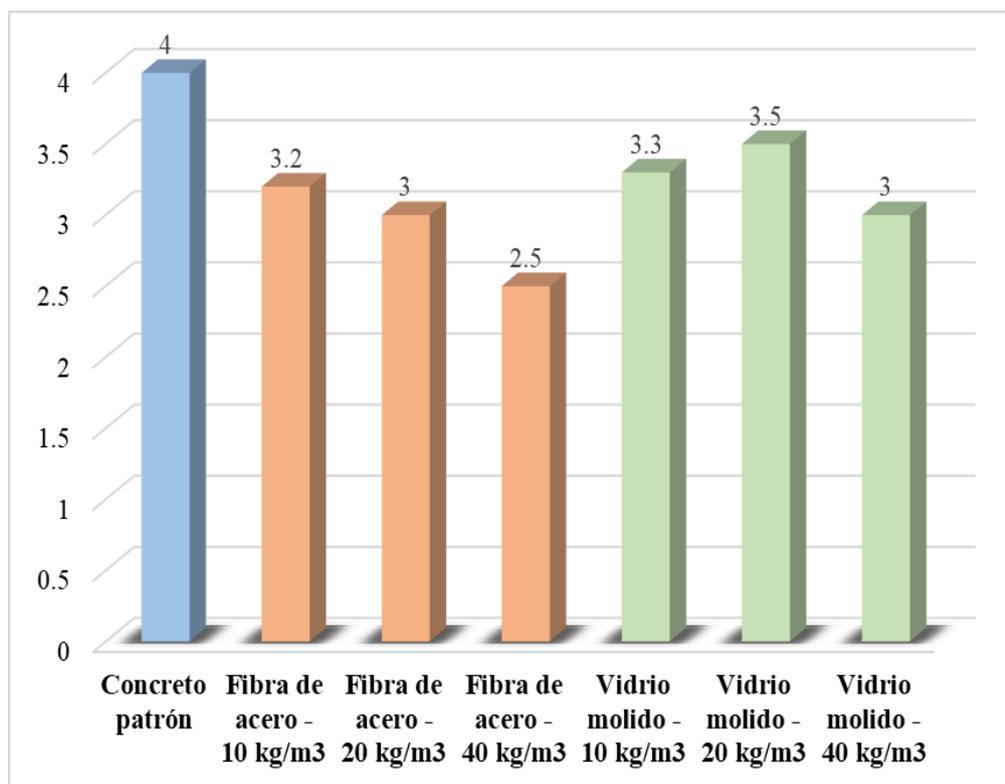


Figura 67. Resultado de asentamiento

#### 4.9. Costo de producción del concreto patrón para pavimento rígido

El costo de producción del concreto cuya resistencia considerada es  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  para usarlo en un pavimento rígido de espesor de 20 cm, se obtiene un precio unitario de S/ 407.70 soles por  $\text{m}^3$ .

Tabla 48. Costos del concreto patrón

Descripción	Costo unitario por $\text{m}^3$			S/ 407.70	
	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2.000	0.800	18.2400	14.59
Oficial	hh	1.000	0.400	15.2800	6.11
Peón	hh	8.000	3.200	13.7400	43.97
<b>Materiales</b>					
Aceite motor gasolinera multigrado	gln	-	0.4000	50.0000	0.20
Grasa multipropósito EP	lb	-	0.0020	15.0000	0.03
Gasolina de 90 octanos	gln	-	0.2400	20.0000	4.80
Agua	$\text{m}^3$	-	0.1800	5.0000	0.90
Cemento Portland tipo I (42.5 kg)	bol	-	9.2000	27.0000	248.40
Piedra chancada 1/2"	$\text{m}^3$	-	0.8000	60.0000	48.00
Arena gruesa	$\text{m}^3$	-	0.5000	60.0000	30.00
<b>Equipo</b>					
Herramientas	% mo	-	3.0000	64.6700	1.94
Mezcladora 18 HP, 11-12 p3, 1,500 kg	hm	1.0000	0.4000	13.0000	5.20
Vibrador de 4 HP	hm	1.0000	0.4000	8.9000	3.56

Rendimiento  $20 \text{ m}^3/\text{día}$

#### 4.10. Costo de producción del concreto con adición de fibra de acero

Se observa en las tablas 49, 50 y 51 los costos unitarios por m<sup>3</sup> cuando se adiciona la fibra de acero en proporciones de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup>. Así mismo, se muestra en la figura 68 un gráfico de la evaluación de costos.

**Tabla 49. Costos del concreto con adición de 10 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero**

		Costo unitario por m <sup>3</sup>			S/ 549.04
Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2.000	0.800	18.2400	14.59
Oficial	hh	1.0000	0.400	15.2800	6.11
Peón	hh	8.000	3.200	13.7400	43.97
<b>Materiales</b>					
Aceite motor gasolinera multigrado	gln	-	0.4000	50.0000	0.20
Grasa multipropósito EP	lb	-	0.0020	15.0000	0.03
Gasolina de 90 octanos	gln	-	0.2400	20.0000	4.80
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.1800	5.0000	0.90
Cemento Portland tipo I (42.5 kg)	bol	-	9.2000	27.0000	248.40
Piedra chancada 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.8000	60.0000	48.00
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	0.5000	60.0000	30.00
Fibra de acero	kg	-	10.0960	14.0000	141.344
<b>Equipo</b>					
Herramientas	%mo	-	3.0000	64.6700	1.94
Mezcladora 18 HP, 11-12 p3, 1,500 kg	hm	1.0000	0.4000	13.0000	5.20
Vibrador de 4 HP	hm	1.0000	0.4000	8.9000	3.56

Rendimiento 20/m<sup>3</sup>

**Tabla 50. Costos del concreto con adición de 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero**

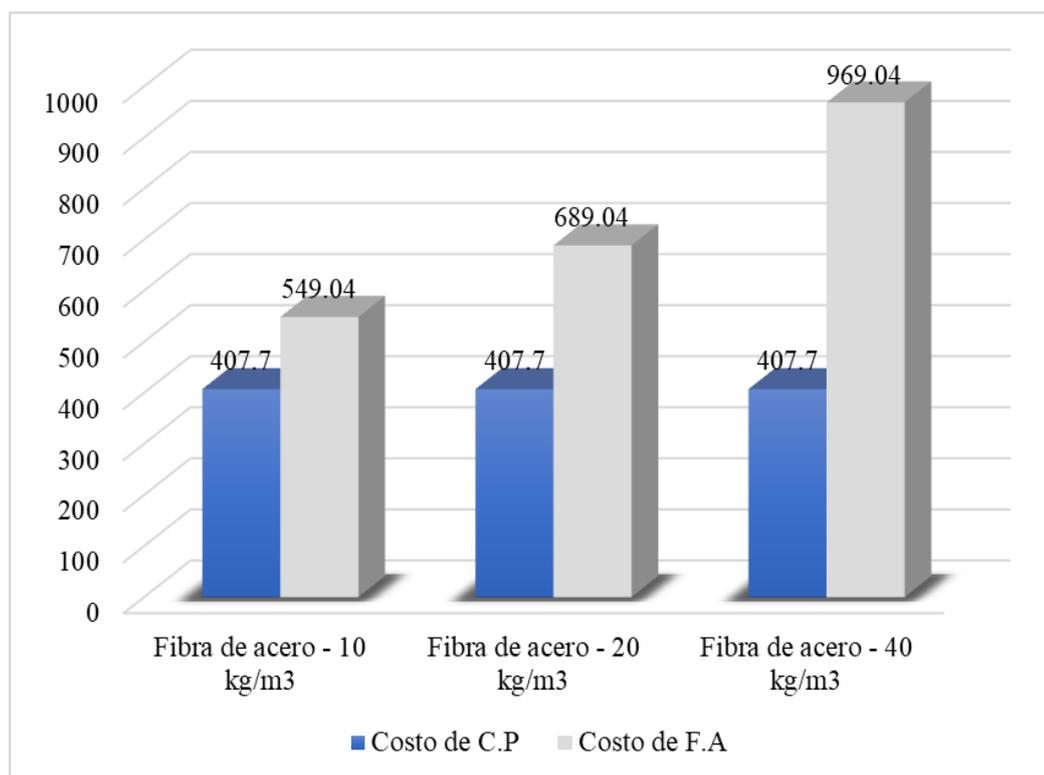
				Costo unitario por m <sup>3</sup>		S/ 689.04
Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de obra</b>						
Operario	hh	2.000	0.800	18.2400	14.59	
Oficial	hh	1.000	0.400	15.2800	6.11	
Peón	hh	8.000	3.200	13.7400	43.97	
<b>Materiales</b>						
Aceite motor gasolinera multigrado	gln	-	0.4000	50.0000	0.20	
Grasa multipropósito EP	lb	-	0.0020	15.0000	0.03	
Gasolina de 90 octanos	gln	-	0.2400	20.0000	4.80	
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.1800	5.0000	0.90	
Cemento Portland tipo I (42.5 kg)	bol	-	9.2000	27.0000	248.40	
Piedra chancada 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.8000	60.0000	48.00	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	0.5000	60.0000	30.00	
Fibra de acero	kg	-	20.0960	14.0000	281.344	
<b>Equipo</b>						
Herramientas	% mo	-	3.0000	64.6700	1.94	
Mezcladora 18 HP, 11-12 p3, 1,500 kg	hm	1.0000	0.4000	13.0000	5.20	
Vibrador de 4 HP	hm	1.0000	0.4000	8.9000	3.56	

Rendimiento 20 m<sup>3</sup>/ día

**Tabla 51. Costos del concreto con adición de 40 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero**

Descripción	Unid.	Costo unitario por m <sup>3</sup>			S/ 969.04
		Recursos	Cantidad	Precio	
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2.0000	0.8000	18.2400	14.59
Oficial	hh	1.0000	0.4000	15.2800	6.11
Peón	hh	8.0000	3.2000	13.7400	43.97
<b>Materiales</b>					
Aceite motor gasolinera multigrado	gln	-	0.4000	50.0000	0.20
Grasa multipropósito EP	lb	-	0.0020	15.0000	0.03
Gasolina de 90 octanos	gln	-	0.2400	20.0000	4.80
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.1800	5.0000	0.90
Cemento Portland tipo I (42.5 kg)	bol	-	9.2000	27.0000	248.40
Piedra chancada 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.8000	60.0000	48.00
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	0.5000	60.0000	30.00
Fibra de acero	kg	-	40.0960	14.0000	561.34
<b>Equipo</b>					
Herramientas	%mo	-	3.0000	64.6700	1.94
Mezcladora 18 HP, 11-12 p3, 1,500 kg	hm	1.0000	0.4000	13.0000	5.20
Vibrador de 4 HP	hm	1.0000	0.4000	8.9000	3.56

Rendimiento 20 m<sup>3</sup>/día



**Figura 68. Costo del concreto con adición de fibra de acero**

#### 4.11. Costo de producción del concreto con vidrio molido

Se observa en la tabla 52, 53 y 54 los costos unitarios por m<sup>3</sup> cuando se adiciona el vidrio molido en proporciones de 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> y 40 kg/m<sup>3</sup>. De tal manera, se aprecia en la figura 69 un gráfico de evaluación de costos.

**Tabla 52. Costos del concreto con adición de 10 kg/m<sup>3</sup> de vidrio molido**

Descripción	Unid.	Costo unitario por m <sup>3</sup>			S/ 458.18
		Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2.0000	0.8000	18.2400	14.59
Oficial	hh	1.0000	0.4000	15.2800	6.11
Peón	hh	8.0000	3.2000	13.7400	43.97
<b>Materiales</b>					
Aceite motor gasolinera multigrado	gln	-	0.4000	50.0000	0.20
Grasa multipropósito EP	Lb	-	0.0020	15.0000	0.03
Gasolina de 90 octanos	gln	-	0.2400	20.0000	4.80
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.1800	5.0000	0.90
Cemento Portland tipo I (42.5 kg)	Bol	-	9.2000	27.0000	248.40
Piedra chancada 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.8000	60.0000	48.00
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	0.5000	60.0000	30.00
Vidrio molido	Kg	-	10.0960	5.0000	50.480
<b>Equipo</b>					
Herramientas	%mo	-	3.0000	64.6700	1.94
Mezcladora 18 HP, 11-12 p3, 1,500 kg	Hm	1.0000	0.4000	13.0000	5.20
Vibrador de 4 HP	Hm	1.0000	0.4000	8.9000	3.56
				Rendimiento 20m <sup>3</sup> /día	

**Tabla 53. Costos del concreto con adición de 20 kg/m<sup>3</sup> de vidrio molido**

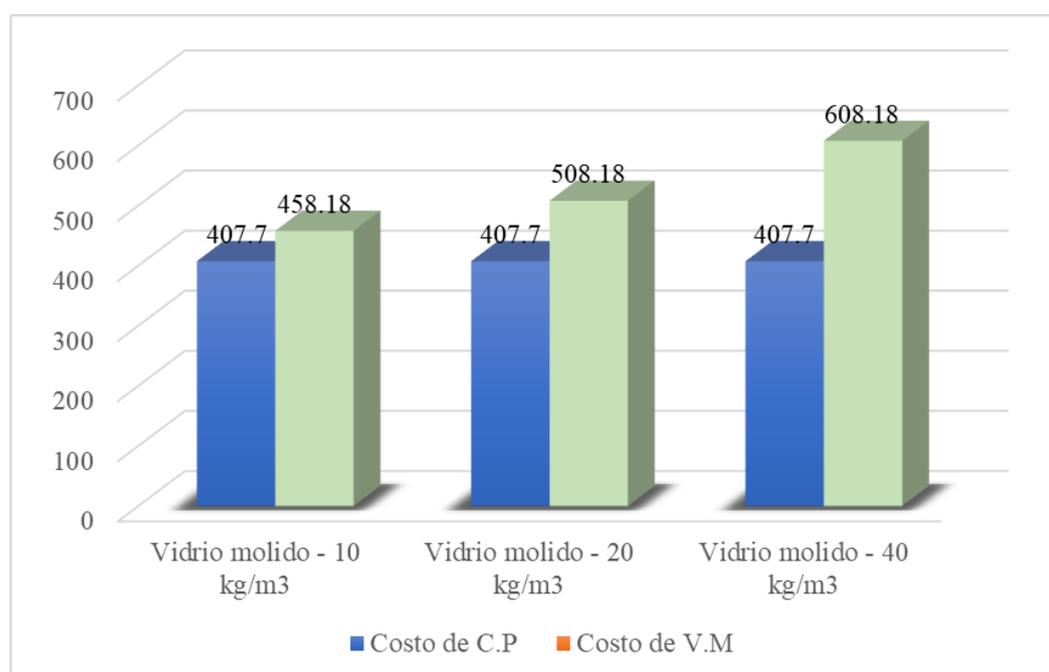
Descripción	Unid.	Costo unitario por m <sup>3</sup>			S/ 508.18
		Recursos	Cantidad	Precio	
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2.0000	0.8000	18.2400	14.59
Oficial	hh	1.0000	0.4000	15.2800	6.11
Peón	hh	8.0000	3.2000	13.7400	43.97
<b>Materiales</b>					
Aceite motor gasolinera multigrado	gln	-	0.4000	50.0000	0.20
Grasa multipropósito EP	lb	-	0.0020	15.0000	0.03
Gasolina de 90 octanos	gln	-	0.2400	20.0000	4.80
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.1800	5.0000	0.90
Cemento Portland tipo I (42.5 kg)	bol	-	9.2000	27.0000	248.40
Piedra chancada 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.8000	60.0000	48.00
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	0.5000	60.0000	30.00
Vidrio molido	kg	-	20.0960	5.0000	100.480
<b>Equipo</b>					
Herramientas	%mo	-	3.0000	64.6700	1.94
Mezcladora 18 HP, 11-12 p3, 1,500 kg	hm	1.0000	0.4000	13.0000	5.20
Vibrador de 4 HP	hm	1.0000	0.4000	8.9000	3.56

Rendimiento 20 m<sup>3</sup>/día

**Tabla 54. Costos del concreto con adición de 40 kg/m<sup>3</sup> de vidrio molido**

Descripción	Unid.	Recursos	Costo unitario por m <sup>3</sup>		608.18
			Cantidad	Precio	
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2.0000	0.8000	18.2400	14.59
Oficial	hh	1.0000	0.4000	15.2800	6.11
Peón	hh	8.0000	3.2000	13.7400	43.97
<b>Materiales</b>					
Aceite motor gasolinera multigrado	gln	-	0.4000	50.0000	0.20
Grasa multipropósito EP	Lb	-	0.0020	15.0000	0.03
Gasolina de 90 octanos	gln	-	0.2400	20.0000	4.80
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.1800	5.0000	0.90
Cemento Portland tipo I (42.5 kg)	Bol	-	9.2000	27.0000	248.40
Piedra chancada 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.8000	60.0000	48.00
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	0.5000	60.0000	30.00
Vidrio molido	kg	-	40.0960	5.0000	200.480
<b>Equipo</b>					
Herramientas	%mo	-	3.0000	64.6700	1.94
Mezcladora 18 HP, 11-12 p3, 1,500 kg	Hm	1.0000	0.4000	13.0000	5.20
Vibrador de 4 HP	Hm	1.0000	0.4000	8.9000	3.56

Rendimiento 20 m<sup>3</sup>/día



**Figura 69. Costo del concreto con adición de vidrio molido**

#### 4.12. Discusión de resultados

Con base en los hallazgos de laboratorio, se aceptó la hipótesis general, verificándose que el uso de fibras de acero y vidrio molido influye significativamente en la mejora de la

resistencia a la compresión y flexión del concreto en las dosis de 10, 20 y 40 kg/m<sup>3</sup> que será usado en pavimentos rígidos en Andahuaylas.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Isidro (11), quien dio a conocer que la resistencia del concreto a compresión y resistencia del concreto a flexión mejora, pero su trabajabilidad no mejora. Del mismo modo, Arango y Anderson (3) al verificar las propiedades mecánicas, el módulo de elasticidad obtiene un aumento del 16 %, así mismo, dan a conocer que para una adición del 3 % no genera ganancia por lo cual es nula.

Sarta y Silva (4), Vargas y Yataco (10), Flores y Ostos (8), Munguía (9), Isidro (11), concluyen que al incrementar fibra de acero para la elaboración del hormigón que se usará en pavimentos rígidos mejoró su resistencia a la compresión.

Arango y Anderson (3), y Flores y Ostos (8), concluyen que el aditamento de un 3% de vidrio molido no incrementó la resistencia del concreto a la compresión utilizado para pavimentos rígidos. Sin embargo, se encontró que la adición de fibras de acero aumentó la resistencia a la compresión del concreto usado en pavimentos rígidos en un 34,9 % con una dosis de 40 kg/m<sup>3</sup>, al igual que el aditamento de vidrio molido que con una dosis de 10 kg/m<sup>3</sup>, su resistencia del concreto a la compresión acrecienta un 8%

Sarta y Silva (4), concluyen que la resistencia del concreto a flexión con aditamento de fibra de acero no mejora, pero Munguía (9) e Isidro (11), afirman que sí mejora su resistencia del concreto a flexión con adición de fibra de acero. Los resultados obtenidos en la investigación indican que la resistencia a flexión con la adición de fibra de acero mejora en un 5.1 % con una dosis de 40 kg/m<sup>3</sup>, para la adición de vidrio molido se verifica que no mejora mucho porque alcanza un porcentaje de 3.2 % con proporción de 40 kg/m<sup>3</sup> del concreto patrón.

Flores y Ostos (8) e Isidro (11), concluyeron que el aditamento de fibra de acero en el concreto aqueja la trabajabilidad, además al adicionar vidrio molido al pavimento rígido su trabajabilidad tampoco es la adecuada. En estos resultados, el aditamento de fibra de acero no posee buena trabajabilidad, mientras con vidrio molido la trabajabilidad del concreto es aceptable para ser usada en el pavimento rígido de los jirones Abancay y Santa Teresa.

Walhoff (7), afirma que en costos no existe influencia, mientras que Isidro (11), concluyó que al añadir al concreto la fibra de acero, el pavimento rígido aumenta considerablemente su costo según la cantidad de acero.

De acuerdo a los resultados, el aditamento de fibra de acero y vidrio molido para la elaboración de pavimentos rígidos en los jirones Abancay y Santa Teresa, incrementa un costo por la cuantía de fibra de acero que se va a utilizar por  $m^3$ , que es de S/ 141.34 con una dosis de  $10 \text{ kg}/m^3$ , con  $20 \text{ kg}/m^3$  es de S/ 281.34 y también con la dosis de  $40 \text{ kg}/m^3$  aumenta S/ 561.34 del costo normal. Cuando se adiciona el vidrio molido en el concreto del pavimento rígido aumenta S/ 50.48 con una proporción de  $10 \text{ kg}/m^3$ , aumenta S/ 100.48 con una adición de  $20 \text{ kg}/m^3$  y también con un aditamento de  $40 \text{ kg}/m^3$  aumenta en S/ 200.48 del costo normal del concreto usado para un pavimento rígido por  $m^3$ .

## CONCLUSIONES

1. Para el ensayo a compresión cuando se agrega la cantidad de  $10 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero se obtuvieron valores de  $152.36 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $244.02 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $266.62 \text{ kfg/cm}^2$ ; al adicionar  $10 \text{ kg/m}^3$  de vidrio molido se encontraron valores de  $163.26 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $218.98 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $250.62 \text{ kfg/cm}^2$  a las distintas edades de 7, 14 y 28 días, considerando un diseño a la resistencia de compresión de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  del ejemplar denominado patrón.
2. Para el ensayo a compresión al agregar  $20 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero, se obtuvieron valores de  $157.66 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $253.58 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $280.60 \text{ kfg/cm}^2$ ; al adicionar  $20 \text{ kg/m}^3$  de vidrio molido se obtuvieron valores de  $155.73 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $212.31 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $240.39 \text{ kfg/cm}^2$  a las distintas edades de 7, 14 y 28 días, considerando un diseño a la resistencia de compresión de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  del ejemplar denominado patrón.
3. Para el ensayo a compresión al agregar  $40 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero, se obtuvieron valores de  $167.90 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $256.01 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $305.79 \text{ kfg/cm}^2$ ; adicionando  $40 \text{ kg/m}^3$  de vidrio molido se encontró  $150.79 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $184.58 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $236.74 \text{ kfg/cm}^2$  a las distintas edades de 7, 14 y 28 días, considerando un diseño a la resistencia de compresión de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  del ejemplar denominado patrón.
4. Para el ensayo a flexión al agregar  $10 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero se obtuvieron valores de  $30.10 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $41.42 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $49.01 \text{ kfg/cm}^2$ ; al adicionar  $10 \text{ kg/m}^3$  de vidrio molido se encontraron valores de  $26.55 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $35.32 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $45.60 \text{ kfg/cm}^2$  a las distintas edades de 7, 14 y 28 días, en referencia a la resistencia de diseño del espécimen patrón, cuando agregamos fibra de acero se obtiene resultados de  $26.85 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $33.01 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $45.54 \text{ kgf/cm}^2$  y cuando se agrega vidrio molido se toma los resultados de la muestra patrón de  $24.08 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $31.57 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $41.77 \text{ kgf/cm}^2$ .
5. Para el ensayo a flexión al agregar  $20 \text{ kg/m}^3$  de las fibras de acero se obtuvieron valores de  $31.22 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $44.12 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $52.39 \text{ kfg/cm}^2$ ; al adicionar  $20 \text{ kg/m}^3$  de vidrio molido se encontraron valores de  $27.59 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $37.01 \text{ kfg/cm}^2$ ,  $46.62 \text{ kfg/cm}^2$  a las distintas edades de 7, 14 y 28 días, en referencia a la resistencia de diseño del espécimen patrón, cuando agregamos fibra de acero se obtiene resultados de  $26.85 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $33.01 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $45.54 \text{ kgf/cm}^2$  y cuando se agrega vidrio molido se toma los resultados del espécimen patrón de  $24.08 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $31.57 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $41.77 \text{ kgf/cm}^2$ .

6. Para el ensayo a flexión al incorporar  $40 \text{ kg/m}^3$  de las fibras de acero se obtuvieron valores de  $32.59 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $44.89 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $56.37 \text{ kgf/cm}^2$ ; al adicionar  $40 \text{ kg/m}^3$  de vidrio molido se encontraron valores de  $28.15 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $36.41 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $48.58 \text{ kgf/cm}^2$  a las distintas edades de 7, 14 y 28 días, en referencia a la resistencia de diseño del espécimen patrón, cuando agregamos fibra de acero se obtiene resultados de  $26.85 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $33.01 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $45.54 \text{ kgf/cm}^2$  y cuando se agrega vidrio molido se toma los resultados o valores de la muestra patrón de  $24.08 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $31.57 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $41.77 \text{ kgf/cm}^2$ .
7. En cuanto se refiere a la resistencia al esfuerzo de compresión, se determinó que la incorporación de fibra de acero incrementa dicho valor en un porcentaje de 34.9 % para una proporción de  $40 \text{ kg/m}^3$ , mientras que si adiciona vidrio molido mejora en un porcentaje de 10.6 % para una proporción de  $10 \text{ kg/m}^3$ .
8. Se diagnostico que el aditamento de fibra de acero y vidrio molido en el esfuerzo a la flexión del concreto que se usará para la elaboración de pavimentos rígidos en los jirones Abancay y Santa Teresa, mejora cuando se agrega fibra de acero en 5.1 % para una cantidad de  $40 \text{ kg/m}^3$  y al adicionar vidrio molido mejora en un 3.2 % para una proporción de  $40 \text{ kg/m}^3$ .
9. Se verificó que al agregar fibra de acero y vidrio molido sí incrementa los costos para la elaboración de pavimentos rígidos en los jirones Abancay y Santa Teresa, específicamente al adicionar fibra de acero al pavimento se eleva el costo aproximado del 50 %, mientras que al adicionar vidrio molido el costo se eleva aproximadamente en un 10 % del costo normal.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la fibra de acero en el concreto para vías de tránsito, ya que en la prueba a flexión a una proporción de 20 kg/m<sup>3</sup>, se reduce las fisuras y agrietamientos.
2. Para incrementar los valores de las propiedades mecánicas del concreto se recomienda reforzar el concreto con fibra de acero los pavimentos rígidos de las vías de alto tránsito en las calles de la provincia de Andahuaylas.
3. No se recomienda utilizar agregar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero en la mezcla de concreto para pavimentos rígidos porque no es trabajable por la misma razón que las fibras se entrelazan mucho haciéndolo menos trabajable.
4. Se recomienda aumentar el vidrio molido hasta una proporción de 40 kg/m<sup>3</sup> para hacer uso en masas mayores de las botellas de vidrios reciclados ayudando de esta manera a proteger el medio ambiente de la contaminación ambiental.
5. Se recomienda investigar con mayores detalles al vidrio molido para evaluar las propiedades mecánicas y físicas para poder reemplazar al agregado fino, siempre en cuando, el vidrio sea triturado y seleccionado, y lo más resaltante empezar el uso en el concreto de las vías en Andahuaylas.
6. Aunque se reportó un ligero aumento en los costos de producción al agregar 5%, 10% y 15% de vidrio molido reemplazando el peso del cemento en comparación con el concreto normal, esto sería conveniente al medio ambiente porque el vidrio y el cemento son dañinos en ello, son altamente contaminantes y causan daños irreversibles al medio ambiente.

## LISTA DE REFERENCIAS

1. **PORRERO, Joaquin, y otros.** *Manual del concreto Estructural*. Caracas : Impresos Minipres, C.A., 2014.
2. **MILLAN, María.** *Comportamiento del hormigon reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecanicas en el canton ambato, provincia de tungurahua*. Universidad Abanto. Ambato-Ecuador : Tesis Universtaria, 2013.
3. **ARANGO, Samuel y ANDERSON, Jhon.** *Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecanicas de mezcla de concreto*. Medellin-Colombia : Tesis Universitaria, 2013.
4. **SARTA, Helo y SILVA, Jose.** *Analisis comparativo entre el cocnreto simple y el concreto con adicion de fibra de acero al 4% y 6%*. Bogota-Colombia : Tesis Universitaria, 2017.
5. **LÓPEZ, Jorge.** *Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno : influencia del tipo y consumo de fibra adicionado*. Mexico : Tesis de Maestria, 2015.
6. **YÁÑEZE, Fernando y ASTROZA, Maximiliano.** *Modelamiento de vigas de hormigon con fibra de acero* . Santiago de Chile : Tesis Universitaria, 2010.
7. **WALHOFF, Guerson.** *Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación , comparado con el concreto convencional, barranca -2016*. Huaraz-Peru : Tesis Universitaria, 2017.
8. **FLORES, Carmen y OSTOS, Eduardo.** *Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019*. Apurimac-Peru : Tesis Universitaria, 2019.
9. **MUNGUIA, Sandra.** *Análisis comparativo físico-mecánico entre fibras de acero y teraftalato de polietileno en la adición al concreto para el pavimento rígido de la Av. El Ejercito-2019*. Lima-Peru : Tesis Universitaria, 2019.
10. **VARGAS, Guadalupe y YATACO, Alvaro.** *Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos*. Lima-Peru : Tesis Universitaria, 2020.

11. **ISIDRO, Jhonson.** *Influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades del concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la ciudad de Puno-Puno.* Puno-Peru : Tesis Universitaria, 2018.
12. **BECERRA, Mario.** *Topico de Pavimentos de Concreto.* Lima-Peru : Flujo Libre, 2012.
13. **GIORDANI, Claudio y LEONEL, Diego.** *Pavimentos.*
14. **MONTALVO, Marco.** *Pavimento rigido reforzado con fibra de acero versus pavimentos tradicionales.* Lima-Peru : Informe Universitario, 2015.
15. **REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES .** *Norma Tecnica CE.020 estabilizacion de suelos y taludes.* Peru : s.n., RNE,2012.
16. **MACCAFERRI.** *Fibra como elemento estructural para el refuerzo del hormigon ,Manual tecnico.* Peru : s.n.
17. **MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACION .** *Manual de carreteras, tuneles,muros y obras complementarias.* Peru : MTC, 2014.
18. **FLORES, Emanuel.** *Mejoramiento de la resistencia del concreto adicionando fibras de acero en la Av. Túpac Amaru, distrito de Independencia, Lima -2018.* Lima-Perú : Informacion Universitaria, 2018.
19. **CARILLO, Julian y ALCOCER, Sergio.** *Muros de concreto reforzado con fibras de acero.* s.l. : ECO Ediciones, 2016.
20. **ARQUITECTURA, VIDRIERIA ESPAÑOLA.** *Propiedades generales del vidrio.* [En línea]
21. **SANCHEZ, Diego.** *Tecnologia del cocnreto y del mortero.* 2001. pág. 91.
22. **El concreto en practica. S.A.**
23. **TAMAYO, Mario, et al.** *El proceso de la investigación científica.* Editorial Limusa, 2001.
24. **GUTARRA M. et al .** *Sílabo de Taller de Investigación 2 Ingeniería Civil.* 2023.
25. **HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA , Mária.** *Metodología de la nvestigación sexta edición .* Mexico : McGRAW HILL Educaction , 2014. 9781456223960.
26. **Arbaiza, Lydia.** *Administración y organización Un enfoque contemporáneo.* Lima-Peru : Cengage Learnig, 2014.
27. **C-131, ASTM.**
28. **Abanto, Flavio.** *"Tecnologia del Concreto".* Lima-Peru : San Marcos E.I.R.L.

29. **BERNAL, César.** *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* Colombia : PEARSON EDUCACIÓN , 2010. 9789586991285.
30. **Ortega, Juan.** *Diseño de estructuras de Concreto Armado .* Lima-Perú : Macro E.I.R.L, 2015.
31. **PASQUEL, Enrique.** *Topicos de Tecnologia del Concreto en el Peru.* Peru : s.n., 1993.
32. **Comite ACI.**
33. **Riva, Enrique.** *Diseño de Mezcla.*
34. **Bernau.** *Elementos de metalografía y de acero al carbono.* 1958.
35. *Reciclaje de Vidrio.* **CEMPRE URUGUAY.**
36. **SUAREZ, Jaime.** *Deslizamientos de estabilidad de taludes en zonas tropicales.* Colombia : Ingenieria de Suelos Ltda, 1998.
37. **PANIAGUA, Walter.** *Soil Nailing.* [aut. libro] Juan SCHMITTER, y otros. *Manual de construccion geotecnica.* Mexico : SOCIEDAD MEXICA DE MECANICA DE SUELO, 2002.
38. **GUILLERMO, Hector.** *Manual de tecnicas de investigacion conceptos y aplicacion.* Lima : IPLADEES S.A.C, 2005.
39. **HARMSSEN, Teodoro.** *Diseño de estructuras de concreto armado.* Peru : PUCP, 2002. pág. 11.
40. **MARMOL, Patricia.** *Analisis comparativo del comportamiento mecanico del cocnreto reforzado con fibra de polipropileno y acero.* Madrid : s.n., 2010.
41. **PABLO, Luis.** *Evaluación de la influencia de las fibras de polietileno en el diseño, construcción y durabilidad de pavimento de concreto en laciudad de Cerro de Pasco - 2017.* Cerro de Pasco - Peru : Tesis universitaria , 2018.
42. **OCHOA, Luis.** *Evaluacion de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos.* Pimentel-Peru : Informe academico, 2018.
43. **CARRASCO, Angela.** *Utilizacion de vidrio molido.*
44. **Porrero , J, y otros.** *Manual del concreto Estructural.* Caracas : Impresos Minipres, C.A., 2014.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p><b>General:</b> ¿Cómo influye la adición de fibra de acero y vidrio molido en la resistencia a la compresión y flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210</math> kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022?</p>	<p><b>General:</b> Determinar la influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en la resistencia a la compresión y flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210</math> kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.</p>	<p><b>General:</b> El uso de fibra de acero y vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210</math> kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.</p>	<p><b>“Y=VD” Variable independiente:</b></p> <p>Y1: Fibra de Acero Y2: Vidrio Molido</p>	<p><b>Y1:</b> Granulometría Contenido de humedad Gravedad Especifica Absorción de agua Peso unitario compactado y suelto vacíos de los agregados Módulo de fineza</p> <p><b>Y2:</b> Resistencia a la fatiga, flexura, tenacidad, fuerza cortante, flexibilidad, percusión y resistencia a la fractura del concreto</p>	<p><b>Método:</b> Método científico</p>
<p><b>Específicos:</b> ¿Cuál es la influencia de adicionar 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210</math> kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022?</p>	<p><b>Específicos:</b> Determinar la influencia de adicionar 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210</math> kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.</p>	<p><b>Específicos:</b> El uso de 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210</math> kgf/cm<sup>2</sup>, Andahuaylas, 2022.</p>	<p><b>“X=VI” Variable dependiente</b></p> <p>X1: Resistencia a la compresión del concreto</p> <p>X2: Resistencia a la flexión del concreto</p>	<p>Resistencia a la contracción por secado Durabilidad a la abrasión, Resistencia a la erosión Resistencia a la corrosión.</p> <p><b>Y3:</b> Granulometría Contenido de humedad</p> <p><b>X1:</b> Cantidad de constituyentes y adiciones Trabajabilidad Cono de Abrams Compresión simple Flexión</p> <p><b>X2:</b> Agregados Cemento</p>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Alcance de la investigación:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Experimental Transversal</p>

---

Agua  
Fibra de acero  
Vidrio molido  
Gasto de personal  
Maquinarias  
Energía

¿Cuál es la influencia de adicionar 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?

Determinar la influencia de adicionar 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

El uso de 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  – Andahuaylas 2022.

¿Cuál es la influencia de adicionar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?

Determinar la influencia de adicionar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

El uso de 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero – vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

¿Cuál es la influencia de adicionar 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022?

Determinar la influencia de adicionar 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

El uso de 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , Andahuaylas, 2022.

---

<p>¿Cuál es la influencia de adicionar 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2</math>, Andahuaylas, 2022?</p>	<p>Determinar la influencia de adicionar 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2</math>, Andahuaylas, 2022.</p>	<p>El uso de 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2</math>, Andahuaylas, 2022.</p>
<p>¿Cuál es la influencia de adicionar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2</math>, Andahuaylas, 2022?</p>	<p>Determinar la influencia de adicionar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2</math>, Andahuaylas, 2022.</p>	<p>El uso de 40 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero - vidrio molido influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos de <math>f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2</math>, Andahuaylas, 2022.</p>
<p>¿Cuál es el costos de la elaboración de 1 m<sup>3</sup> de concreto adicionando fibras de acero y vidrio molido cuya resistencia es de 210 kgf/cm<sup>2</sup>?</p>	<p>Establecer los costos de elaboración de 1 m<sup>3</sup> de concreto adicionando fibras de acero y vidrio molido cuya resistencia es de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.</p>	<p>El uso de fibras de acero y vidrio molido influyen significativamente en los costos de elaboración de 1 m<sup>3</sup> de concreto cuya resistencia es de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.</p>

## Anexo 2

### Diseño de mezcla en laboratorio



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS 2022"

**CANTERA:** CANTARE NAVARRO

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS  
REGION APURIMAC

**SOLICITANTE:** BACH. JHARIF RIVAS GUTIERREZ, BACH. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**FECHA:** MAYO DEL 2022

PORCENTAJE DE HUMEDAD			
MUESTRA :		1	2
A. GRUESO		A	B
1	Peso del tarro	11.34	23.34
2	Peso del T + suelo Humedo	45.96	61.39
3	Peso del t + suelo seco	45.9	61.32
4	Peso del agua	0.06	0.07
5	Peso del suelo seco	34.56	37.98
6	Contenido de humedad	0.17%	0.18%
7	% W PROMEDIO	0.18%	

PORCENTAJE DE HUMEDAD			
MUESTRA :		1	2
A. FINO		A	B
1	Peso del tarro	23.51	23.5
2	Peso del T + suelo Humedo	97.41	96.46
3	Peso del t + suelo seco	94.51	93.47
4	Peso del agua	2.9	2.99
5	Peso del suelo seco	71	69.97
6	Contenido de humedad	4.08%	4.27%
7	% W PROMEDIO	4.18%	

CANTERA	CONTENIDO DE HUMEDAD
A. GRUESO	0.18%
A. FINO	4.18%



*[Handwritten Signature]*  
**Ing. Guido Purjan Quispitupa**  
 CIP 28016  
 GERENTE

Nota: muestra proporcionada por el interesado



# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION Y PESO UNITARIO

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS 2022"

**CANTERA:** CANTARE NAVARRO

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS  
REGION APURIMAC

**SOLICITANTE:** BACH. JHARIF RIVAS GUTIERREZ, BACH. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**FECHA :** MAYO DEL 2022

Objeto: determinar la gravedad especifica (bulk) y la gravedad especifica aparente, el porcentaje de absorcion del agregado asi como el peso unitario varillado

DATOS: AGREGADO ARENA		AGREGADO FINO RESULTADOS	
Peso del material seco al horno a 105 °C	A 485.00	Gravedad especifica bulk (Base seca)	Gs= 2.94
Peso probeta + agua	B 1397.00	Gravedad especifica bulk (Base satur.)	Gs= 3.03
Peso material saturado superficialmente seco (SSS)	C 500.00	Gravedad especifica aparente	Gs= 3.230
Peso del material SSS (sumergido al agua)	D 1732.00	porcentaje de Absorción	%Abs 3.09%
Peso del material SSS +Probeta + Agua	E 1897.00	<b>DATOS: ENSAYO PESO UNIT. SUELTO</b>	A. FINO A. GRUESO
volumen del material	F 165.00	Peso material seco al horno mas molde (gr)	8966 8860
volumen de la masa	G 150.00	Peso del molde (gr)	4358 4358
P. E. bulk (Base seca)	A/F 2.94	Peso del material seco al horno (gr)	4608 4502
P. E. bulk (Base saturada)	C/F 3.03	Volumen del molde	2850.0 2850.0
P. E. Aparente (Base seca)	A/G 3.23	Peso Unitario (kg/m3)	1617 1580
% de Absorción	(C-A)100/A 3.09%	<b>RESULTADOS AGREGADO GRUESO</b>	
<b>AGREGADO PIEDRA CHANCADA</b>		Gravedad especifica bulk (Base seca)	Gs= 2.72
<b>DATOS</b>		Gravedad especifica bulk (Base saturada)	Gs= 2.73
Peso del material seco al horno a 105 °C	A 498	Gravedad especifica aparente	Gs= 2.75
Peso del material SSS (Sumergido enl Agua)	B 317	porcentaje de Absorción	%Abs 0.40%
Peso del material saturado superficialmente seco (SSS)	C 500	<b>OBSERVACIONES:</b>	Muestra proporcionada por el interesado
<b>PROCESO</b>			
Peso del material SSS+Probeta + agua	500.00		
Volumen del material	183.00		
Volumende la masa	181.00		
% de Absorción	0.4%		
P. E. bulk (Base seca)	A/F 2.72		
P. E. bulk (Base saturada)	C/F 2.73		
P. E. Aparente (Base seca)	A/G 2.75		
% de Absorción	(C-A)100/A 0.4%		
<b>DATOS: ENSAYO PESO UNIT. VARILLADO</b>		<b>AGREG. FINO</b>	<b>AGREG. GRUESO</b>
Peso del material seco al horno mas molde (gr)		8410	9398
Peso del molde (gr)		4358	4358
Peso del material seco al horno (gr)		4052	5040
Volumen del molde		2850.0	2850.0
Peso Unitario (kg/m3)		1422	1769
		<b>MEDIDAS MOLDE</b>	
		ALT = 17 Cm	
		DIAM= 15 Cm.	
		Volumen (cm3): 2850.0	

*Ingeniero*  
Ing. Guido Fajun Quispitupa  
CIP: 18016  
GERENTE



# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

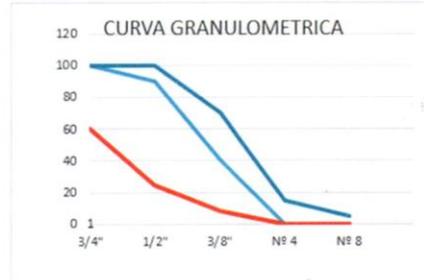
Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

<b>CARACTERISTICAS FISICAS Y GRANULOMETRICAS DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO</b>	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS 2022"
CANTERA:	CANTARE NAVARRO
UBICACIÓN:	DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS REGION APURIMAC
SOLICITANTE:	BACH. JHARIF RIVAS GUTIERREZ, BACH. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN
FECHA :	MAYO DEL 2022

GRANULOMETRIA PIEDRA CHANCADA					CARACTERISTICAS FISICAS		V. Usuales	Calculado
TAMAÑO MAXIMO 1/2"								
MALLA	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RETENIDO ACUMUL.	(%) PASA ACUMUL.	1) Modulo de fineza	(5.5-8.5)	6.08	
2"	0	0	0	100	2) Peso especifico (gr./cm <sup>3</sup> )	(2.4 - 2.8)	2.75	
1 1/2"	0	0	0	100	3) Peso unitario suelto (gr./cm <sup>3</sup> )	(1300 - 1800)	1580	
1"	215	8	8	92	4) Peso unitario compacto (gr./cm <sup>3</sup> )	(1400-1900)	1768	
3/4"	849	32	40	60	5) (%) Humedad	(0.0 - 20)	0.2%	
1/2"	927	35	75	25	6) (%) Absorción	(0.2 - 4.0)	0.4%	
3/8"	437	16	91	8.5	<b>LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN AGREG. FINO</b>		ASTM-C33 Máximo	
Nº 4	222	8	100	0.2	<b>Abrasión maquina de los angeles</b>		28.0%	
Nº 8	3	0	100	0.1	<b>OBSERVACIONES:</b>			
Nº 16	2	0	100	0	Material grueso con mayor porcentaje retenido en la n <b>1/2"</b>			
TOTAL	2655	100			HUSO Nº 7			

PARAMETROS	MALLA	RESULTADOS
100	100	3/4"
90	100	1/2"
40	70	3/8"
0	15	Nº 4
0	5	Nº 8



Nota: muestra proporcionada por el interesado

INGEOLAB S.R.L.  
  
 Ing. Guido Parjas Quispitiza  
 GERENTE



INGEOLAB S.R.L.

## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

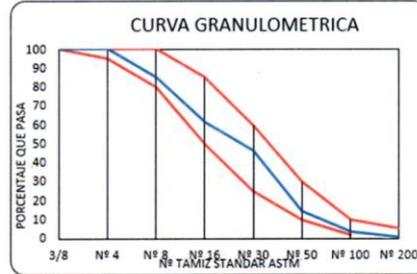
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

#### ARENA PARA CONCRETO

PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS 2022"
CANTERA:	CANTARE NAVARRO
UBICACIÓN:	DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS REGION APURIMAC
SOLICITANTE:	BACH. JHARIF RIVAS GUTIERREZ, BACH. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN
FECHA:	MAYO DEL 2022

GRANULOMETRIA					CARACTERISTICAS FISICAS	V. Usuales	Calculado
MALLA	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RETENIDO ACUMUL.	(%) PASA ACUMUL.	1) Modulo de fineza 2) Peso especifico (gr./cm <sup>3</sup> ) 3) Peso unitario suelto (gr./cm <sup>3</sup> ) 4) Peso unitario compacto (gr./cm <sup>3</sup> )	(2.4-3.0) (2.4 - 2.8) (1300 - 1800) (1400-1900)	2.89 3.23 1617 1422
3/8	0	0	0	100	5) (%) Humedad	(0.0 - 20)	4.18%
Nº 4	0	0	0	100	6) (%) Absorción	(0.2 - 4.0)	3.09%
Nº 8	135	15	15	85	<b>LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN AGREG. FINO</b>		
Nº 16	216	24	38	62	ASTM-C33 Máximo Calculado		
Nº 30	141	15	54	46	1) Lentes de arcillas y partículas desmenuzadas		
Nº 50	289	32	86	14	2) Material menor a la malla 200 (a)		
Nº 100	101	11	97	3	<b>OBSERVACIONES:</b>		
Nº 200	25	3	99	0.7	(a) 3% para concreto sujeto a la abrasión y 5% para los demas		
<Nº 200	6	1	100	0	<b>CLASIFICACION: AG-3</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>913</b>	<b>100</b>					

100	100	3/8	100
95	100	Nº 4	100
80	100	Nº 8	85
50	85	Nº 16	62
25	60	Nº 30	46
10	30	Nº 50	14
2	10	Nº 100	3
0	5	Nº 200	1
0	5	<Nº 200	0



Nota: muestra proporcionada por el interesado





## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### DISEÑO DE MEZCLA

**F'C = 210**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS 2022"

**CANTERA:** CANTARE NAVARRO

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS  
REGION APURIMAC

**SOLICITANTE:** BACH. JHARIF RIVAS GUTIERREZ, BACH. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**FECHA :** MAYO DEL 2022

### CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS PARA EL DISEÑO

#### DATOS DEL CEMENTO

CEMENTO PORTLAND	TIPO = 1
PESO ESPECIFICO	3150 Kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO	1500 Kg/m <sup>3</sup>

#### DATOS DEL AGREGADO FINO CANTERA

PESO ESPECIFICO	3230 Kg/m <sup>3</sup>
MODULO DE FINEZA	2.89
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.18 %
ABSORCION	3.09 %
PESO UNITARIO	1422 Kg/m <sup>3</sup>

#### DATOS DEL AGREGADO GRUESO CANTERA

PESO ESPECIFICO	2750 Kg/m <sup>3</sup>
MODULO DE FINEZA	6.08
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.18 %
ABSORCION	0.40 %
PESO UNITARIO	1768 Kg/m <sup>3</sup>

#### DATOS PARA EL DISEÑO

RESISTENCIA A LA COMPRESION	210 Kg/Cm <sup>2</sup>
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	1/2"
TIPO DE CONTROL EN OBRA	

  
 Ing. Guido Parján Quispitupa  
 CIP 7345-E  
 GERENTE



INGEOLAB S.R.L.

## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

<u>CALCULO</u>						
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA				$f_{cr} =$	294 Kg/m <sup>2</sup>	
SLUMP O ASENTAMIENTO		3" a 4"		(De acuerdo al tipo de obra)		
AGUA DE MEZCLADO				216 Kg/m <sup>3</sup>		
<b>1.- RELACION AGUA CEMENTO A/C</b>						
300	0.55			$f_{cr} =$	294 Kg/m <sup>2</sup>	
250	0.62			A/C =	0.56	
<b>2.- CONTENIDO DE CEMENTO</b>						
Cemento =		$\frac{216}{0.56}$	Kg/m <sup>3</sup>	=	386.82 Kg/m <sup>3</sup>	
					9 Bolsas	
<b>3.- CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO</b>						
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO SECO COMPACTO				=	0.54 m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				=	954.95 Kg.	
<b>4.- CONTENIDO DE AGREGADO FINO</b>						
AGREGADO FINO				=	933.30 Kg.	
<b>5.- AJUSTE POR HUMEDAD DEL PESO DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO GRUESO				=	957 Kg	
AGREGADO FINO				=	972 Kg	
AGUA EFECTIVA				=	207.57 Kg.	
<b>6.- DOSIFICACION DE PROPORCIONES EN PESO RESULTANTE POR m3</b>						
CEMENTO				=	386.82 Kg.	
AGREGADO FINO				=	972.30 Kg.	
AGREGADO GRUESO				=	956.66 Kg.	
AGUA DE MEZCLADO				=	207.57 Litros	
<b>7.- DOSIFICACION DE PROPORCIONES EN VOLUMEN</b>						
CEMENTO				=	0.123 m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				=	0.289 m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				=	0.347 m <sup>3</sup>	
AGUA DE MEZCLADO				=	0.216 m <sup>3</sup>	
<b>8.- PROPORCION: CEMENTO : HORMIGON / AGUA</b>						
CEMENTO				=	1 P <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				=	2.51 P <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				=	2.47 P <sup>3</sup>	
AGUA EFECTIVA				=	22.8 Lts	
<b>9.- PESO POR TANDA DE SACO.</b>						
CEMENTO				=	42.5 Kg/saco	
AGREGADO FINO				=	106.8 Kg/saco	
AGREGADO GRUESO				=	105.1 Kg/saco	
AGUA EFECTIVA				=	22.8 Lts/saco	
<b>10.- C/ARENA/P. CH./AGUA:</b> 1 / 2.5 / 2.5 / 22.8						
<b>11.-</b>	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	A. PLAST ml	A. AIRE CM3
	1	2.5	2.5	22.8		



## Anexo 3

### Resultados de laboratorio ensayo a compresión



#### 1. RESULTADOS

#### RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCA Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 07 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL CARG (DIAS)	AREA (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA	
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	26/03/2022	2/04/2022	7	25987	177	147.06	210	70.0	CORTE
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	30	15	28/03/2022	4/04/2022	7	26126	177	147.85	210	70.4	CORTE
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	30	15	30/03/2022	6/04/2022	7	27024	177	152.93	210	72.8	CORTE
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	30	15	2/04/2022	9/04/2022	7	28745	177	162.67	210	77.5	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abanca - Apurímac  
 conchipa.eiri@gmail.com - Cel. 094 280 1994

*SAUL J. CHIPA CAHUANA*  
**Saúl José Chipa Cahuana**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193001

2



#### RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCA Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 14 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL CARG (DIAS)	AREA (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA	
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	26/03/2022	9/04/2022	14	31059	177	175.76	210	83.7	CORTE
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	30	15	28/03/2022	11/04/2022	14	32059	177	181.42	210	86.4	CORTE
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	30	15	30/03/2022	13/04/2022	14	37511	177	212.28	210	101.1	CORTE
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	30	15	2/04/2022	16/04/2022	14	39195	177	221.80	210	105.6	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abanca - Apurímac  
 conchipa.eiri@gmail.com - Cel. 094 280 1994

*SAUL J. CHIPA CAHUANA*  
**Saúl José Chipa Cahuana**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193001

4



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 28 DIAS												
N°	DESCRIPCION	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL (DIAS)	CARG (kg-f)	AREA (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	26/03/2022	23/04/2022	28	40702	177	230.33	210	109.7	CORTE
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	30	15	28/03/2022	25/04/2022	28	41702	177	235.99	210	112.4	CORTE
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	30	15	30/03/2022	27/04/2022	28	42801	177	242.21	210	115.3	CORTE
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	30	15	2/04/2022	30/04/2022	28	44637	177	252.60	210	120.3	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jirón Andina N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 051 985 999 999



6



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 07 DIAS												
N°	DESCRIPCION	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL (DIAS)	CARG (kg-f)	AREA (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	26/03/2022	2/04/2022	7	26776	177	151.53	210	72.2	CORTE
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	30	15	28/03/2022	4/04/2022	7	29776	177	168.50	210	80.2	CORTE
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	30	15	30/03/2022	6/04/2022	7	27856	177	157.64	210	75.1	CORTE
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	30	15	2/04/2022	9/04/2022	7	26954	177	152.53	210	72.6	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jirón Andina N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 051 985 999 999



3



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 14 DIAS												
N°	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL CARG (DIAS)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA		
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	26/03/2022	9/04/2022	14	32246	177	182.48	210	86.9	CORTE
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	30	15	28/03/2022	11/04/2022	14	45246	177	256.05	210	121.9	CORTE
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	30	15	30/03/2022	13/04/2022	14	44810	177	253.58	210	120.8	CORTE
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	30	15	2/04/2022	16/04/2022	14	43627	177	246.89	210	117.6	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 983 839 004



5



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 28 DIAS												
N°	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL CARG (DIAS)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA		
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	26/03/2022	23/04/2022	28	41235	177	233.35	210	111.1	CORTE
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	30	15	28/03/2022	25/04/2022	28	53535	177	302.96	210	144.3	CORTE
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	30	15	30/03/2022	27/04/2022	28	49535	177	280.32	210	133.5	CORTE
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	30	15	2/04/2022	30/04/2022	28	46627	177	263.86	210	125.6	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 983 839 004



7



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

1. RESULTADOS

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

UBICACIÓN : ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
 DISTRITO : ANDAHUAYLAS  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 DEPARTAMENTO : APURIMAC  
 SOLICITADO POR : Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
 PROFESIONAL RESP : ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 07 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	24/03/2022	31/03/2022	7	26187	177	148.19	210	70.6	CORTE
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	30	15	30/03/2022	6/04/2022	7	27166	177	153.73	210	73.2	CORTE
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	30	15	1/04/2022	8/04/2022	7	28014	177	158.53	210	75.5	CORTE
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	30	15	3/04/2022	10/04/2022	7	28952	177	163.84	210	78.0	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 983 889 004  
  
 Saúl José Chipa Cahuana  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193001

2



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

UBICACIÓN : ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
 DISTRITO : ANDAHUAYLAS  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 DEPARTAMENTO : APURIMAC  
 SOLICITADO POR : Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
 PROFESIONAL RESP : ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 14 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	24/03/2022	7/04/2022	14	32876	177	186.05	210	88.6	CORTE
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	30	15	30/03/2022	13/04/2022	14	33175	177	187.74	210	89.4	CORTE
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	30	15	1/04/2022	15/04/2022	14	37521	177	212.33	210	101.1	CORTE
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	30	15	3/04/2022	17/04/2022	14	38195	177	216.15	210	102.9	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 983 889 004  
  
 Saúl José Chipa Cahuana  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193001

4



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 28 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	24/03/2022	21/04/2022	28	39987	177	226.29	210	107.8	CORTE
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	30	15	30/03/2022	27/04/2022	28	41965	177	237.48	210	113.1	CORTE
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	30	15	1/04/2022	29/04/2022	28	42156	177	238.56	210	113.6	CORTE
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	30	15	3/04/2022	1/05/2022	28	43937	177	248.64	210	118.4	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eiri@gmail.com - Cel. 094 233 2999

*SAUL J. CHIPA CAHUANA*  
  
**Saul Jose Chipa Cahuana**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193001

6



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 07 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (kg-f)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	24/03/2022	31/03/2022	7	25998	177	147.12	210	70.1	CORTE
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	30	15	30/03/2022	6/04/2022	7	29562	177	167.29	210	79.7	CORTE
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	30	15	1/04/2022	8/04/2022	7	27863	177	157.68	210	75.1	CORTE
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	30	15	3/04/2022	10/04/2022	7	26892	177	152.18	210	72.5	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eiri@gmail.com - Cel. 094 233 2999

*SAUL J. CHIPA CAHUANA*  
  
**Saul Jose Chipa Cahuana**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193001

3



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 14 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL (DIAS)	CARG (kg-f)	AREA (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	24/03/2022	7/04/2022	14	32289	177	182.72	210	87.0	CORTE
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	30	15	30/03/2022	13/04/2022	14	45232	177	255.97	210	121.9	CORTE
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	30	15	1/04/2022	15/04/2022	14	44810	177	253.58	210	120.8	CORTE
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	30	15	3/04/2022	17/04/2022	14	42614	177	241.15	210	114.8	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 983 418 324



5



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS  
DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA ANDAHUAYLAS 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

ROTURA DE BRIQUETAS A EDAD DE 28 DIAS												
Nº	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD DIAL (DIAS)	CARG (kg-f)	AREA (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA							
1	CONCRETO PATRON	30	15	24/03/2022	21/04/2022	28	40932	177	231.63	210	110.3	CORTE
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	30	15	30/03/2022	27/04/2022	28	54535	177	308.61	210	147.0	CORTE
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	30	15	1/04/2022	29/04/2022	28	49632	177	280.87	210	133.7	CORTE
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	30	15	3/04/2022	1/05/2022	28	47601	177	269.37	210	128.3	CORTE

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac  
 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. 983 418 324



7

## Anexo 4

### Resultados de laboratorio ensayo a flexión



#### 1. RESULTADOS

#### RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS - APURIMAC

DISTRITO: ANDAHUAYLAS PROVINCIA: ANDAHUAYLAS

DEPARTAMENTO: APURIMAC

SOLICITADO POR : Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ , Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

PROFESIONAL RESP : ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	26/03/2022	2/04/2022	7	598	26.91	210	12.8	TERCIO CENTRAL
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	29/03/2022	5/04/2022	7	639	28.76	210	13.7	TERCIO CENTRAL
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	31/03/2022	7/04/2022	7	692	28.14	210	14.8	TERCIO CENTRAL
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	2/04/2022	9/04/2022	7	667	26.72	210	14.3	TERCIO CENTRAL



Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac

2 conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



#### RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

UBICACIÓN : ANDAHUAYLAS - APURIMAC

DISTRITO : ANDAHUAYLAS PROVINCIA : ANDAHUAYLAS

DEPARTAMENTO : APURIMAC

SOLICITADO POR : Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

PROFESIONAL RESP : ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	26/03/2022	9/04/2022	14	705	31.73	210	15.1	TERCIO CENTRAL
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	29/03/2022	12/04/2022	14	817	36.77	210	17.5	TERCIO CENTRAL
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	31/03/2022	14/04/2022	14	865	36.93	210	18.5	TERCIO CENTRAL
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	2/04/2022	16/04/2022	14	902	35.49	210	19.3	TERCIO CENTRAL



Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac

4 conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829921



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**Proyecto:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

Nº	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	26/03/2022	23/04/2022	28	935	42.08	210	20.0	TERCIO CENTRAL
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	29/03/2022	26/04/2022	28	1005	48.53	210	21.5	TERCIO CENTRAL
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	31/03/2022	28/04/2022	28	1056	47.52	210	22.6	TERCIO CENTRAL
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	2/04/2022	30/04/2022	28	1169	45.61	210	25.1	TERCIO CENTRAL

Saul Jose Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurimac

6 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Claro: 986829521



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

**SOLICITADO POR:** Bach. JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach. SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

Nº	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	26/03/2022	2/04/2022	7	600	27.00	210	12.9	TERCIO CENTRAL
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	29/03/2022	5/04/2022	7	745	33.53	210	16.0	TERCIO CENTRAL
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	31/03/2022	7/04/2022	7	689	32.01	210	14.8	TERCIO CENTRAL
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	2/04/2022	9/04/2022	7	659	30.66	210	14.1	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**

Los testigos fueron elaborados por el solicitante, D.A.\*

: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

Saul Jose Chipa Cahuana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurimac

3 conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Claro: 986829521



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	26/03/2022	9/04/2022	14	728	32.76	210	15.6	TERCIO CENTRAL
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	29/03/2022	12/04/2022	14	1002	45.09	210	21.5	TERCIO CENTRAL
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M4	10	10	50	2.5	31/03/2022	14/04/2022	14	992	44.64	210	21.3	TERCIO CENTRAL
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M5	10	10	50	2.5	2/04/2022	16/04/2022	14	913	41.09	210	19.6	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**

Los testigos fueron elaborados por el solicitante.

D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga



Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac

5 conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829521



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	26/03/2022	23/04/2022	28	1012	45.54	210	21.7	TERCIO CENTRAL
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	29/03/2022	26/04/2022	28	1208	54.36	210	25.9	TERCIO CENTRAL
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	31/03/2022	28/04/2022	28	1060	53.50	210	22.7	TERCIO CENTRAL
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	2/04/2022	30/04/2022	28	1002	48.09	210	21.5	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**

Los testigos fueron elaborados por el solicitante.

D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga



Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac

7 conchipa.eirl@gmail.com-Cel.Claro:986829521



**1. RESULTADOS**

**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCA Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	24/03/2022	31/03/2022	7	472	21.24	210	10.1	TERCIO CENTRAL
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	25/03/2022	1/04/2022	7	612	27.54	210	13.1	TERCIO CENTRAL
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	27/03/2022	3/04/2022	7	623	27.04	210	13.4	TERCIO CENTRAL
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	6/04/2022	13/04/2022	7	675	26.38	210	14.5	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**

Los testigos fueron elaborados por el solicitante.

D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
Cel.Claro:986829921



3 conchipa.eirl@gmail.com



**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCA Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	24/03/2022	7/04/2022	14	698	31.41	210	15.0	TERCIO CENTRAL
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	25/03/2022	8/04/2022	14	801	36.05	210	17.2	TERCIO CENTRAL
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	27/03/2022	10/04/2022	14	824	37.08	210	17.7	TERCIO CENTRAL
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	6/04/2022	20/04/2022	14	870	35.15	210	18.6	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**

Los testigos fueron elaborados por el solicitante.

D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la v

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
Cel.Claro:986829921



5 conchipa.eirl@gmail.com



**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS  
**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	24/03/2022	21/04/2022	28	921	41.45	210	19.7	TERCIO CENTRAL
2	VIDRIO MOLIDO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	25/03/2022	22/04/2022	28	994	48.73	210	21.3	TERCIO CENTRAL
3	VIDRIO MOLIDO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	27/03/2022	24/04/2022	28	1016	45.72	210	21.8	TERCIO CENTRAL
4	VIDRIO MOLIDO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	6/04/2022	4/05/2022	28	1102	45.59	210	23.6	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**  
 Los testigos fueron elaborados por el solicitante.  
 D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

  
 Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." - Apurímac Cel.Claro:986829921  **INGENIERO CIVIL CIP. 193001** 7 conchipa.eirl@gmail.com



**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC  
**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS **PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS  
**DEPARTAMENTO:** APURIMAC  
**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ  
 Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN  
**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	24/03/2022	31/03/2022	7	593	26.69	210	12.7	TERCIO CENTRAL
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	25/03/2022	1/04/2022	7	703	31.64	210	15.1	TERCIO CENTRAL
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	27/03/2022	3/04/2022	7	654	30.43	210	14.0	TERCIO CENTRAL
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	6/04/2022	13/04/2022	7	634	29.53	210	13.6	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**  
 Los testigos fueron elaborados por el solicitante.  
 D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

  
 Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." - Apurímac Cel.Claro:986829921  **INGENIERO CIVIL CIP. 193001** 4 conchipa.eirl@gmail.com



**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	24/03/2022	7/04/2022	14	739	33.26	210	15.8	TERCIO CENTRAL
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	25/03/2022	8/04/2022	14	993	44.69	210	21.3	TERCIO CENTRAL
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	27/03/2022	10/04/2022	14	902	43.59	210	19.3	TERCIO CENTRAL
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	6/04/2022	20/04/2022	14	883	41.74	210	18.9	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**

Los testigos fueron elaborados por el solicitante.

D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." - Apurimac  
Cel.Claro:986829921



6 conchipa.eirl@gmail.com



**RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97**

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022".

**UBICACIÓN:** ANDAHUAYLAS - APURIMAC

**DISTRITO:** ANDAHUAYLAS

**PROVINCIA:** ANDAHUAYLAS

**DEPARTAMENTO:** APURIMAC

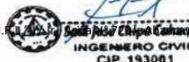
**SOLICITADO POR:** Bach.JHARIF RIVAS GUTIERREZ

Bach.SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

**PROFESIONAL RESP:** ING. SAÚL J. CHIPA CAHUANA

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)				FECHA		EDAD (DIAS)	DIAL CARG (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DISEÑO (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L	D.A.*	MOLDEO	ROTURA						
1	CONCRETO PATRON	10	10	50	2.5	24/03/2022	21/04/2022	28	1012	45.54	210	21.7	TERCIO CENTRAL
2	FIBRA DE ACERO - 40 KG/M3	10	10	50	2.5	25/03/2022	22/04/2022	28	1297	58.37	210	27.8	TERCIO CENTRAL
3	FIBRA DE ACERO - 20 KG/M3	10	10	50	2.5	27/03/2022	24/04/2022	28	1095	51.28	210	23.5	TERCIO CENTRAL
4	FIBRA DE ACERO - 10 KG/M3	10	10	50	2.5	6/04/2022	4/05/2022	28	1065	49.93	210	22.8	TERCIO CENTRAL

Laboratorio de Suelos y Concreto "CONCHIPA E.I.R.L." - Apurimac  
Cel.Claro:986829921



8 conchipa.eirl@gmail.com

**Anexo 5**  
**Cotización de fibra de acero**



**CORPORACION DILOMA E.I.R.L.**

- ➔ VENTA: MATERIALES DE FERRETERÍA EN GENERAL
  - ➔ VENTA: MATERIALES RIEGO TECNIFICADO
  - ➔ VENTA: SERVICIOS GENERALES
  - ➔ VENTA: MATERIALES DE LIMPIEZA
  - ➔ EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS
- CORPORACION DILOMA E.I.R.L.**

Cel. 984 556 687 diomedeslopez1204@gmail.com

Pj. Malinas Nro - 116 Andahuaylas - Andahuaylas - Apurimac

RUC: 20602070647

**COTIZACION**

C001-15

CLIENTE: COTIZACION PARA INVESTIGACION  
DIRECCION: -  
MONEDA: SOLES

SN DOC.DOM: 1648140486  
FECHA: 24/03/2022 - 11:49:36

CANT.	U.M.	DESCRIPCION	P.U.	IMPORTE
40	KILOGRAMO	FIBRA METALICA Z 80/60 MM X KG	14.00	560.00

SON: QUINIENTOS. CON 00/60 SOLES

IMPORTE TOTAL

S/ 560.00

OBSERVACIONES:

CUENTA DE CCI. N° 011-010-000200067724-61 BBVA (BANCO CONTINENTAL)

## Anexo 6

### Resultados del análisis granulométrico del vidrio molido



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INGEOLAB S.R.L.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ARENA PARA CONCRETO

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO EN LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022"

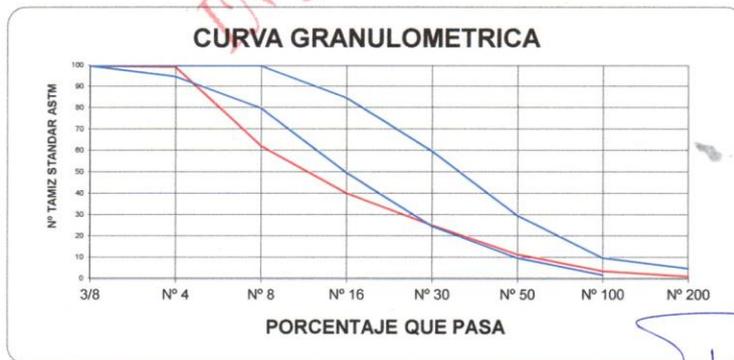
CANTERA: VIDRIO MOLIDO

UBICACIÓN: DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS  
REGION APURIMAC

SOLICITANTE: BACH. JHARIF RIVAS GUTIERRES, BACH SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN

FECHA: ANDAHUAYLAS, MAYO DEL 2022

GRANULOMETRIA					CARACTERISTICAS FISICAS	V. Usuales	Calculado
MALLA Nº	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RETENIDO ACUMUL.	(%) PASA ACUMUL.	1) Modulo de fineza 2) Peso especifico (gr./cm <sup>3</sup> .) 3) Peso unitario suelto (gr./cm <sup>3</sup> .) 4) Peso unitario compacto (gr./cm <sup>3</sup> .)	(2.3 - 3.1) (2.4 - 2.8) (1400 - 1800) (1500-1900)	
3/8	0	0.0	0.0	100	5) (%) Humedad	(0.0 - 10)	
Nº 4	5	0.6	0.6	99	6) (%) Absorción	(0.2 - 2.0)	
Nº 8	314	37	38	62	<b>LIMITES PARA SUSTANCIAS</b>		ASTM-C33
Nº 16	188	22	60	40	<b>PERJUDICIALES EN AGREG. FINO</b>		Máximo
Nº 30	127	15	75	25	1)		Calculado
Nº 50	117	14	88	12	2) Material menor a la malla 200 (a)		
Nº 100	67	8	96	4	<b>OBSERVACIONES:</b>		
Nº 200	21	2	99	1			
<Nº 200	11	1	100	0			
<b>TOTAL</b>	<b>850</b>	<b>100</b>			(a) 3% para concreto sujeto a la abrasion y 5% para los demas.		



INGEOLAB S.R.L.  
Ing. Guido Barón Quispi  
CIP 78016  
GERENTE

Anexo 7

Resultados de la prueba de abrasión a los agregados

Anexo 8



INGEOLAB S.R.L.

**INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.**

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

<p><b>PROYECTO:</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRA DE ACERO Y VIDRIO MOLIDO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO EN LOS JIRONES ABANCAY Y SANTA TERESA, ANDAHUAYLAS, 2022"</p> <p>0</p> <p><b>CANTERA:</b> PIEDRA CHANCADA "NAVARRO"</p> <p>-</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS REGION APURIMAC</p> <p><b>SOLICITANTE:</b> BACH. JHARIF RIVAS GUTIERRES, BACH SHIRLEY YUDITH ALTAMIRANO BALBIN</p> <p><b>FECHA :</b> ANDAHUAYLAS, MAYO DEL 2022</p>					
<p>PRUEBA DE ABRASION POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES NORMA MTC E 207 - 2000</p>					
Gradacion	Revoluciones Nº	Billas Nº	P. de Muestra antes de ensayo	peso m. que queda luego del ensayo	% de pérdidas Corregidas
"A"	500	12	5000	3590	<b>28.2</b>

INGEOLAB S.R.L.

  
 INGEOLAB S.R.L.  
 Ing. Guido Parján Quispitupú  
 CIE 28046  
 GERENTE

## Certificado de calibración del laboratorio



### CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 202 -2021 PLF

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-07-07

1. SOLICITANTE : CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO

DIRECCIÓN : PRO. ARICA NRO. SN APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MAQUINA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETO A COMPRESIÓN

FABRICANTE : PINZUAR LTDA

MODELO : PC - 42

NÚMERO DE SERIE : 949

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

CARGA MÁXIMA (F<sub>N</sub>) : 1000 KN

UBICACIÓN : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-07-07

3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración de la carga aplicada se realiza mediante comparación directa entre una celda de carga patrón y la celda de carga del instrumento.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERÚ no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Harold Jackson Orihuela Chipaña  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Aaron Soriano Huerta  
Técnico del Laboratorio de Metrología



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 / 4641608 / 6830382 / 6830385 | Lima, Perú  
peru.laboratorio@pinzuar.com.co | peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°202 -2021 PLF

Página 2 de 3

### 4. LUGAR DE CALIBRACION

Laboratorio de PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ  
Calle Ricardo palma 998 Urb. San Joaquin Bellavista - Callao

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final	
Temperatura	20,2	20,1	°C
H. h.	71,4	71,5	%

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de PINZUAR LTDA.	Celda de Carga	No. 6569

### 7. OBSERVACIONES

En el presente Certificado de calibracion se le adjunta una etiqueta que indica CALIBRADO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 / 4641606 / 6830382 / 6830383 | Lima, Perú  
peru.laboratorio@pinzuar.com.co | peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 202-2021 PLF

Página 3 de 3

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

#### CALIBRACIÓN DE LA CARGA APLICADA

Indicación Máquina (kN)	Promedio Mediciones (kN)	Error (kN)	Incertidumbre (kN)
100,0	99,93	-0,07	0,10
200,0	200,07	0,07	0,04
300,0	299,90	-0,10	0,07
400,0	399,83	-0,17	0,04
500,0	500,13	0,13	0,04
600,0	600,03	0,03	0,08
700,0	700,07	0,07	0,04
800,0	799,97	-0,03	0,04
900,0	900,07	0,07	0,04
1000,0	1000,10	0,10	0,07

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 986 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 / 4641606 / 6830382 / 6830383 | Lima, Perú  
peru.laboratorio@pinzuar.com.co | peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

## Anexo 9

### Ficha técnica de la fibra de acero



**BUNDREX®**

EVERYWHERE IN YOUR LIFE!

#### PRODUCT CODE

**BUNDREX | 80/60 CH**

BUNDREX

Aspect Ratio(L/D)

Length(mm)

Coated

Hooked

#### DESCRIPTION



**BUNDREX 80/60CH** steel fibers are high quality structural steel fibers designed for reinforcement in Slab On Grade. They are used successfully to replace the electro-welded mesh in the reinforcement of industrial floors with an excellent performance proven with laboratory tests according to EN14651 and ASTM1809 standards.

**BUNDREX 80/60CH** steel fibers increase concrete toughness, impact resistance and fatigue resistance, with the benefit of greater control of cracks compared to alternative reinforcements.

#### FEATURES / BENEFITS

- Increases fatigue resistance, flexural toughness, shear force, flexibility, percussion resistance and fracture resistance of concrete
- Increases resistance to drying shrinkage.
- Increases abrasion durability, erosion resistance and corrosion resistance.
- Reduces section thickness of concrete by enhancing physical properties of the concrete.
- Reinforces physical cohesion of concrete by even dispersion of steel fiber.
- Improves constructability, cost-effectiveness and safety by not installing wire mesh.
- Minimizes maintenance and repair expense
- Offers three-dimensional reinforcement effect within concrete

#### APPLICATION

**BUNDREX 80/60CH** is a cold-drawn coiled monofilament steel fiber with hooked ends for optimal anchorage.

It provides best solution for

- Slab On Grade
- Precast

#### GEOMETRY



#### Dimensions & Appearance

- Length (L) 60.0 mm
- Diameter (d) 0.75 mm
- Aspect Ratio (L/d) 80
- Tensile strength(Mpa) 1,250

#### PACKAGING



- Stuffing (Standard Export Packing)
- 20kg paper bag x 50 units or 1,000kg PP bag on a pallet
  - 20 Pallets in a 20 ft dry container in two layers

#### CERTIFICATES



#### STORAGE



#### DIRECTIONS FOR USE

- It is recommended to add the steel fiber on the aggregate conveyor belt in the concrete batch plant, for a correct distribution throughout the concrete mix.
- The dosage is between the ranges of 15kg/m<sup>3</sup> up to 40kg/m<sup>3</sup>. Validation tests must be carried out to verify the toughness results obtained with the mix design and dosage per m<sup>3</sup> of concrete. It should be considered that the toughness results are related to the strength of the concrete and the dosage of steel fiber.
- It is necessary to carry out preliminary tests to determine the optimal dosage of additive and fiber to use, depending on the concrete placement and use.

#### FOR MORE INFORMATION

- Phone: Int+ 82. (0)2. 2106. 0119
- E-mail: [global@kosteel.co.kr](mailto:global@kosteel.co.kr)



[WWW.BUNDREX.COM](http://WWW.BUNDREX.COM)

## Anexo 10

### Ficha técnica del cemento sol



#### FICHA TÉCNICA /

## CEMENTO SOL

#### DESCRIPCIÓN:

- Es un cemento Portland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de clinker y yeso.

#### BENEFICIOS:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

#### USOS:

- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

#### FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- Bolsas de 42.5 kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y big bags.



#### RECOMENDACIONES /

#### DOSIFICACIÓN:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### MANIPULACIÓN:

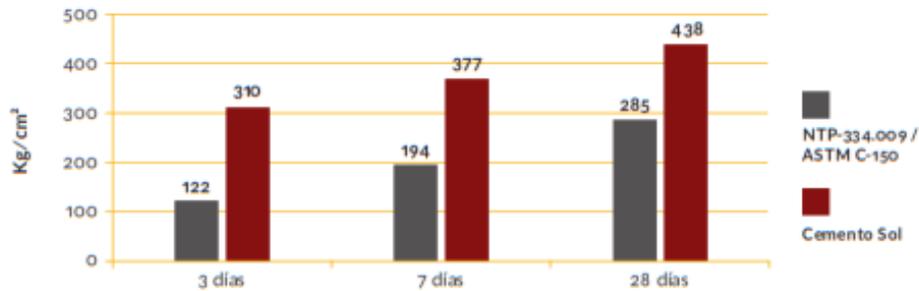
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### ALMACENAMIENTO:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno.

## REQUISITOS MECÁNICOS /

### COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



## PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS /

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	438	Mínimo 285*
<b>Tiempo de fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\* Requisito opcional