

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Aplicación de fibras recicladas de PVC para prevenir fisuramientos y agrietamientos del concreto en losas aligeradas como alternativa ante el uso de selladores – Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Pardo Sánchez, Yakson

ASESOR: Jacha Rojas, Johnny Prudencio

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43845724

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Torres Ponce, Carlos Antonio	Magister en gestión pública	22407564	0000-0001-9026-0647
2	Trujillo Ariza, Yelen Liseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:00 horas del día martes 23 de junio de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

♦ DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE	PRESIDENTE
♦ MG. YELÉN LISSETH TRUJILLO ARIZA	SECRETARIO
♦ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1068-2026-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES – HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Yakson PARDO SANCHEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad, con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 12:00 horas del día 23 del mes de junio del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE
DNI: 22407564
ORCID: 0000-0001-9026-0647
PRESIDENTE


MG. YELÉN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
SECRETARIO (A)


MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YAKSON PARDO SANCHEZ, de la investigación titulada "APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUÁNUCO 2024", con asesor(a) JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1570-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 28 de noviembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

7%

2

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

4

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

2%

5

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Como sin ellos no lo hubiera conseguido, ya que me formaron como la persona que soy hoy en día, les dedico con todo mi corazón a mis abuelos Herminia y Julio. Tu bendición diaria durante toda mi vida me cuida.

A mi madre y a mi padrastro, por su apoyo incondicional; les debo muchos de mis logros.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, quien me ha orientado y brindado la fuerza para seguir adelante y gozar de esta maravillosa fase de mi vida profesional.

A Juan, mi padrastro, por inculcarme sus principios y orientarme hacia los buenos caminos en esta travesía de mi vida que hoy se convierte en realidad.

A los centros de estudio en los que me formé; a los maestros por impartirme valores y conocimientos, a quienes recuerdo con respeto porque fueron esenciales para mi desarrollo profesional.

Y a todos los amigos que, de cualquier manera, me brindaron su apoyo para llevar a cabo este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTGACIÓN	18
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.2.1. EL CONCRETO	22
2.2.2. FIBRAS SINTÉTICAS COMO ADITIVO DE CONCRETO	33
2.2.3. DISEÑO DE MEZCLA	36
2.2.4. RESISTENCIA DEL CONCRETO	41
2.2.5. LOSAS ALIGERADAS	43

2.2.6. FISURAMIENTO DEL CONCRETO.....	45
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	49
2.4. HIPÓTESIS.....	50
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	50
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	51
2.5. VARIABLES.....	51
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	51
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	51
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	52
CAPÍTULO III.....	54
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	54
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
3.1.1. ENFOQUE	54
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	54
3.1.3. DISEÑO	54
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	55
3.2.1. POBLACIÓN	55
3.2.2. MUESTRA.....	55
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	57
3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	57
3.3.2. MUESTRA.....	57
3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	58
3.5. ASPECTOS ÉTICOS.....	58
CAPÍTULO IV.....	60
RESULTADOS.....	60
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	60
4.1.1. TRABAJOS DE CAMPO	60
4.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO PRELIMINARES.....	62
4.1.3. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.....	64
4.1.4. ENSAYOS DE PRUEBA DE COMPRESIÓN	64
4.1.5. ENSAYOS DE PRUEBA DE FLEXIÓN	68
4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	69
CAPÍTULO V.....	71
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71

4.1. DE LOS ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	71
4.2. DE LOS ANTECEDENTES NACIONALES.....	71
4.3. DE LOS ANTECEDENTES LOCALES	72
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentajes de Óxidos en el Cemento Portland	24
Tabla 2 Tipo de mezcla según el asentamiento.....	31
Tabla 3 Velocidad de exudación del concreto	32
Tabla 4 Resistencia estimada de compresión	37
Tabla 5 Slump según el tipo de construcción	37
Tabla 6 Agua en Función de Tamaño Máximo y el Slump.....	38
Tabla 7 Contenido de aire según tamaño máximo nominal	38
Tabla 8 Relación agua/cemento por resistencia	38
Tabla 9 Volumen de A. G. por unidad de volumen de concreto.....	39
Tabla 10 Formula 1.....	39
Tabla 11 Primera estimación del peso del concreto fresco.....	40
Tabla 12 Formula 2.....	40
Tabla 13 Formula 3.....	41
Tabla 14 Formula 4.....	41
Tabla 15 Formula 5.....	41
Tabla 16 Operacionalización de variables	52
Tabla 17 Detalle de la muestra de concreto	56
Tabla 18 Análisis granulométrico del agregado	62
Tabla 19 Análisis granulométrico del agregado	62
Tabla 20 Clasificación del agregado	62
Tabla 21 Abrasión del agregado	62
Tabla 22 Absorción del agregado grueso	62
Tabla 23 Absorción del agregado fino	63
Tabla 24 Peso unitario suelto seco del agregado	63
Tabla 25 Peso unitario seco compacto del agregado	63
Tabla 26 Proporciones por metro cúbico	64
Tabla 27 Proporciones por bolsa	64
Tabla 28 Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 7 días	64
Tabla 29 Prueba de compresión. Diseño con 300g/m ³ de PVC. Edad: 7 días	64
.....	64
Tabla 30 Prueba de compresión. Diseño con 600g/m ³ de PVC. Edad: 7 días	65
.....	65

Tabla 31 Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m ³ de PVC. Edad: 7 días	65
Tabla 32 Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 14 días	65
Tabla 33 Prueba de compresión. Diseño con 300g/m ³ de PVC. Edad: 14 días	65
Tabla 34 Prueba de compresión. Diseño con 600g/m ³ de PVC. Edad: 14 días	65
Tabla 35 Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m ³ de PVC. Edad: 14 días	66
Tabla 36 Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 21 días	66
Tabla 37 Prueba de compresión. Diseño con 300g/m ³ de PVC. Edad: 21 días	66
Tabla 38 Prueba de compresión. Diseño con 600g/m ³ de PVC. Edad: 21 días	66
Tabla 39 Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m ³ de PVC. Edad: 21 días	67
Tabla 40 Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 28 días	67
Tabla 41 Prueba de compresión. Diseño con 300g/m ³ de PVC. Edad 28 días	67
Tabla 42 Prueba de compresión. Diseño con 600g/m ³ de PVC. Edad 28 días	67
Tabla 43 Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m ³ de PVC. Edad 28 días	67
Tabla 44 Prueba de flexión. Diseño sin PVC	68
Tabla 45 Prueba de flexión. Diseño con 300g/m ³ de PVC	68
Tabla 46 Prueba de flexión. Diseño con 600g/m ³ de PVC	68
Tabla 47 Prueba de flexión. Diseño con 1200g/m ³ de PVC	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del concreto	22
Figura 2 Microfibra de concreto	34
Figura 3 Macrofibra de concreto	35
Figura 4 Ensayo de resistencia a la compresión del concreto	42
Figura 5 Ensayo de resistencia a la flexión del concreto	43
Figura 6 Fisuras por retracción plástica en losa aligerada.....	46
Figura 7 Agrietamiento del concreto en estado plástica	46
Figura 8 Vista panorámica de la Cantera Chullqui.....	60
Figura 9 Mapa de ubicación de la cantera de agregados	61
Figura 10 Tubería PVC reciclado.....	61
Figura 11 Las imágenes corresponden al cortado del material tubo pvc (reciclado)	94
Figura 12 Las imágenes corresponden al acabado final del pvc	94
Figura 13 Las imágenes corresponden al encofrado de vigas.....	94
Figura 14 Las imágenes corresponden al llenado y perfilado de vigas de concreto	95
Figura 15 Las imágenes corresponden el echado de aceite en moldes de probeta, para el llenado de concreto.....	95
Figura 16 Las imágenes corresponden al llenado y perfilado de probetas de concreto	95
Figura 17 Las imágenes corresponden al llenado y perfilado de probetas de concreto	96
Figura 18 Las imágenes corresponden al curado de probetas de vigas de concreto	96
Figura 19 Las imágenes corresponden al tesista listo para romper las probetas de concreto	96
Figura 20 Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 7 días	97
Figura 21 Concreto sin fibras recicladas de pvc (0 gr/m ³). A los 7 días	97
Figura 22 Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m ³). A los 07 días	98
Figura 23 Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m ³). A los 07 días	99
Figura 24 Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m ³). A los 07 días	100

Figura 25 Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 14 días	101
Figura 26 Concreto sin fibras recicladas de pvc (0 gr/m ³) a los 14 días....	101
Figura 27 Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m ³) a los 14 días	102
Figura 28 Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m ³) a los 14 días	103
Figura 29 Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m ³) a los 14 días	104
Figura 30 Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 21 días	105
Figura 31 Concreto sin fibras recicladas de pvc (0 gr/m ³) a los 21 días....	105
Figura 32 Concreto sin fibras recicladas de pvc (300 gr/m ³) a los 21 días	106
Figura 33 Concreto sin fibras recicladas de pvc (600 gr/m ³) a los 21 días	107
Figura 34 Concreto sin fibras recicladas de pvc (1200 gr/m ³) a los 21 días	108
Figura 35 Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 28 días	109
Figura 36 Concreto con fibras recicladas de pvc (0 gr/m ³) a los 28 días ..	109
Figura 37 Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m ³) a los 28 días	110
Figura 38 Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m ³) a los 28 días	111
Figura 39 Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m ³) a los 28 días	112
Figura 40 Ensayos de rotura de vigas de concreto	113
Figura 41 Concreto con fibras recicladas de pvc (0 gr/m ³) a los 28 días ..	113
Figura 42 Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m ³) a los 28 días	114
Figura 43 Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m ³) a los 28 días	115
Figura 44 Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m ³) a los 28 días	116

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo determinar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la prevención del fisuramiento y agrietamiento del concreto por retracción plástica, así como en la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en la ciudad de Huánuco, durante el año 2024. La investigación se desarrolló debido a que las condiciones climáticas locales, caracterizadas por elevadas temperaturas y variaciones térmicas, favorecen la evaporación acelerada del agua superficial del concreto fresco y, en consecuencia, incrementan la probabilidad de fisuración temprana en elementos horizontales como techos y losas aligeradas.

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, con alcance explicativo y diseño cuasi experimental, evaluando mezclas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cuatro niveles de dosificación de fibras recicladas de PVC: 0 g/m^3 , 300 g/m^3 , 600 g/m^3 y 1200 g/m^3 . Para el análisis del comportamiento del concreto se ejecutaron ensayos de retracción plástica, resistencia a la compresión a edades de 7, 14, 21 y 28 días, y resistencia a la flexión, utilizando procedimientos de laboratorio sustentados en normas técnicas aplicables al concreto y al control del agrietamiento por retracción plástica.

Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de fibras recicladas de PVC influye favorablemente en el control del fisuramiento del concreto en estado plástico, al limitar la formación y propagación de fisuras superficiales, especialmente en las dosificaciones intermedias. En particular, la dosificación de 600 g/m^3 mostró el comportamiento más equilibrado, al combinar un adecuado control del fisuramiento con valores favorables de resistencia a compresión y flexión.

En consecuencia, se concluye que el empleo de fibras recicladas de PVC constituye una alternativa preventiva técnicamente viable frente al tratamiento posterior mediante selladores, ya que actúa desde la etapa de mezcla y contribuye a mejorar el desempeño inicial del concreto, además de incorporar un criterio de aprovechamiento de residuos plásticos en la construcción.

Palabras clave: Fibras recicladas de PVC, retracción plástica, fisuramiento del concreto, losas aligeradas, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

This thesis aimed to determine the influence of recycled PVC fiber dosage on the prevention of cracking in concrete due to plastic shrinkage, as well as on the compressive and flexural strength of concrete used in ribbed slabs exposed to outdoor environmental conditions in the city of Huánuco during 2024. The research was conducted because local climatic conditions, characterized by high temperatures and thermal variation, favor accelerated evaporation of surface water from fresh concrete and therefore increase the likelihood of early cracking in horizontal elements such as roofs and ribbed slabs.

The study followed a quantitative approach, with an explanatory scope and a quasi-experimental design, assessing concrete mixtures with design strength $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ and four levels of recycled PVC fiber dosage: 0 g/m^3 , 300 g/m^3 , 600 g/m^3 , and 1200 g/m^3 . The analysis included plastic shrinkage tests, compressive strength tests at 7, 14, 21 and 28 days, and flexural strength tests, based on laboratory procedures supported by technical standards applicable to concrete and plastic shrinkage cracking control.

The results showed that the incorporation of recycled PVC fibers had a favorable influence on the control of cracking in plastic-state concrete by limiting the formation and propagation of surface cracks, particularly at intermediate dosages. Likewise, the addition of fibers did not critically compromise the mechanical performance of concrete, since compressive and flexural strength remained within technically acceptable ranges for concrete intended for ribbed slabs. In particular, the dosage of 600 g/m^3 exhibited the most balanced performance by combining adequate crack control with favorable compressive and flexural strength values.

Therefore, it is concluded that the use of recycled PVC fibers constitutes a technically viable preventive alternative to the later use of crack sealants, since it acts from the concrete mixing stage and contributes to improving the initial performance of the material, while also incorporating a plastic waste reuse criterion into construction practice.

Keywords: Recycled PVC fibers, plastic shrinkage, concrete cracking, ribbed slabs, compressive strength, flexural strength

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados en la ingeniería civil debido a su versatilidad, resistencia y facilidad de adaptación a diferentes sistemas estructurales. Sin embargo, uno de los problemas más frecuentes durante su etapa inicial de endurecimiento es la aparición de fisuramientos y agrietamientos por retracción plástica, especialmente en elementos con alta exposición superficial como las losas aligeradas. Este fenómeno ocurre cuando la velocidad de evaporación del agua superficial supera la velocidad de exudación del concreto fresco, generando contracciones en la capa superficial antes de que el material adquiera suficiente resistencia para soportarlas.

En la ciudad de Huánuco, las condiciones climáticas de temperatura elevada y variación térmica diaria incrementan la susceptibilidad del concreto a presentar este tipo de fisuración temprana, sobre todo en techos y losas aligeradas expuestas a la intemperie. Aunque en muchos casos estas fisuras se consideran inicialmente superficiales, su aparición reduce la calidad del elemento, afecta la durabilidad y puede facilitar el ingreso de humedad y agentes agresivos hacia el interior del concreto, comprometiendo su comportamiento a mediano y largo plazo. Debido a ello, en la práctica constructiva suele recurrirse a soluciones correctivas posteriores, como el uso de selladores, que implican costos adicionales y actúan una vez que el problema ya se ha manifestado.

Frente a esta problemática, la presente investigación plantea una alternativa preventiva basada en la incorporación de fibras recicladas de PVC al concreto desde la etapa de mezcla, con la finalidad de reducir la retracción plástica y limitar la formación de fisuras en losas aligeradas. El interés por este tipo de fibras radica no solo en su posible contribución al control del fisuramiento, sino también en su disponibilidad como residuo reutilizable, lo que permite integrar criterios de sostenibilidad y valorización de materiales plásticos dentro del proceso constructivo.

Desde el punto de vista técnico, el uso de fibras sintéticas en el concreto ha demostrado ser una estrategia eficiente para mejorar el comportamiento frente a fisuración temprana y, en ciertos casos, mantener o mejorar

propiedades mecánicas como la resistencia a la flexión. No obstante, la evidencia experimental disponible se ha concentrado principalmente en fibras comerciales de polipropileno, por lo que resulta pertinente evaluar el desempeño de fibras recicladas de PVC bajo condiciones específicas de dosificación y en un contexto climático local como el de Huánuco.

En ese sentido, la tesis se orienta a determinar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto utilizado en losas aligeradas. Para ello, se comparó el comportamiento de una mezcla patrón sin fibras con tres mezclas reforzadas con dosificaciones de 300 g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³, aplicando ensayos de laboratorio que permitieran identificar la alternativa más favorable desde el punto de vista técnico.

La relevancia de esta investigación radica en que busca generar evidencia experimental aplicable al contexto constructivo local, proponiendo una solución preventiva frente al fisuramiento inicial del concreto y, al mismo tiempo, promoviendo el reaprovechamiento de residuos de PVC en la ingeniería civil.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el concreto es uno de los materiales de construcción más utilizado en todo el mundo, ya que debido a su propiedad plástica y consistencia, esta puede adaptarse cualquier forma mediante un molde requerido, que además ofrece resistencia y durabilidad en lo que respecta a las edificaciones; uno de los principales inconvenientes del concreto es la fisuración y agrietamiento que está catalogada como la disminución del volumen del concreto en un periodo determinado de tiempo, ya sea cuando el concreto se encuentre en estado endurecido o plástico (American Concrete Institute [ACI], 2018)

Esta fisuración o agrietamiento se produce cuando la pasta del concreto en estado plástico que aún no iniciado el proceso de endurecimiento es afectada por el factor de temperatura elevada y/o por sus variaciones de dicha temperatura; este factor climatológico permite que la fisuración y el agrietamiento se origine por medio de la evaporación de agua del concreto en su estado plástico. Esta condición climática es frecuente en la ciudad Huánuco; ya que según la data almacenada por el SENAMHI mediante la estación hidrometereológica Huánuco, muestra que en el periodo entre el 2019 y 2021 se generaron picos de temperatura máxima diaria que alcanzaron los 32.6 °C en el 2020 con variaciones de hasta 20.4°. Esta tendencia se repite desde 1994 según el registro hidrometereológico, lo cual indica que los elementos de concreto contruidos en esta localidad se encuentran propensos a una fisuración temprana, sobre todo en las losas aligeradas (techos) expuestas a la intemperie.

En si la fisuración en su estado plástico no es un factor que dañe la estructura mecánica del elemento, pero si no se controla de forma adecuada puede ocasionar problemas mayores en cuanto a su resistencia y durabilidad, debido a ello existen soluciones posteriores como la aplicación de selladores de fisuras que generan un incremento de costo, debido a ello se propone una alternativa de solución para mitigar la fisuración del concreto en su estado

plástico mediante la dosificación de fibras recicladas de PVC, aprovechando además el alcance de estas fibras en la localidad de Huánuco.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en el control del fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica del concreto en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024?

¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024?

¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en el control del fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica del concreto en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.

Evaluar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.

Evaluar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica desde el punto de vista práctico, teórico, metodológico y ambiental. En el plano práctico, aborda una problemática frecuente en la ejecución de losas aligeradas expuestas a la intemperie, donde las condiciones de temperatura y evaporación favorecen la aparición de fisuramientos y agrietamientos por retracción plástica del concreto. Frente a ello, se plantea la incorporación de fibras recicladas de PVC como alternativa preventiva desde la etapa de diseño de mezcla, con la finalidad de reducir la formación de fisuras tempranas sin afectar de manera significativa las propiedades mecánicas del concreto.

Desde el punto de vista teórico, la investigación aporta evidencia experimental sobre el uso de fibras recicladas de PVC en concretos para losas aligeradas, tema menos desarrollado que el de fibras sintéticas comerciales como el polipropileno. En ese sentido, el estudio permite ampliar el conocimiento sobre el comportamiento del concreto reforzado con residuos plásticos reciclados, particularmente en relación con la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.

En el aspecto metodológico, la investigación se justifica porque desarrolla un procedimiento experimental comparativo entre una mezcla patrón y tres mezclas con diferentes dosificaciones de fibras recicladas de PVC, empleando ensayos de laboratorio y criterios de análisis aplicables al estudio del desempeño del concreto. Esta estructura metodológica permite evaluar el efecto de la variable independiente sobre variables de respuesta claramente definidas, contribuyendo a una mejor comprensión del comportamiento del material bajo condiciones controladas.

Finalmente, la investigación presenta una justificación ambiental, dado que promueve el reaprovechamiento de residuos de PVC en aplicaciones de ingeniería civil, lo que representa una posibilidad de valorización de materiales plásticos descartados. Aunque el estudio no desarrolla un análisis ambiental de ciclo de vida, sí aporta una perspectiva de reutilización técnica que puede

ser considerada en futuras investigaciones orientadas a la sostenibilidad en la construcción.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presenta las siguientes limitaciones. En primer lugar, el estudio se circunscribe a un diseño de mezcla de concreto con resistencia nominal de 210 kg/cm², por lo que sus resultados no deben extrapolarse de manera directa a concretos de mayor resistencia o a elementos estructurales con diferentes exigencias de diseño.

En segundo lugar, la investigación se desarrolló en condiciones experimentales de laboratorio, utilizando materiales y procedimientos controlados, por lo que los resultados obtenidos representan el comportamiento del concreto dentro de ese contexto y no sustituyen la validación en condiciones reales de obra.

En tercer lugar, el estudio se concentra en la evaluación del comportamiento del concreto en losas aligeradas expuestas a la intemperie, por lo que no aborda la dosificación de fibras recicladas de PVC en otros elementos estructurales como vigas, columnas, pavimentos o muros.

Asimismo, la investigación evalúa principalmente la retracción plástica y dos propiedades mecánicas del concreto, esto es, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión; por consiguiente, no comprende otras variables de desempeño como durabilidad a largo plazo, adherencia acero-concreto, absorción, permeabilidad o comportamiento frente a exposición prolongada a radiación ultravioleta.

Finalmente, la cantidad de especímenes evaluados responde al alcance académico del trabajo, por lo que la interpretación de los resultados debe entenderse como evidencia experimental inicial y no como validación definitiva para generalización amplia.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTGACIÓN

La investigación es viable en el plano técnico, material, económico y académico. Desde el punto de vista técnico, se cuenta con procedimientos normados para la elaboración del concreto, preparación de especímenes y ejecución de ensayos de retracción plástica, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, lo que permite desarrollar el estudio bajo criterios verificables.

En el aspecto material, la investigación es viable debido a la disponibilidad local de insumos convencionales para la elaboración del concreto y a la posibilidad de obtener material de PVC reciclado procedente de residuos plásticos reutilizables, aptos para su procesamiento como fibra incorporable a la mezcla.

En cuanto a la viabilidad económica, el estudio resulta factible porque utiliza una dosificación controlada de fibras recicladas en especímenes de laboratorio, sin requerir equipamiento extraordinario ni procesos industriales complejos, lo cual hace posible su ejecución dentro de un contexto académico de pregrado.

Desde el punto de vista académico, la investigación es viable porque responde a un problema local observable en la construcción de losas aligeradas y plantea una alternativa preventiva cuya evaluación experimental puede generar información útil para futuras aplicaciones y estudios complementarios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Abujder, Granado, y Viscarra (2022) en su investigación: Evaluación de la incorporación de microfibras sintéticas de polipropileno en el hormigón para la disminución de microfisuras y fisuras, y su influencia en la resistencia a la flexión; desarrollada en la Universidad Católica Boliviana; presentan como uno de sus objetivos el de evaluar la disminución de fisuras con la dosificación de fibras sintéticas de polipropileno en el concreto. En donde obtienen como resultados que las fibras con dosificación de 350 gr/m³, 400 gr/m³, 450 gr/m³, 500 gr/m³, y 600 gr/m³; reducen el fisuramiento del concreto en un 16.00 %, 45.00 %, 58.40 %, 58.80 %, y 66.00 % respectivamente; mostrando además que la resistencia a la flexión se ve afectada al evidenciar una variación de los valores obtenidos, siendo el valor máximo con la dosificación de 500 gr/m³, seguidamente de las dosificaciones de 600 gr/m³ y 550 gr/m³ y que a partir de estas se produce una disminución para las demás dosificaciones. Al llegar a la conclusión de que las microfibras de polipropileno disminuyen la trabajabilidad del concreto debido a su habilidad para mantener unida la mezcla, aunque sean hidrofóbicas, esto se observó en el proceso de confección de losas, vigas y probetas de concreto. Asimismo, se ha verificado que una mayor dosificación conlleva una reducción superior tanto de fisuras como de microfisuras.

Granados, Gutiérrez, y Ramírez (2019) en su investigación: Uso de la fibra sintética en el concreto estructural para edificaciones, desarrollada en la Universidad Católica de Colombia; presentan como objetivo el de evaluar el concreto convencional combinado con fibras sintéticas. En donde obtienen como resultados que en los ensayos a compresión con dosificaciones de 400 gr/m³, 800 gr/m³, y 1200 gr/m³; muestran un incremento del 59.66 %, una reducción del 0.51 %, y un incremento de 1.02 % respectivamente. De igual se obtienen como resultados que en los ensayos de flexión con dosificaciones de 400

gr/m³, 800 gr/m³, y 1200 gr/m³; muestran un incremento del 13.0 %, un incremento del 5.30 %, y una reducción del 3.57 % respectivamente. Finalmente, también se muestra como resultados que en los ensayos de tracción con dosificaciones de 400 gr/m³, 800 gr/m³, y 1200 gr/m³; muestran un incremento del 28.9 %, una reducción del 30.64 %, y una reducción del 14.04 % respectivamente. Llegando a la conclusión que el concreto con la dosificación de 400 gr/m³ es el que presenta mejores resultados, siendo estos resultados óptimos en la evaluación.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

En su investigación, Piñarreta (2022): Fibra de polipropileno diseñada en la Universidad Ricardo Palma de Lima para disminuir el agrietamiento del hormigón por contracción plástica; su propósito es establecer la cantidad ideal de esta fibra para minimizar el agrietamiento por contracción plástica del hormigón. En donde obtiene como resultados que las fibras con dosificación de 300 gr/m³, 600 gr/m³, y 1200 gr/m³; reducen el fisuramiento del concreto en un 90.00 %, 100.00 %, y 100.00 % respectivamente; y que además muestra que la resistencia a la compresión no se ve afectada, ya que presenta por el contrario una mejora significativa con una dosificación entre 1000 gr/m³ y 1200 gr/m³. Concluyendo que el porcentaje más adecuado de microfibras de polipropileno en el hormigón fresco es de 1200 g/m³.

En su estudio, Plasencia y Zavaleta (2020) mencionan: Estudio de la incidencia de las fibras de polipropileno en el agrietamiento por contracción plástica del concreto, en condiciones críticas de evaporación; elaborado en la Universidad Privada del Norte; su fin es analizar cómo las fibras de polipropileno afectan el agrietamiento por contracción plástica. En donde obtiene como resultados que las fibras con dosificación de 300 gr/m³, 600 gr/m³, 900 gr/m³, y 1200 gr/m³; reducen el fisuramiento del concreto en un 13.51%, 48.65 %, 100.00 %, y 100.00 % respectivamente; y que además muestra que la resistencia a la compresión no se ve afectada cuando presenta una dosificación de 1200 gr/m³. Llegando a la conclusión que la óptima cantidad de fibra de polipropileno se da en la dosificación de 1200 gr/m³.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

En su estudio, Ortega (2023): El trabajo "El calor y su efecto en la resistencia a la compresión del concreto elaborado con fibras de polietileno de alta densidad, distrito de Amarilis – Huánuco 2022", desarrollado en la Universidad de Huánuco, tiene como meta determinar cómo el calor afecta la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² que se produce con fibras de polietileno de alta densidad. En donde obtuvo como resultados que para el diseño de $f'_c=210$ kg/cm² presenta un leve incremento en la media de $f'_c=212.01$ kg/cm² si la influencia del calor, mientras que con la influencia del calor tiene una baja en la media de $f'_c=204.06$ kg/cm². Llegando a la conclusión que las fibras en este caso presentan un incremento leve del 1% sobre la resistencia del concreto.

2.2. BASES TEÓRICAS

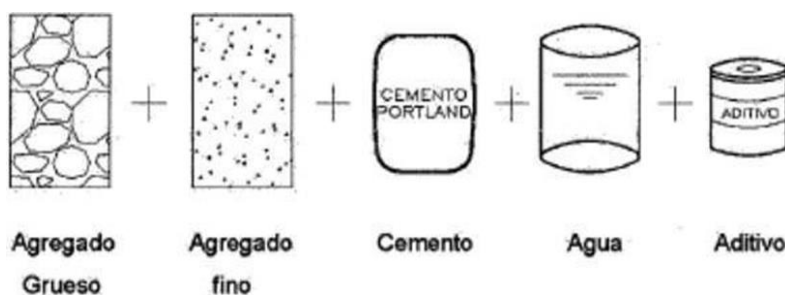
2.2.1. EL CONCRETO

Según Rivva (2000), el concreto es un material artificial que incluye una pasta, la cual actúa como medio ligante y contiene partículas de otro medio llamado agregado. En el que sobresalen tanto la pasta, formada por la unión del agua con el material cementante (llamada fase continua del concreto porque siempre está vinculada con algún elemento de sí misma), como el agregado, conocido como fase discontinua debido a que sus partículas están separadas y no se tocan entre sí.

El concreto, según Cárcamo (2003), es una combinación que incluye pasta, la cual está formada por aire atrapado, agua y cemento, además de agregados, que normalmente son grava y arena. Que, tras ser mezclado, toma una forma plástica y fácil de moldear manualmente.

Figura 1

Componentes del concreto



Nota. Abanto (2009).

2.2.1.1. COMPONENTES DEL CONCRETO

El concreto este compuesto por el cemento portland, agregados, agua, y aditivos según sea el caso:

a) Cemento Portland

Es un polvo muy fino, de color verde, que se consigue pulverizando el Clinker Portland y añadiendo sulfato de calcio. En el instante de pulverizar el clinker, se acepta la incorporación de otros productos en una proporción que no exceda el 1% del peso total. Además, es un aglomerante hidráulico porque, al mezclarse con agua, tiene la capacidad de experimentar transformaciones hasta llegar a convertirse en una masa endurecida.

El cemento es un clinker en polvo fino, que se obtiene al cocinar a altas temperaturas mezclas con cal, sílice, alúmina y hierro en cantidades preestablecidas para conseguir las características requeridas. Estas deben satisfacer los estándares de las siguientes normas.

- La NTP 334.009 o la ASTM C150, norman los Cementos Portland Tradicionales Tipo I, II, III, IV o V.
- La NTP 334.090 o la ASTM C595, norman a los Cementos Portland Adicionados Tipo IS, IP, IPM, IT, ICo.
- La NTP 334.082 o la ASTM C1157, norman a los Cementos Portland. Especificación De La Performance Tipo GU, HE, MS, HS, MH y LH.

Como composición del Cemento Portland, después de la molienda final y el proceso de creación de Clinker, se generan los compuestos que Le Chatelier definió en 1852. Estos son los que determinan cómo se comporta el cemento hidratado, y presentaremos su fórmula química (Abanto, 2009):

- Silicato tricálcico (C_3S Alita, $3CaO$, SiO_2): La resistencia inicial (de la primera semana) es definida por el hecho de que su reacción con el agua produce un calor alto de hidratación.

- Silicato dicálcico (2CaO , $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S}$ Belita): Especifica la resistencia a largo plazo, con una temperatura de hidratación baja.
- Aluminato Tricálcico (3CaO , $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$): Determina las condiciones del fraguado y funciona como catalizador; por ello, se añade yeso (entre el 3 y el 6%) durante la molienda o trituración. Este componente es responsable de la resistencia a los sulfatos porque su reacción genera sulfoaluminatos con características expansivas, lo que restringe su uso.
- Aluminio-ferrito tetracálcico (4CaO , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF}$ celita): Establece la rapidez de hidratación y, de manera secundaria, el calor de hidratación.
- Óxido de magnesio (MgO): Cuando el contenido supera el 5%, se refiere a la expansión del concreto.
- Óxido de sodio y potasio (Na_2O , K_2O Alcalis): Establece la reacción química con algunos compuestos de cal que son solubles en agua.
- Óxido de manganeso y titanio (Mn_2O_3 , TiO_2): Determina el color marrón del concreto en proporciones superiores al 3 %; si estas son mayores al 5 %, afecta la resistencia a largo plazo.

Tabla 1

Porcentajes de Óxidos en el Cemento Portland

Óxidos componentes	Porcentaje típico	Abreviatura
CaO	61% - 67%	C
SiO ₂	20% - 27%	S
Al ₂ O ₃	4% - 7%	A
Fe ₂ O ₃	2% - 4%	F
SO ₃	1% - 3%	
MgO	1% - 5%	
K ₂ O y Na ₂ O	0.25% - 1.5%	

Nota. Abanto (2009).

Entre sus tipos, el cemento portland presenta los siguientes tipos:

- Tipo I. Uso general, normado por ASTM C 150-84.
- Tipo II y IIA. Cemento modificado, normado por ASTM C 150-84.
- Tipo III y IIIA. Alta resistencia inicial, normada por ASTM C 150-84.
- Tipo IV. Portland de bajo calor, normado por ASTM C 150-84.
- Tipo V. Resistencia a sulfatos, normado por ASTM C 150-84.
- Tipo IS e IS (MS). Portland de alto horno (Cemento de escoria), normado por ASTM C 595-83.

b) Agregados

Son materiales granulares naturales, sin forma y sin volumen determinado, que normalmente son inertes. Los agregados, en función de su tamaño, pueden ser finos o gruesos; esta categorización se realiza utilizando un tamiz como referencia y tomando como criterio el tamaño predominante. El material que es retenido por el tamiz número 4 se denomina grava o agregado grueso; en cambio, la arena o agregado fino es lo que pasa por el tamiz de 3/8 y queda atrapado en el tamiz 200. Los pasantes de 200 que tienen tamaños entre 0,002 mm y 0,06 mm se conocen como limos; las partículas más pequeñas se les llama arcillas.

En la elaboración de morteros, concreto y otros componentes para la construcción se utilizan los agregados. En las mezclas de concreto, constituyen como mínimo tres cuartos del volumen total; por tal motivo, su control y selección deben ser cuidadosos, ya que son decisivos para establecer la calidad del material.

Los agregados en las mezclas de concreto producen un andamiaje firme y estable, que se logra al combinarse con agua y cemento (pasta). Algunas de las funciones esenciales de los agregados son las siguiente:

- Ofrecer un material de relleno que sea relativamente económico para el material cementante.

- Brindar una masa de partículas que puedan soportar la acción del clima, la abrasión, el paso de humedad y las cargas aplicadas.
- Disminuir las variaciones en el volumen que resultan de los procesos de endurecimiento y fraguado, así como de las alteraciones en la humedad de la pasta cementosa.

Los agregados pueden emplearse de manera natural o a través de un proceso de trituración. El agregado grueso triturado tiene una mayor capacidad de adherencia que el natural, lo que hace posible que sus concretos alcancen una resistencia más alta.

Las partículas orgánicas, las arcillas, los limos y las sales que pueden obstaculizar las reacciones químicas del fraguado o crear porosidades indeseadas no deben estar presentes en los compuestos agregados. Los agregados artificiales, ligeros, pesados o normales pueden ser usados para crear el tipo de concreto que se quiera.

La falta de disponibilidad de arenas, ya sea por la disminución gradual de los lugares para obtenerlas o por las limitaciones impuestas por el medio ambiente para su extracción, suelen provocar escasez del material. Por este motivo, se ha comenzado a conseguir arena mediante la trituración de rocas, generalmente aquellas de las que se extrae el agregado grueso, aunque sus propiedades no sean exactamente las mismas que las de la arena natural.

Entre sus características, los agregados presentan las siguientes propiedades y/o características:

- Específico: Es la relación entre el peso del agregado (el peso en el aire) y el volumen de este, sin tener en cuenta los espacios vacíos entre ellos. Para el agregado fino, se sigue el procedimiento establecido por las normas NTP 400.021 y para el grueso es la NTP 400.022; las ASTM C-127 y ASTM C-128 regulan lo que se realiza en laboratorio.

- Absorción: La cantidad de agua que absorbe después de estar sumergido durante 24 horas se expresa en porcentaje. El procedimiento definido para laboratorio se realiza conforme a las normas ASTM C-127, ASTM C-128 y NTP 400.021 para agregado fino, así como la NTP 400.022 para agregado grueso.
- Peso unitario: Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, que incluye los espacios vacíos (Abanto, 2009). La NTP 400.017 y las normas ASTM C-29 son los lineamientos establecidos para el laboratorio.
- Porcentaje de vacíos: La proporción en porcentaje del volumen de los espacios interparticulares de los agregados se conoce como medida del volumen (Abanto, 2009). La NTP 400.017 y las normas ASTM C-29 son los lineamientos establecidos para el laboratorio.
- Humedad: Es el volumen de agua en la superficie que se mantiene por las partículas del agregado en un instante específico. Es un rasgo importante porque ayuda a aumentar o reducir la cantidad de agua en el (Abanto, 2009). Las normas ASTM C-566 y NTP 339.185 son las que regulan el proceso establecido para laboratorio.
- Porosidad: Es el espacio que existe entre las partículas del agregado. Es representativa de la estructura interna de las partículas y tiene un gran impacto en todas las propiedades de los agregados (Abanto, 2009).

Clasificación según su procedencia. El tipo de agregado pétreo puede clasificarse en las siguientes categorías, según su origen y el método que se utiliza para su utilización:

- Agregados Naturales: son los que se emplean únicamente después de haber cambiado su distribución de tamaño para ajustarse a las demandas según su

disposición final, y se dividen en agregados finos. arena fina y arena gruesa y agregados gruesos. grava y piedra

- **Agregados Artificiales:** Son los que se logran al triturar varias rocas de cantera o granulometrías. Se incorporan todos los materiales de canteras que tengan propiedades físicas apropiadas.

Dado que los agregados representan tres cuartas partes del volumen total del concreto, su calidad es muy importante; además, sus propiedades pueden limitar la resistencia y la durabilidad.

Desde el punto de vista económico, es mejor utilizar una combinación que tenga la máxima cantidad de agregado y la mínima de cemento. No obstante, el costo debe equilibrarse con las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

c) Agua

Es un elemento crucial en la fabricación de concreto, ya que tiene una función relevante tanto en su estado fresco como endurecido. Se suele hablar de su función en términos de cantidad para garantizar una relación agua/cemento que satisfaga las exigencias de resistencia y trabajabilidad. Sin embargo, para emplearla durante el curado o la preparación de la mezcla del concreto, no solo es importante la cantidad, sino también la calidad.

El agua que se empleará en la fabricación del concreto tiene que ser potable y debe ajustarse a las normas definidas en la Norma NTP

339.088. Las aguas que se reconozcan como seguras para el consumo o que, según experiencia, sean apropiadas para mezclar concreto, podrán emplearse como aguas de mezclado. Esto se permite como un requisito general y sin necesidad de realizar pruebas para verificar su calidad. (2000, Rivva).

La NTP 339.088 establece que, para la preparación y el curado del concreto, aquellas aguas cuyos componentes y propiedades de sustancias disueltas se encuentran dentro de los siguientes límites son adecuadas:

- El contenido máximo de oxígeno consumido y de materia orgánica será 3 ppm (o 3 mg/l).
- Contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm).
- El pH está comprendido entre 5.5 – 8.0.
- La cantidad de sulfatos, expresada en SO_4 , no superará los 0.6 g/l (600 ppm).
- Contenido de cloruros, expresado en Cl, será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- La concentración de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en NaHCO_3 no excederá 1 gr/l (1000 ppm).
- El agua no debe contener azúcares ni sus derivados, ni sales de sodio o potasio.

Agua de Mezclado. Se incorpora con los agregados y el cemento. Este último es necesario para elaborar una pasta hidratada con suficiente fluidez que permita la lubricación adecuada de la mezcla de concreto cuando esté en estado plástico. La fluidez de la pasta se verá afectada por la cantidad de agua que se le añada, haciéndola más o menos fluida; además, cuando el agua se endurezca, una parte quedará fijada en la estructura y otra seguirá como agua libre. Si se incrementa la cantidad de agua para mezclar, se mantiene el mismo contenido fijo y, por ende, el agua libre se eleva. Esto provoca que la porosidad aumente porque, con el paso del tiempo, esa agua libre se evapora y deja unos pasajes en el concreto endurecido.

Agua de Curado. Después de que el concreto ha fraguado, es imprescindible proporcionar agua para asegurar que el grano de cemento esté totalmente hidratado. El propósito de curar es mantener el concreto saturado, tan cerca de la saturación como sea posible, hasta que los espacios que estaban inicialmente llenos de agua sean ocupados a un nivel deseado por los productos resultantes de la hidratación del cemento.

d) Aditivos

Se denomina aditivo a las sustancias añadidas sobre los componentes básicos del concreto, con la finalidad de realizar modificaciones de alguna de sus propiedades y adecuarlo a las condiciones requeridas según sea el caso (Abanto, 2009).

Los aditivos son utilizados principalmente para mejorar las características del concreto, como pueden ser:

- Aumentar la trazabilidad del concreto sin modificar su contenido de agua.
- Acelerar o retardar los tiempos de fraguado iniciales.
- Acelerar el proceso de resistencia a temprana edad.
- Modificar la velocidad de producción del calor de hidratación.
- Reducir el sangrado y exudación.
- Aumentar la durabilidad y/o resistencia en exposición y condición severa.
- Disminuir la permeabilidad de los fluidos.
- Reducir la segregación.
- Incrementar la adherencia del concreto nuevo y viejo.
- Reducir la contracción.
- Mejorar la adherencia del concreto con el refuerzo

Los aditivos en su mayoría se comercializan en forma de solución acuosa, como también en forma de polvo, soluble al agua, así como también en forma de pasta.

El aditivo en estado líquido es el más utilizado por la ventaja de estar diluido el cual facilita la dosificación. El aditivo en polvo es susceptible a la humedad por lo que se tiene cuidado al almacenarlo y mantener su conservación

2.2.1.2. CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO

El concreto presenta las propiedades físicas de Trabajabilidad, Consistencia, Segregación, Exudación o Sangrado, Resistencia:

Trabajabilidad. Hasta el momento no existe ningún ensayo para cuantificar o medir la facilidad con la que el concreto fresco puede ser colocado, mezclado, compactado y terminado sin exudación o segregación durante estos procesos; solo se puede observar (Abanto, 2009).

Consistencia. Se define por el nivel de humedad de la mezcla, que depende del volumen de agua utilizada en el procedimiento de mezclado del hormigón. El método normalizado para medir esta propiedad en laboratorio se realiza según los estándares NTP 339.035 y ASTM C-670.

Tabla 2

Tipo de mezcla según el asentamiento

Consistencia	Trabajabilidad	Slump
Seca	Poco trabajable	0" a 2"
Plástica	Trabajable	3" a 4"
Fluida	Muy Trabajable	5" a más

Nota. Abanto (2009).

Segregación. Abanto (2009) detalla que este fenómeno es neto del concreto fresco, el cual se trata sobre la separación de los componentes del concreto, es decir la separación del mortero con el agregado grueso. Este fenómeno perjudica el concreto al producir capas arenosas, bolsones de piedra, cangrejas, entre otros. Presentando un riesgo mayor mientras esté más húmedo, y un riesgo menor mientras esté más seca.

Es fundamental considerar el peligro de segregación en el diseño de mezcla, previniéndolo con el aumento de agregados finos y cemento. Comúnmente se genera cuando se transporta la mezcla en carretillas, y este proceso por la mala condición del terreno (no parejo) el agregado grueso puede por su peso acumularse en el fondo de la mezcla dejando la lechada solo en la parte superior, de esa manera como resulta una mezcla inconsistente. De manera similar sucede cuando se coloca el concreto o se deja caer, en una altura mayor a 0.50 metros.

Esta consecuencia también puede producirse cuando el concreto es colocado mediante canaletas y este recorrido presenta

cambio de dirección y no de manera recta en una sola dirección. Así como también mediante el uso excesivo del vibrador de concreto.

Exudación. Abanto (2009) detalla que este fenómeno se produce cuando se sedimentan los sólidos y el agua asciende en la superficie de la mezcla del concreto, momento después que la mezcla sea colocada en el encofrado. La cual se es producto de una dosificación mal elaborada con excesos de agua, con la mala aplicación de aditivos, con la influencia de los cambios de temperatura, ya que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

Tabla 3

Velocidad de exudación del concreto

Factores					Valores					
Tiempo (min)	0	10	10	10	10	30	30	30	30	30
Volumen de Exudación (ml)	0	7	9	10	12	24	16	14	4	0

Nota. Abanto (2009).

Resistencia. Abanto (2009) detalla que la resistencia del concreto no puede ser puesta a prueba en su estado caso plástico, por el contrario, se puede medir en su estado de dureza por medio de máquinas las cuales ejerce fuerzas de compresión, tracción y flexión según sea el caso.

Es importante considerar que los factores que afectan la resistencia del concreto es la cantidad de cemento, el cual al disminuir su proporción disminuye la resistencia; y la relación agua cemento, el cual al no contar con proporciones optimas disminuyen la resistencia.

Durabilidad. Abanto (2009) detalla que el concreto bien diseñado con un cemento adecuado debe tener la capacidad de soportar la intemperie, el desgaste, y los efectos de productos químicos; ya que al no contemplar estas condiciones la resistencia del concreto puede verse afectada por la intemperie producto de los periodos climáticos de congelación y descongelación; así como su desintegración ante agentes químicos como son los ácidos

acéticos, inorgánicos, carbónicos; además de sulfatos de calcio, potasio, aluminio, sodio, magnesio, y hierro.

Impermeabilidad. Abanto (2009) detalla que el concreto bien elaborado debe ser impermeable, sin vacíos, sin cavidades, y sin poros; ya que como consecuencia de estos el agua puede penetrar el concreto y producir deterioro.

2.2.2. FIBRAS SINTÉTICAS COMO ADITIVO DE CONCRETO

Kosmatka et al. (2004) afirman que las fibras sintéticas son aquellas creadas por los seres humanos como consecuencia de la investigación y la implementación de las industrias textiles y petroquímicas. Las fibras que se emplean más a menudo en el concreto incluyen: de polipropileno, de nylon, de poliéster, acrílicas, de polietileno y de carbón. Las fibras sintéticas pueden servir para disminuir la retracción o contracción plástica y, por lo tanto, las fisuras. Además, pueden ser útiles para que el concreto endurecido no se rompa después de que ha aparecido la fisura. Las fibras de polipropileno, que son las más conocidas entre las fibras sintéticas, tienen una naturaleza química inerte, son livianas (ligeras) y repelen el agua. Se crean como monofilamentos cilíndricos continuos que son susceptibles de ser cortados a longitudes determinadas o, alternativamente, en cintas y filmes. Estas fibras están constituidas por fibrillas delgadas de sección transversal rectangular.

2.2.2.1. FIBRAS RECICLADAS DE CLORURO DE POLIVINILO

El cloruro de polivinilo es un material que se compone en un 43% de gas y en un 57% de sal común. Su espacio de concentración se expande más a medida que los remanentes elásticos aumentan, ya que se producen productos rígidos y plásticos, con la intención de ser irrompibles (Kosmatka et al., 2004).

El reciclaje de este material consta en la reutilización de este, el cual comúnmente se encuentra en plásticos sintéticos de PVC.

2.2.2.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN TAMAÑO

Según el tamaño de las fibras sintéticas, estas se pueden clasificar en microfibras y macrofibras.

Microfibras. Según Sika Perú S.A. (2011), el objetivo de estas fibras es evitar que el concreto se fisure mientras está fresco, lo que significa antes de las 24 horas. Pueden ser fibriladas o monofilamento (con un solo filamento) y sus diámetros varían entre 0.023 mm y 0.050 mm.

Por ello, es muy ventajoso utilizarlo, sobre todo en suelos de gran tamaño, pavimentos de concreto, elementos prefabricados y, en general, en todos los componentes que tengan una relación entre el volumen y la superficie expuesta relativamente elevada.

Figura 2

Microfibra de concreto



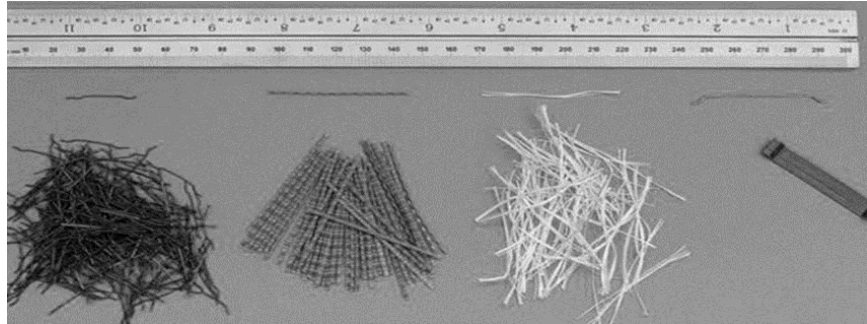
Nota. A la izquierda Concreto con Microfibras, a la derecha Concreto sin Microfibras. (Sika Perú, 2011).

Esto quiere decir que la bolsa de empaque puede disolverse con el agua del concreto sin producir desechos plásticos ni contaminantes.

Macrofibras. Estas fibras, de acuerdo con Sika Perú S.A. (2011), tienen como objetivo prevenir la aparición de fisuras en estado endurecido, reducir el tamaño de la fisura si ya se ha formado y permitir que la estructura fisurada opere adecuadamente. Las dosificaciones más comunes oscilan entre el 0.2% y el 0.8% del volumen de concreto. Las macrofibras sintéticas y las metálicas son las que más se utilizan, con diámetros de entre 0.05 mm y 2.00 mm. La relación de longitud a diámetro (L/d) de las macrofibras varía entre 20 y 100.

Figura 3

Macrofibra de concreto



Nota. Sika Perú (2011).

2.2.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LAS FIBRAS EN EL CONCRETO

En el concreto, el uso de fibras presenta ventajas y desventajas según sea el caso.

Ventajas. Entre las Ventajas que las fibras proporcionan al concreto se tiene:

- Mejoran la tenacidad del concreto
- Fácil de usar y puede ser adicionada a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de la colocación.
- Reducen costos y tiempo de aplicación, si se compara con la malla electrosoldada.
- Disipación de energía a comparación de la malla electrosoldada.
- Reducen el fisuramiento del concreto causado por retracción plástica
- Reducen la segregación y la exudación.
- Las fibras sintéticas y de vidrio son químicamente inertes, lo que significa que resisten a áridos y álcalis.
- Aumentan significativamente la resistencia al impacto.
- Operan en tres dimensiones en el concreto, disminuyendo las tensiones y los esfuerzos debidos a dilataciones térmicas

Desventajas. Entre las Ventajas que las fibras proporcionan al concreto se tiene:

- Disminuyen el asentamiento en el ensayo de cono, que depende directamente del volumen y la composición de la fibra.
- El mezclado se vuelve más complicado en el estado fresco y es posible que se añada una cierta cantidad de aire.

2.2.3. DISEÑO DE MEZCLA

La forma en la que se seleccionan los componentes apropiados para una cantidad mínima de pasta, volumen de vacíos o espacios entre partículas, que sea rentable y cumpla con las demandas en estado fresco como: compactación, mezcla, transporte, colocación, acabado y estado endurecido; resistencia a la compresión y duración es el diseño de mezcla.

2.2.3.1. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

Este procedimiento es riguroso, teniendo en cuenta las especificaciones de cada material.

Recabar Información Requerida. Es necesario recabar la información requerida previamente:

- Especificaciones de la forma y el tamaño de los elementos a vaciar.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.
- Determinar la resistencia requerida: $f'c$ = resistencia a la compresión (kg/cm²)
- Determine el $f'cr$ según ACI 318-99 se tiene:

$$f'c = f'c + 1.33s \quad (1)$$

$$f'c = f'c + 2.33s - 3.5 \quad (2)$$

Donde: s = desviación estándar (kg/cm²); y se escoge el valor más alto entre (1) y (2). Cuando no se dispone de información para la desviación estándar, el $f'cr$ se obtiene de la Tabla 4 del ACI.

Tabla 4*Resistencia estimada de compresión*

Resistencia especificada a la compresión $f' c$ (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión requerida $f' cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210	$f' cr + 70$
De 210 a 350	$f' cr + 84$
Mas de 350	$f' cr + 98$

Nota. Valores óptimos cuando no existe datos disponibles para una desviación estándar. (ACI, 2018).

Selección del Agregado Grueso. Es preciso escoger el agregado grueso, en el cual la dimensión nominal máxima del agregado grueso no puede ser superior a:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrado.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.
- 1/3 del peralte de la losa.

La elección del tamaño máximo del agregado a menudo depende de la disponibilidad y el precio del material.

Selección del asentamiento: Si no se especifica el asentamiento, es posible seleccionar un valor de asentamiento adecuado para la clase de construcción que aparece en la Tabla 5 creada por ACI.

Tabla 5*Slump según el tipo de construcción*

Tipo de Construcción	Slump	
	Máximo	Minino
Muros y zapatas de cimientos reforzados	3	1
Pies simples, cajones y paredes de subestructura	3	1
Vigas y paredes reforzadas	4	1
Columnas de construcción	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Hormigón en masa	2	1

Nota. ACI (2018).

Contenido de Volumen de Agua: La Tabla 6, que es una versión modificada de la desarrollada por el ACI, muestra que la cantidad de agua necesaria por cada unidad de volumen de concreto está relacionada con los siguientes factores: el Slump

requerido, la forma y tamaño máximo del agregado y la cantidad de aire incorporado o atrapado.

Tabla 6

Agua en Función de Tamaño Máximo y el Slump

	Slump (pulg.)	Tamaño Máximo Nominal							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin Aire incorporado	1" — 2"	205	200	296	180	160	155	145	125
	3" — 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
	6" — 7"	240	230	210	205	185	180	170	0
Con aire incorporado	1" — 2"	180	175	135	160	145	140	135	120
	3" — 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
	6" — 7"	215	205	190	185	170	165	160	0

Nota. Estimaciones de agua requerida en la mezcla en función del tamaño máximo de agregado y del Slump. (ACI, 2018).

Contenido de Aire: De acuerdo con la Tabla 7 que fue creada por el ACI, el contenido de aire depende del tamaño nominal máximo del agregado grueso.

Tabla 7

Contenido de aire según tamaño máximo nominal

	Tamaño Máximo Nominal							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin Aire incorporado	3.00 %	2.50 %	2.00 %	1.50 %	1.00 %	0.50 %	0.30 %	0.20 %
Con Aire incorporado	8.00 %	7.00 %	6.00 %	5.00 %	4.50 %	4.00 %	3.50 %	3.00 %

Nota. Porcentaje aproximado de contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto. (ACI, 2018).

Relación Agua/Cemento: La relación entre el cemento y el agua se establece con base en la necesidad de resistencia estructural. Además, está determinada por la durabilidad y la trabajabilidad que se desean, según lo indicado en la Tabla 8, que es una adaptación de la creada por el ACI.

Tabla 8

Relación agua/cemento por resistencia

	F'cr						
	450	400	350	300	250	200	150
Sin Aire incorporado	0.38	0.43	0.48	0.55	0.62	0.70	0.80
Con Aire incorporado	-	-	0.40	0.46	0.53	0.60	0.71

Nota. Porcentaje aproximado de contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto. (ACI, 2018).

Cálculo del contenido de cemento: Se consigue al dividir los valores obtenidos durante el procedimiento de cálculo del volumen de agua y la proporción entre cemento y agua. (Abanto, 2009).

$$\text{Contenido de Cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de Mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{Relación a/c (F/cr)}} \quad (3)$$

Cálculo del Contenido de Agregado Grueso: El agregado de la misma característica, granulometría y tamaño máximo, es esencial para un concreto trabajable; la cual es el producto del volumen de agregado grueso y el Peso unitario seco y compactado del mismo agregado. (Abanto, 2009)

Tabla 9

Volumen de A. G. por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes Módulos de Fineza de agregado fino			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	3.00	2.80	2.60	2.40
3/8 "	0.44	0.46	0.48	0.50
1/2 "	0.53	0.55	0.57	0.59
3/4 "	0.60	0.62	0.64	0.66
1 "	0.65	0.67	0.69	0.71
1 1/2 "	0.70	0.72	0.74	0.76
2 "	0.72	0.74	0.76	0.78
3 "	0.75	0.77	0.79	0.81
6 "	0.81	0.83	0.85	0.87

Nota. Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29 (Abanto, 2009).

Tabla 10

Formula 1

Cantidad de A. G. (kg)	=	Volumen de A. G. de la Tabla 9 (m3)	x	Peso Unitario Seco y Compactado del A. G. (kg/m3)
------------------------	---	-------------------------------------	---	---

Cálculo del contenido de agregado fino: El ACI (2018) dice que se logra el volumen absoluto de agregado fino al sustraer a la unidad la suma de los volúmenes absolutos del cemento, el agua de diseño, el aire y el agregado grueso seco.

Asimismo, propone un procedimiento diferente para determinar el volumen de agregado fino en una unidad cúbica de concreto. Indica que, cuando el peso de la unidad cúbica de hormigón se puede calcular o estimar por medio de la experiencia, el peso del agregado fino requerido sería simplemente la diferencia entre el peso del concreto fresco por metro cúbico y el de todos los otros componentes. Asimismo, indica que es común conocer con gran precisión el peso unitario del concreto, apoyándose en experiencias previas con los materiales que se utilizarán. Además, señala que la Tabla 10 puede usarse para realizar un primer cálculo del peso de concreto fresco si dicha información no está disponible.

Tabla 11

Primera estimación del peso del concreto fresco

Primera Estimación del Peso del Concreto en kg/m³		
Agregado Grueso	Concreto sin Aire Incorporado	Concreto con Aire Incorporado
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Nota. Se estimaron los valores para concretos de riqueza media (330 kg/m³) y asentamientos compatibles con consistencias plásticas. Se consideraron también los agregados que cumplen con la granulometría de la norma ASTM C 33 y tienen un peso específico promedio de 2.7 (Abanto, 2009).

Tabla 12

Formula 2

Peso de A. F. (kg)	=	Peso del Concreto (kg)	-	Peso del A. G. (kg)	-	Peso del Cemento (kg)	-	Peso del Agua de Mezclado (kg)
-----------------------	---	------------------------------	---	---------------------------	---	-----------------------------	---	--------------------------------------

La humedad del agregado debe ser tomada en cuenta al pesar las cantidades que se utilizarán para la elaboración del concreto. Los agregados en la obra suelen estar húmedos, así que su peso seco debe incrementarse de acuerdo con el porcentaje de agua que contienen, tanto la superficial como la absorbida. A la

mezcladora se le debe agregar agua de mezclado en una cantidad que, al ser expresada algebraicamente, sea equivalente a la humedad libre o superficial que los agregados aportan. Esta humedad se define como la cantidad de humedad que tiene el agregado menos su porcentaje de absorción.

Finalmente, el agua efectiva o de diseño se obtendrá de la siguiente manera:

Tabla 13

Formula 3

Peso del A. G. Húmedo (Kg)	=	Peso del A. G. (Kg)	*	Contenido de Humedad A. G. (%)
Peso del A. F. Húmedo (Kg)	=	Peso del A. F. (Kg)	*	Contenido de Humedad A. F. (%)

Tabla 14

Formula 4

X	=	Agua en A. G.	=	Peso del A. G. (Kg)	*	Contenido de Humedad A.G (%)	-	Agua del A. G. (%)
Y	=	Agua en A. F.	=	Peso del A. G. (Kg)	*	Contenido de Humedad A. F. (%)	-	Agua del A. F. (%)

Tabla 15

Formula 5

Agua Neta o Efectiva	=	Agua de Diseño (Kg)	-	(X + Y)
----------------------	---	---------------------	---	---------

2.2.4. RESISTENCIA DEL CONCRETO

La resistencia del concreto es una característica esencial, ya que se refiere a su habilidad para aguantar cargas o fuerzas sin experimentar deformaciones o fallas excesivas. La resistencia a la compresión, que es la habilidad del concreto para soportar fuerzas de compresión, se utiliza para medir su resistencia.

2.2.4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Puede definirse como la máxima medida de resistencia a la carga axial que exhiben las muestras de concreto. En los planos estructurales, la resistencia a la compresión que un tipo específico de concreto necesita se refleja con el símbolo f'_c , seguido por una cifra que el ingeniero estructural siempre añade (por ejemplo: $f'_c =$

210 kg/cm²). Este número indica cuál debe ser la resistencia del concreto al final de los 28 días después de su realización en obra.

Ensayo a compresión. La norma NTC 673, que trata sobre la resistencia a la compresión de cilindros de concreto, regula el ensayo a compresión. Esta técnica consiste en someter cilindros moldeados a una carga axial de compresión. De acuerdo con lo que dicta la norma, se utilizó una velocidad de ensayo de 1,3 mm/min. Para determinar la resistencia a la compresión, el valor que se obtiene en el ensayo se divide entre el área transversal de la muestra analizada y la carga universal de prueba.

Figura 4

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto



Nota. García (2020).

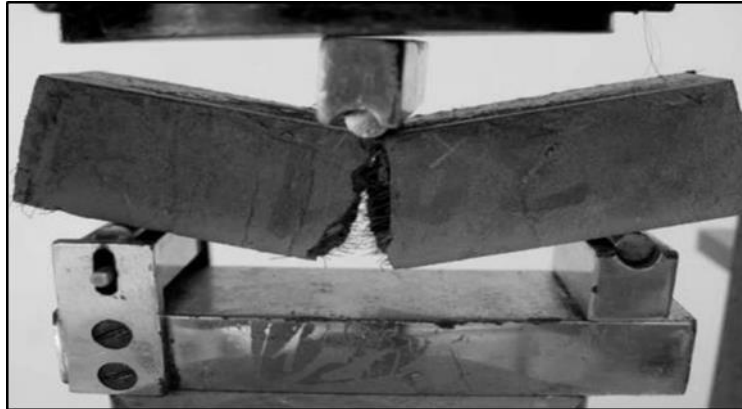
2.2.4.2. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión del concreto es una propiedad mecánica importante que se refiere a la capacidad del concreto para resistir fuerzas aplicadas que tienden a flexionar o doblar una estructura. La resistencia a la flexión es crucial en el diseño y la evaluación de elementos estructurales como vigas y losas. La medición de esta propiedad se realiza comúnmente mediante ensayos de flexión. El ensayo a flexión se utiliza poco en el concreto estructural. Las compañías y agencias que no hacen uso de la resistencia a la flexión para regular el campo han descubierto, normalmente, que emplear la resistencia a compresión para determinar la calidad del concreto entregado resulta ser fiable y beneficioso.

Ensayo a flexión. La NTC 2871, que se basa en el método de prueba estándar ASTM C 78:2002 para la resistencia a la flexión del concreto (a través de un haz simple con carga en el tercer punto), establece las reglas para el ensayo de flexión. Este procedimiento se basa en aplicar cargas a los tercios medios de la luz, con el objetivo de calcular el módulo de rotura y así determinar la máxima tensión que la muestra puede resistir.

Figura 5

Ensayo de resistencia a la flexión del concreto



Nota. García (2020).

2.2.5. LOSAS ALIGERADAS

El entrepiso es visto como uno de los componentes más sensibles al construir casas, debido a que una instalación errónea de las varillas de acero tiene el potencial de causar un derrumbe sin que ocurra un seísmo. El tablero o losa debe soportar las cargas de servicio, que abarcan el peso propio, el del mobiliario y el personal, así como el de acabados como los pisos y el yeso. Asimismo, erigen un diafragma rígido en el centro para ejercer la función sísmica general. Por estos motivos, es recomendable tomar en cuenta lo relevante que es construirlos con la calidad técnica y económica requerida para garantizar la estabilidad estructural y reducir los costes de construcción.

2.2.5.1. LOSAS ALIGERADAS

Una losa aligerada es un tipo de losa estructural que se ha diseñado para reducir su peso propio y, por ende, disminuir las cargas que deben soportar las estructuras. Se logra mediante la incorporación de elementos aligerantes que no comprometen la

resistencia ni la estabilidad de la losa. Los elementos estructurales de espesor bajo suelen ser horizontales y reforzados en una o dos direcciones, dependiendo del tipo de soporte que contenga su perfil. Esto es cierto si se les compara con otras dimensiones, como techos o pisos. Además, se utiliza como diafragma rígido para mantener la integridad de la estructura frente a las cargas sísmicas en dirección horizontal. Las losas de 20 y 25 centímetros son las más utilizadas. Con un ancho de vigueta de 10 cm y un grosor de losa de 5 cm. Por motivos de construcción, no es aconsejable colocar más de dos varillas de acero por cada vigueta. Por otra parte, no es aconsejable usar el refuerzo en compresión en estos componentes dado que su eficacia es casi nula debido a su escaso peralte. (Teodoro, 2005).

2.2.5.2. COMPOSICIÓN

La altura o espesor del piso de la losa aligerada necesariamente tiende a un mínimo de 5 cm, el cual está soportado mediante viguetas, y entre estas viguetas, debajo del piso se encuentran elementos aligerantes como ladrillos de arcilla y/o poliestireno expandido (Tecnopor).

Viguetas: Tienen un ancho de 10 cm. Los ejes de las viguetas deben estar separados como mínimo 40 cm. En la zona entre las viguetas y la losa de cinco centímetros de grosor, se instalan tejas. Por lo general, la sección transversal tiene dimensiones de 30x25 cm o de 30x30 cm.

Se usan solamente como rellenos, sin desempeñar ningún papel estructural, y se utilizan para obtener el techo. En la parte inferior se encuentra el acero de la vigueta, que se denomina positivo. Negativo que se encuentra en la parte de arriba del plato. El acero negativo está conectado al acero transversal (llamado acero de temperatura). El acero de alta temperatura evita que la losa se contraiga y se expanda cuando hace frío o calor. Y colocado perpendicular al eje de la vigueta. El acero de temperatura se une al de la viga negativa y se asegura al acero longitudinal exterior de la viga de conexión en el extremo.

Elemento Aligerante. Existen diversos elementos aligerantes, de las cuales en el Perú se utilizan bloques de arcilla y/o poliestireno expandido (Tecnopor).

- El bloque de cerámica de arcilla que disminuye la luz es un tipo de material para bloques. Se compone de arcilla que reduce la luz, la cual se consigue añadiendo diversos materiales a la pasta de arcilla, los cuales se desvanecen en el procedimiento de cocción para quemar la arcilla pulida en escamas. Esto provoca que su porosidad aumente de manera significativa.
- Bloque de poliestireno expandido: Es un bloque de poliestireno expansible que tiene la capacidad de ajustarse a las dimensiones y al grosor que el diseño requiera, además de poder ser cortado a medida. Se utiliza para la creación de la obra. Se utiliza como un elemento para aligerar, en particular en cubiertas y losas sándwich que están repletas de nervios o rejillas en una única dirección, al igual que la losa reticular.

2.2.5.3. MÉTODO DE DISEÑO

El diseño de losas aligeradas es un procedimiento que conlleva la elección y organización de los materiales para generar una estructura segura y eficaz. Según el método ACI, el diseño de estas losas suele estar determinado por las siguientes variables:

- Las cargas de diseño.
- Las características y el tipo de losa a tener en cuenta.

2.2.6. FISURAMIENTO DEL CONCRETO

La fisuración del concreto en estado plástico comienza en las primeras horas de su colocación y continúa mientras el concreto mantiene ese estado. Por lo general, se produce debido a la retracción plástica. (ACI, 2018).

2.2.6.1. FISURACIÓN POR RETRACCIÓN PLÁSTICA

De acuerdo con el ACI (2018), la fisuración por retracción plástica se produce cuando el concreto recién colocado pierde humedad rápidamente. Este proceso comienza cuando la rapidez

de evaporación del agua superficial del concreto es mucho más alta que la velocidad a la cual el agua de exudación asciende a la superficie, lo que causa que el concreto se contraiga. Como resultado de estas contracciones, la capa más rígida que se encuentra debajo de la capa plástica superficial produce esfuerzos de tracción, debido a que está limitada por el encofrado, el concreto endurecido o la armadura. Esto provoca fisuras cuya profundidad y separación pueden ser diversas:

Figura 6

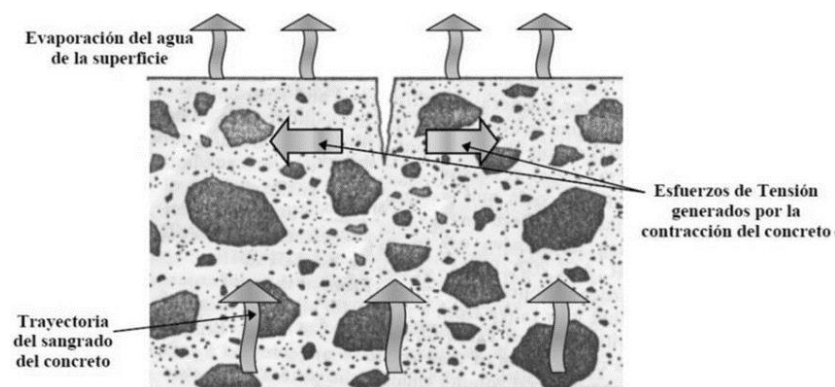
Fisuras por retracción plástica en losa aligerada



Nota. García (2020).

Figura 7

Agrietamiento del concreto en estado plástica



Nota. Diagrama de la evaporación, el trayecto del sangrado y las fuerzas que actúan en la fisuración por retracción plástica. (Cárcamo, 2003).

Para las mezclas con poca exudación o con agua de exudación reducida, cualquier elemento que retrase el fraguado aumenta la probabilidad de agrietamiento por contracción plástica.

En principio, las fisuras por retracción plástica no constituyen un problema estructural. No obstante, tienen el potencial de extenderse y que se introduzcan oxígeno y humedad, lo cual impacta la armadura del concreto y puede suponer una reducción de la vida útil de la estructura si no se les da el tratamiento adecuado.

2.2.6.2. FISURAS POR RETRACCIÓN PLÁSTICA SEGÚN EL TIEMPO DE APARICIÓN

Vidau (2013) señala que es común que el concreto fresco presente esta fisuración, la cual genera grietas poco después de que se ha extinguido el brillo acuoso del elemento en la superficie, lo que ocurre por no compensar la pérdida de agua; generalmente en las primeras horas (de 1 a 10 horas).

Tipos de fisuras según el ancho: Para determinar cómo varía la fisuración en el tiempo y comprender su efecto, es esencial inspeccionarla.

- Microfisuras: presentan un $e < 0.05$ mm, carecen de importancia.
- Fisuras: Se manifiestan en un rango de $0.1 < e < 0.2$ mm y son poco peligrosas, a menos que se encuentren en entornos hostiles, donde pueden contribuir a la corrosión.
- Macrofisuras: se producen en un intervalo de entre 0.2 y 0.4 mm. Estas son las fisuras que podrían tener un impacto estructural significativo.
- Grietas: Entre $0.4 < e < 1.0$ mm, se observa una disminución en la capacidad de resistencia sísmica. Es necesario vaciar el edificio y llevar a cabo una rehabilitación temporal.
- Fracturas: $1.0 < e < 5.0$ mm, se produce una disminución significativa en la capacidad de resistencia sísmica. Se

debe llevar a cabo con urgencia una evaluación final para decidir si se demolerá.

2.2.6.3. CONTROL DE LA FISURACIÓN POR RETRACCIÓN PLÁSTICA

Cárcamo (2003) indica que la fisuración por retracción plástica se manifiesta en la superficie del concreto fresco, después de ser instalada y poco antes de que se lleve a cabo el acabado. Además, menciona que es posible controlar dicha fisuración disminuyendo la variación de volumen relativa entre la masa superficial del concreto, que está en estado más líquido, y las demás partes del concreto, las cuales son más duras.

Las condiciones externas, como una temperatura del aire alta, baja humedad relativa, vientos intensos o un concreto caliente, también aumentan este cambio volumétrico. Esto muestra que se puede prevenir el control de la fisuración por retracción plástica de dos maneras específicas: 1) mediante un mejor control sobre las tasas de evaporación del agua en la superficie del concreto y 2) a través de un mejor control sobre las tensiones generadas en el concreto debido a los cambios volumétricos.

Las acciones emprendidas con respecto al primer tipo de control pueden llevarse a cabo mediante la preparación de medidas preventivas en el lugar de construcción, como poner barreras contra el viento y el sol, cubrir el concreto terminado con mantas húmedas, acelerar la fraguación, emplear aspersores finos o utilizar retardadores de evaporación. En lo que respecta al control de tensiones en el concreto debido a cambios volumétricos, algunos estándares como ACI 224R-01 o NRMCA CIP 5 sugieren la utilización de fibras sintéticas.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- Aislación: Es el proceso mediante el cual el material se mantiene alejado del calor, sonido, entre otros. (abanto, 2009).
- Aglomerante: Es la fusión de partes de una o más sustancias a través de un procedimiento físico y la condensación del todo. (abanto, 2009).
- Cohesión: El acto y el resultado de juntar o unir materiales entre sí, o la materia de la que están compuestos. (abanto, 2009).
- Compresión: Aplica una presión sobre el cuerpo para disminuir su volumen. (abanto, 2009).
- Retracción: Es una propiedad del concreto que ocurre en la etapa temprana de fraguado, cuando el agua se evapora y surgen tensiones de tracción internas. Estas tensiones, combinadas con una débil resistencia a los esfuerzos de tracción característicos del concreto, pueden provocar fisuras si se repiten muchas veces. (aci, 2018).
- Consistencia. La consistencia, en términos generales, se refiere a la fluidez de una mezcla de concreto en estado plástico, es decir, el grado de dureza (sequeza) o blandura (fluidez) que tiene; por ende, se considera el nivel de humedad que muestra esta mezcla. (abanto, 2009).
- Dosificación: Determinación de la cantidad de una sustancia que se tiene que agregar en cada fase de un proceso. (abanto, 2009).
- Ensayo: Prueba que se le realiza a un material para obtener los datos óptimos requeridos. (abanto, 2009).
- Fibra de polipropileno: Las fibras sintéticas se producen con 11 elementos de poliolefina, que normalmente son polietileno y polipropileno (sika, 2011).
- Fragua: Proceso de endurecimiento del concreto con acción de la intemperie. (abanto, 2009).
- Hormigón: Según abanto (2009), el hormigón es la combinación de un material aglutinante, uno de relleno y agua, así como aditivos si es necesario. Cuando se endurece, se convierte en una unidad

sólida que puede resistir grandes esfuerzos de compresión después de cierto tiempo.

- Macrofibras: Fibras con un diámetro que fluctúa entre 0.05 mm y 2.00 mm, con una dosificación volumétrica del 0.2% al 0.8% y un peso de fibras sintéticas (polipropileno) de 2 a 9 kg/m³; pueden ser metálicas, naturales o sintéticas (sika, 2011).
- Microfibras: Fibras que varían entre 0.03 y 0.050 mm de diámetro, las cuales pueden ser fibradas o monofilamento (sika, 2011). Tienen la capacidad de ser dosificadas en volúmenes que oscilan entre el 0.03% y el 0.15%, con un peso de hormigón que varía entre los 0.3 y los 1.2 kg/m³.
- Peso unitario y densidad: Cociente entre una cantidad de peso predominante en un total definido de volumetría (aci, 2018).
- Temperatura del concreto: Después de ser vertido, el concreto en estado fresco no puede exceder los 70 °c. (aci, 2018).
- Tenacidad: Propiedad que evalúa la capacidad de resistir una fuerza interna o externa y las acciones de deformación. (sika, 2011).
- Trabajabilidad: La propiedad del hormigón que establece su capacidad para ser colocado, comprimido y terminado sin el efecto perjudicial de la segregación (abanto, 2009).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La dosificación de fibras recicladas de PVC influye significativamente en la retracción plástica y en el desempeño mecánico del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.

H0: La dosificación de fibras recicladas de PVC no influye significativamente en la retracción plástica ni en el desempeño mecánico del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1: La dosificación de fibras recicladas de PVC influye significativamente en el control del fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica del concreto en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.

H01: La dosificación de fibras recicladas de PVC no influye significativamente en el control del fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica del concreto en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.

H2: La dosificación de fibras recicladas de PVC influye en la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.

H02: La dosificación de fibras recicladas de PVC no influye en la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.

H3: La dosificación de fibras recicladas de PVC influye en la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.

H03: La dosificación de fibras recicladas de PVC no influye en la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Dosificación de fibras recicladas de PVC incorporadas a la mezcla de concreto, expresada en g/m^3 , con cuatro niveles de tratamiento: 0 g/m^3 , 300 g/m^3 , 600 g/m^3 y 1200 g/m^3 .

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Fisuramiento y agrietamiento del concreto por retracción plástica, evaluado mediante indicadores de longitud y/o apertura de fisuras en especímenes correspondientes.
- Resistencia a la compresión del concreto, evaluada mediante ensayos a 7, 14, 21 y 28 días.
- Resistencia a la flexión del concreto, evaluada mediante ensayo de rotura en especímenes prismáticos.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La variable independiente del estudio corresponde a la dosificación de fibras recicladas de PVC incorporadas a la mezcla de concreto. Esta variable se operacionaliza mediante cuatro niveles de tratamiento: 0 g/m³, 300 g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³, establecidos para comparar el comportamiento del concreto sin fibras y con diferentes proporciones de refuerzo disperso.

Las variables dependientes comprenden, en primer lugar, el fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica del concreto, medido mediante indicadores de longitud, cantidad y apertura de fisuras; en segundo lugar, la resistencia a la compresión, expresada en kg/cm²; y en tercer lugar, la resistencia a la flexión, expresada según el esfuerzo de rotura obtenido en laboratorio. Esta organización permite distinguir claramente la variable causal de las variables de respuesta.

Tabla 16

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala / unidad	Técnicas e instrumentos
Variable Independiente: Dosificación de fibras recicladas de PVC	Cantidad de fibras recicladas de PVC incorporadas a la mezcla de concreto con la finalidad de modificar su comportamiento frente a la retracción plástica y al desempeño mecánico	Se operacionaliza mediante cuatro niveles de dosificación en la mezcla de concreto: 0 g/m ³ , 300 g/m ³ , 600 g/m ³ y 1200 g/m ³	Nivel de adición de fibras recicladas de PVC	Dosificación aplicada por metro cúbico de concreto	g/m ³	Observación experimental; fichas de dosificación, formatos de laboratorio y diseño de mezcla
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala / unidad	Técnicas e instrumentos
Variable Dependiente: 1: Fisuramiento y agrietamiento del concreto por exudación, generando retracción plástica	Manifestación superficial de fisuras que se producen en el concreto fresco cuando la velocidad de evaporación del agua supera la velocidad de del concreto por exudación, generando contracciones antes del endurecimiento	Se evalúa mediante el ensayo de agrietamiento por retracción plástica en especímenes de concreto elaborados con diferentes dosificaciones de fibras recicladas de PVC	Retracción plástica del concreto	Presencia de fisuras, longitud de fisuras, abertura o severidad de fisuras	mm, cm o apreciación técnica según formato de ensayo	Observación experimental; fichas de registro del ensayo ASTM C1579 u hoja de observación del agrietamiento

2: Resistencia a la compresión del concreto	Capacidad del concreto para soportar esfuerzos de compresión axial sin fallar	Se mide mediante ensayos de compresión en probetas de concreto con dosificaciones de 0 g/m ³ , 300 g/m ³ , 600 g/m ³ y 1200 g/m ³ , a edades de 7, 14, 21 y 28 días	Resistencia mecánica a compresión	Esfuerzo máximo de rotura a compresión kg/cm ²	Ensayo de laboratorio; fichas de registro de compresión, reportes técnicos ASTM C39 / NTP correspondiente
3: Resistencia a la flexión del concreto	Capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción indirecta producidos por flexión	Se mide mediante ensayos de flexión en especímenes prismáticos elaborados con dosificaciones de 0 g/m ³ , 300 g/m ³ , 600 g/m ³ y 1200 g/m ³ , a los 28 días	Resistencia mecánica a flexión	Módulo de rotura o esfuerzo máximo a flexión kg/cm ²	Ensayo de laboratorio; fichas de registro de flexión, reportes técnicos ASTM C78 / NTP correspondiente

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Según Hernández Sampieri et al (2014) la investigación con enfoque cuantitativo se desarrolla mediante la medición con valores numéricos, los mismo con lo que se pretende explicar los hechos en base a parámetros numéricos estandarizados.

Es decir, la caracterización de las fibras recicladas de pvc y la evaluación de los ensayos de laboratorio del concreto son cuantificadas con parámetros numéricos y estandarizada, para luego con los resultados finales realizar la comparación del concreto normal y el concreto con las fibras recicladas.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación corresponde a un nivel explicativo, debido a que no solo describe el comportamiento del concreto con fibras recicladas de PVC, sino que busca determinar la influencia de la dosificación de dichas fibras sobre variables de respuesta específicas, como la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión. En tal sentido, el estudio pretende establecer relaciones de causa y efecto entre la variable independiente, representada por la dosificación de fibras recicladas de PVC, y las variables dependientes asociadas al desempeño del concreto en losas aligeradas.

3.1.3. DISEÑO

El diseño de la investigación es cuasi experimental, de grupos comparativos con tratamiento, debido a que se manipula deliberadamente la variable independiente, correspondiente a la dosificación de fibras recicladas de PVC, y se observan sus efectos sobre las variables dependientes en especímenes de concreto elaborados bajo condiciones controladas.

Se consideró una mezcla patrón sin fibras como grupo de referencia y tres tratamientos con dosificaciones de 300 g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³, lo que permitió comparar el comportamiento de cada grupo

frente a la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión. Este diseño resulta pertinente para la investigación, ya que permite evaluar experimentalmente el efecto de la incorporación de fibras en el concreto sin requerir asignación aleatoria de unidades muestrales, manteniendo control sobre las condiciones principales de elaboración, curado y ensayo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Hernández Sampieri et al. (2014) definen la población como un conjunto de casos que cumplen con sus especificaciones correspondientes y sobre el cual se busca generalizar los hallazgos.

La población del estudio está conformada por el concreto diseñado para losas aligeradas con resistencia nominal de 210 kg/cm², elaborado bajo condiciones representativas del contexto constructivo de la ciudad de Huánuco. Para fines académicos y de control experimental, esta población se operacionalizó mediante una producción estimada de mezcla de concreto equivalente a 6,50 m³, correspondiente a un caso referencial de losa aligerada de vivienda.

No obstante, dado que el estudio tiene naturaleza experimental y se centra en el comportamiento del material, la población debe entenderse principalmente como el conjunto de mezclas de concreto susceptibles de ser evaluadas bajo las dosificaciones definidas de fibras recicladas de PVC, más que como una población estadística de edificaciones.

3.2.2. MUESTRA

De acuerdo con Hernández Sampieri et al (2014), la muestra es un subconjunto de la población del que se obtienen datos representativos. Si la selección no depende de la probabilidad, sino del criterio y los objetivos del investigador, entonces se puede considerar una muestra no probabilística o dirigida.

La muestra fue de tipo no probabilístico e intencional, debido a que los especímenes de concreto fueron elaborados y seleccionados de acuerdo con los objetivos experimentales del estudio. La muestra estuvo constituida por un total de 44 moldes de concreto, distribuidos en cuatro

grupos de tratamiento: 11 especímenes sin fibras recicladas de PVC, 11 especímenes con dosificación de 300 g/m³, 11 especímenes con dosificación de 600 g/m³ y 11 especímenes con dosificación de 1200 g/m³.

Esta distribución permitió efectuar las evaluaciones correspondientes a retracción plástica, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, garantizando comparabilidad entre tratamientos bajo un mismo diseño de mezcla base. La selección de la muestra responde al carácter experimental de la investigación y a la necesidad de contar con especímenes suficientes para observar el comportamiento del concreto en cada nivel de dosificación.

Tabla 17

Detalle de la muestra de concreto

Grupo de Concreto	Detalle del ensayo	Cantidad de Moldes
Concreto sin fibras recicladas de pvc (0 gr/m ³)	Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 21 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días	3
	Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días	3
Concreto con fibras recicladas de pvc en una proporción de 300 gr/m ³	Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 21 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días	3
	Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días	3
Concreto con fibras recicladas de pvc en una proporción de 600 gr/m ³	Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 21 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días	3
	Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días	3
Concreto con fibras recicladas	Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días	3
	Ensayo de resistencia a la compresión a los 21 días	3

de pvc en una proporción de 1200 gr/m3	Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días	3
	Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días	3
Total		60

Nota. La muestra está definida con un total de 60 moldes de concreto; según las NTP 339.183 ensayos de resistencia a la compresión y flexión del concreto; y según la ASTM C1579.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos empleada fue la observación experimental, dado que la información se obtuvo a partir de la elaboración controlada de mezclas de concreto y de la ejecución de ensayos de laboratorio aplicados a los especímenes correspondientes. Esta técnica permitió registrar el comportamiento del concreto frente a la retracción plástica, así como sus resistencias a la compresión y a la flexión, bajo procedimientos técnicos sustentados en normas y fichas de control.

Para ello, se recurrió a normas técnicas aplicables al análisis granulométrico, peso unitario, humedad, absorción, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y evaluación del agrietamiento por retracción plástica, entre ellas NTP y ASTM citadas en la investigación.

3.3.2. MUESTRA

Et al. Hernández Sampieri (2014). El Instrumento de recolección es el medio que emplea el investigador para registrar la información o datos acerca de las variables en estudio.

Los instrumentos de recolección de datos estuvieron constituidos por fichas de registro de laboratorio, formatos de control de ensayos y reportes técnicos de resultados, mediante los cuales se sistematizó la información correspondiente a las propiedades de los agregados, el diseño de mezcla y los ensayos aplicados al concreto con y sin fibras recicladas de PVC.

Estos instrumentos permitieron registrar de manera ordenada los valores obtenidos en cada prueba, tales como esfuerzo de rotura, porcentajes de variación, edad de ensayo, dosificación aplicada y observaciones de comportamiento del material. Su uso favorece la

trazabilidad del proceso experimental y la comparación entre tratamientos.

3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de la información se empleó estadística descriptiva e inferencial. En una primera etapa se calcularon medidas de tendencia central y dispersión, tales como media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación, con el fin de describir el comportamiento de los resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión para cada dosificación de fibras recicladas de PVC.

En una segunda etapa se aplicó estadística inferencial mediante análisis de varianza de un factor (ANOVA), con el objetivo de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos correspondientes a las dosificaciones de 0 g/m³, 300 g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³. Cuando el resultado del ANOVA evidenció diferencias significativas, se procedió al uso de la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar entre qué grupos se presentaban dichas diferencias.

Los análisis se realizaron utilizando el software estadístico R, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos para la aplicación de pruebas paramétricas. La decisión estadística respecto de cada hipótesis se estableció en función del valor de significancia obtenido, considerando como criterio de rechazo de la hipótesis nula un valor de p menor a 0,05.

3.5. ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación se desarrolló respetando los principios éticos institucionales establecidos por la Universidad de Huánuco y los lineamientos generales para proyectos e informes finales de investigación, en lo referente a la integridad científica, el respeto a las personas y la responsabilidad social del investigador.

En primer lugar, la tesis no involucró la participación directa de seres humanos ni la recolección de datos personales, por lo que no se generaron riesgos físicos, psicológicos o sociales para individuos o grupos específicos. La unidad de análisis corresponde a mezclas de concreto elaboradas bajo condiciones de laboratorio; en consecuencia, no fue necesario aplicar

instrumentos a personas, ni registrar información identificable, ni intervenir sobre pacientes, estudiantes, trabajadores u otras poblaciones vulnerables.

En segundo lugar, se garantizó el cumplimiento del principio de honestidad académica y originalidad, mediante la elaboración propia del diseño metodológico, la ejecución de ensayos y el análisis de resultados, evitando cualquier forma de plagio o manipulación de datos. Todas las fuentes de información utilizadas en el marco teórico y en la discusión de resultados fueron citadas y referenciadas siguiendo las normas de estilo indicadas por el programa académico, en concordancia con las directivas sobre uso de software de identificación de similitud y originalidad de la Universidad de Huánuco.

En tercer lugar, se observaron criterios de responsabilidad ambiental en el manejo de los materiales de ensayo, particularmente en lo relacionado al uso y disposición de las fibras recicladas de PVC y de los residuos de concreto generados en el laboratorio. Los materiales plásticos empleados procedieron de residuos reutilizables y, una vez finalizado el proceso experimental, fueron dispuestos conforme a las indicaciones del laboratorio y a las buenas prácticas de gestión de residuos, evitando su vertido inadecuado en el entorno.

Asimismo, la investigación respetó las normas de seguridad y salud en el trabajo propias del laboratorio de materiales, asegurando el uso de equipos de protección personal, el cumplimiento de los procedimientos establecidos y la prevención de accidentes durante las actividades de mezclado, vaciado y ensayo de especímenes de concreto.

Finalmente, en caso de que los resultados sean difundidos en eventos académicos o publicaciones, se mantendrá el debido reconocimiento a los autores citados, a la Universidad de Huánuco como institución formadora y a las dependencias que brindaron apoyo logístico, preservando en todo momento la integridad de la información y la transparencia en la comunicación de los hallazgos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. TRABAJOS DE CAMPO

Dentro de los trabajos de campo se siguieron los siguientes trabajos: De la Cantera.

- Nombre: Cantera Chullqui.
- Propietario: Centro Poblado de Chullqui.
- Ubicación: Centro Poblado de Chullqui, Churubamba, Huánuco, Huánuco. Coordenadas UTM: 377377.237mE; 8912323.871mN; 1800msnm
- Ruta: Asfaltada, en buen estado.
- Tipo de Material: hormigón, piedra chancada, arena gruesa y arena fina. Periodo de Explotación: Permanente.

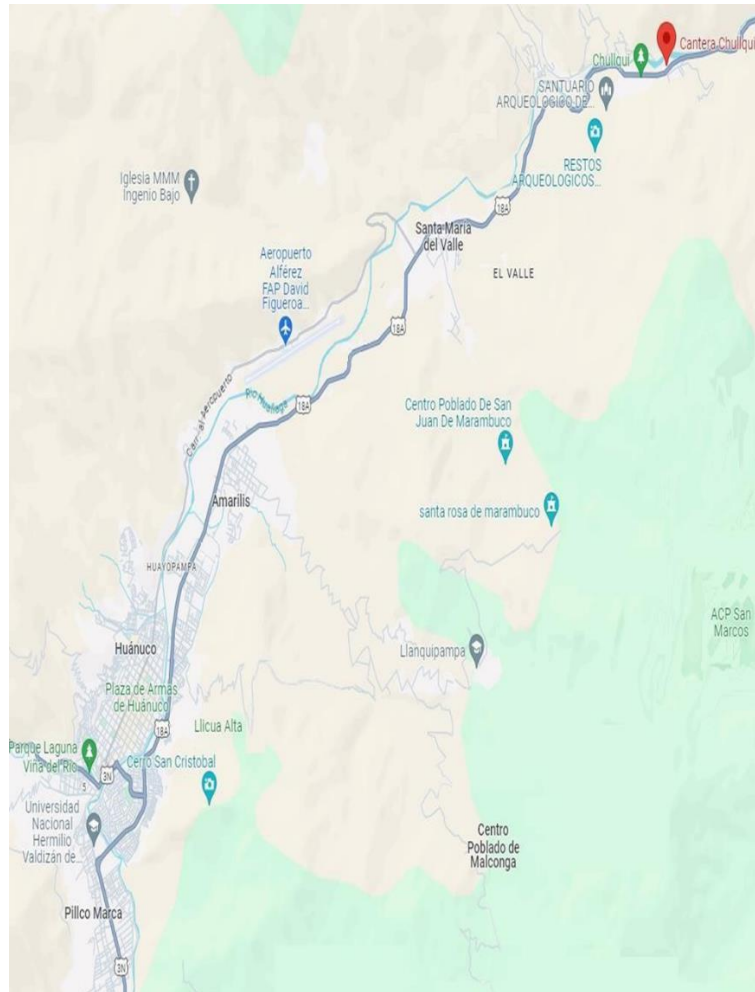
Figura 8

Vista panorámica de la Cantera Chullqui



Figura 9

Mapa de ubicación de la cantera de agregados



Nombre del aditivo: Tubería PVC. Estado: Triturado y reciclado.
Origen: Reciclaje de usado en partidas de desagüe.

Figura 10

Tubería PVC reciclado



4.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO PRELIMINARES

Para los ensayos preliminares se realizaron los ensayos necesarios para realizar los diseños de mezcla del concreto. las siguientes tablas muestran los resultados de dichos ensayos.

Tabla 18

Análisis granulométrico del agregado

Granulometría	: Porcentaje
Gravas	: 32.45%
Arenas	: 35.10%
Limo – arcillas	: 32.45%
Módulo de finesa	: 3.93

El agregado se encuentra en un estado muy sucio, requiere lavado en cantera o laboratorio para su uso.

Tabla 19

Análisis granulométrico del agregado

Límites	: Porcentaje
Líquido	: 22.35%
Plástico	: 17.51%
Índice de plasticidad	: 4.83%

Tabla 20

Clasificación del agregado

Clasificación	: Resultado
SUCS	: SC-SM
AASHTO	: A-2-4(0)

Tabla 21

Abrasión del agregado

Datos	: Resultado
Tipo	: A
Peso antes de ensayo	: 5000
Peso después del ensayo	: 3486
Desgaste	: 1514
Porcentaje de desgaste	: 30.28%

Tabla 22

Absorción del agregado grueso

Datos	: Resultado
Primer ensayo	: 0.75%
Segundo ensayo	: 0.65%
Tercer ensayo	: 0.54%
Cuarto ensayo	: 0.71%
Porcentaje de absorción	: 0.66%

Tabla 23

Absorción del agregado fino

Datos	: Resultado
Primer ensayo	: 0.81%
Segundo ensayo	: 1.00%
Tercer ensayo	: 1.00%
Cuarto ensayo	: 1.11%
Promedio de absorción	: 0.98%

Tabla 24

Peso unitario suelto seco del agregado

Datos	: Resultado
Primer ensayo	: 1726 kg/m ³
Segundo ensayo	: 1710 kg/m ³
Tercer ensayo	: 1719 kg/m ³
Cuarto ensayo	: 1709 kg/m ³
Promedio PUSS	: 1716 kg/m ³

Tabla 25

Peso unitario seco compacto del agregado

Datos	: Resultado
Primer ensayo	: 2016 kg/m ³
Segundo ensayo	: 1988 kg/m ³
Tercer ensayo	: 2008 kg/m ³
Cuarto ensayo	: 1992 kg/m ³
Promedio PUSC	: 2001 kg/m ³

4.1.3. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Los resultados de diseño de mezcla son los siguientes valores:

Tabla 26

Proporciones por metro cúbico

Insumos	: Porcentaje
Cemento	: 8.30 bolsas
Agua	: 192.36 litros
Agregado	: 1.04m ³

Tabla 27

Proporciones por bolsa

Insumos	: Porcentaje
Cemento	: 1.00 bolsas
Agua	: 22.37 litros
Agregado	: 0.12m ³

4.1.4. ENSAYOS DE PRUEBA DE COMPRESIÓN

Los resultados de las pruebas de resistencia a la flexión son los siguientes:

Tabla 28

Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 7 días

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm ²	207.7	98.92%
M-2	210kg/cm ²	205.9	98.06%
M-3	210kg/cm ²	202.9	96.61%
	Promedio:	205.5	97.9%

Tabla 29

Prueba de compresión. Diseño con 300g/m³ de PVC. Edad: 7 días

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm ²	208.5	99.26%
M-2	210kg/cm ²	208.5	99.29%
M-3	210kg/cm ²	209.5	99.74%
	Promedio:	210.4	99.4%

Tabla 30*Prueba de compresión. Diseño con 600g/m3 de PVC. Edad: 7 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	214.0	101.89%
M-2	210kg/cm2	216.0	102.88%
M-3	210kg/cm2	218.4	103.99%
	Promedio:	211.1	102.9%

Tabla 31*Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m3 de PVC. Edad: 7 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	205.2	97.72%
M-2	210kg/cm2	204.9	97.55%
M-3	210kg/cm2	208.4	99.23%
	Promedio:	206.2	98.2%

Tabla 32*Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 14 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	221.2	105.35%
M-2	210kg/cm2	219.7	104.61%
M-3	210kg/cm2	219.0	104.30%
	Promedio:	214.4	104.80%

Tabla 33*Prueba de compresión. Diseño con 300g/m3 de PVC. Edad: 14 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	213.3	101.58%
M-2	210kg/cm2	210.8	100.38%
M-3	210kg/cm2	208.6	99.33%
	Promedio:	212.5	100.40%

Tabla 34*Prueba de compresión. Diseño con 600g/m3 de PVC. Edad: 14 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	215.3	102.51%

M-2	210kg/cm2	215.6	102.67%
M-3	210kg/cm2	218.2	103.88%
	Promedio:	213.3	103.00%

Tabla 35

Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m3 de PVC. Edad: 14 días

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	210.8	100.40%
M-2	210kg/cm2	209.7	99.85%
M-3	210kg/cm2	210.1	100.03%
	Promedio:	210.2	100.10%

Tabla 36

Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 21 días

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	224.1	106.71%
M-2	210kg/cm2	222.6	106.02%
M-3	210kg/cm2	221.2	105.33%
	Promedio:	219.8	106%

Tabla 37

Prueba de compresión. Diseño con 300g/m3 de PVC. Edad: 21 días

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	219.3	104.42%
M-2	210kg/cm2	217.7	103.68%
M-3	210kg/cm2	216.0	102.88%
	Promedio:	218.8	103.7%

Tabla 38

Prueba de compresión. Diseño con 600g/m3 de PVC. Edad: 21 días

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	224.2	106.78%
M-2	210kg/cm2	224.0	106.68%
M-3	210kg/cm2	224.4	106.83%
	Promedio:	219.4	106.8%

Tabla 39*Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m3 de PVC. Edad: 21 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	215.1	102.44%
M-2	210kg/cm2	214.6	102.20%
M-3	210kg/cm2	214.0	101.89%
	Promedio:	214.6	102.2%

Tabla 40*Prueba de compresión. Diseño sin PVC. Edad: 28 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	254.9	121.40%
M-2	210kg/cm2	250.1	119.11%
M-3	210kg/cm2	247.6	117.90%
	Promedio:	243.4	119.5%

Tabla 41*Prueba de compresión. Diseño con 300g/m3 de PVC. Edad 28 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	239.3	113.94%
M-2	210kg/cm2	240.2	114.39%
M-3	210kg/cm2	240.9	114.72%
	Promedio:	240.9	114.4%

Tabla 42*Prueba de compresión. Diseño con 600g/m3 de PVC. Edad 28 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	243.9	116.12%
M-2	210kg/cm2	244.4	116.36%
M-3	210kg/cm2	245.9	117.10%
	Promedio:	241.3	116.5%

Tabla 43*Prueba de compresión. Diseño con 1200g/m3 de PVC. Edad 28 días*

Datos	Diseño	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	210kg/cm2	238.5	113.57%

M-2	210kg/cm2	238.1	113.39%
M-3	210kg/cm2	237.2	112.95%
Promedio:		237.9	113.3%

4.1.5. ENSAYOS DE PRUEBA DE FLEXIÓN

Los resultados de las pruebas de resistencia a la flexión del concreto elaborado con diferentes dosificaciones de fibras recicladas de PVC se presentan a continuación. Estos resultados permiten comparar el comportamiento de la mezcla patrón sin fibras con las mezclas reforzadas, a fin de identificar la dosificación que ofrece una mejor respuesta frente a esfuerzos de flexión en elementos tipo losa.

Tabla 44

Prueba de flexión. Diseño sin PVC

Datos	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	45.6	21.7%
M-2	47.5	22.6%
M-3	48.9	23.3%
Promedio:	47.3	22.5%

Tabla 45

Prueba de flexión. Diseño con 300g/m3 de PVC

Datos	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	41.8	19.9%
M-2	42.7	20.3%
M-3	45.9	21.9%
Promedio:	43.5	20.7%

Tabla 46

Prueba de flexión. Diseño con 600g/m3 de PVC

Datos	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	52.0	24.8%
M-2	52.3	24.9%
M-3	51.0	24.3%
Promedio:	51.8	24.6%

Tabla 47*Prueba de flexión. Diseño con 1200g/m³ de PVC*

Datos	Esfuerzo de rotura	Porcentaje
M-1	48.1	22.9%
M-2	47.8	22.8%
M-3	48.7	23.2%
Promedio:	48.2	22.9%

4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

La contrastación de hipótesis se realizó sobre la base de los resultados experimentales obtenidos en los ensayos de retracción plástica, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, evitando inferencias sustentadas únicamente en las propiedades generales del material. En consecuencia, la aceptación o rechazo de las hipótesis se estableció a partir de la comparación entre tratamientos, considerando el comportamiento observado en cada dosificación y su implicancia técnica en el desempeño del concreto. Respecto de la hipótesis general, los resultados muestran que la incorporación de fibras recicladas de PVC modifica el comportamiento del concreto frente al fisuramiento por retracción plástica y genera variaciones en las resistencias mecánicas evaluadas, por lo que se admite que la dosificación de fibras influye en el desempeño del concreto en losas aligeradas. Esta influencia no debe interpretarse únicamente desde la naturaleza plástica del PVC, sino a partir de la evidencia experimental observada en las mezclas ensayadas.

En cuanto a la primera hipótesis específica, referida al control del fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica, la evidencia experimental permite sostener que la incorporación de fibras recicladas de PVC contribuye a limitar la aparición y propagación de fisuras superficiales en comparación con la mezcla patrón sin fibras, verificándose un mejor comportamiento en las dosificaciones intermedias. Por ello, se acepta la hipótesis específica referida a la influencia de la dosificación de fibras en el control de la retracción plástica.

Respecto de la segunda hipótesis específica, los resultados de resistencia a la compresión evidencian que todas las mezclas con fibras superan la resistencia de diseño de 210 kg/cm² a los 28 días, aunque presentan diferencias respecto a la mezcla patrón. El concreto sin fibras alcanzó un promedio de 243,4 kg/cm², mientras que las dosificaciones de 300

g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³ alcanzaron 240,9 kg/cm², 241,3 kg/cm² y 237,9 kg/cm², respectivamente. Estos resultados indican que la incorporación de fibras recicladas de PVC no compromete de forma crítica la resistencia a la compresión del concreto, manteniéndose valores técnicamente aceptables para su uso en losas aligeradas.

En relación con la tercera hipótesis específica, los resultados de resistencia a la flexión muestran diferencias entre tratamientos, siendo la dosificación de 600 g/m³ la que alcanzó el mayor promedio con 51,8, frente a 47,3 en la mezcla sin fibras, 43,5 en la dosificación de 300 g/m³ y 48,2 en la dosificación de 1200 g/m³. En consecuencia, se admite que la dosificación de fibras recicladas de PVC sí influye en la resistencia a la flexión del concreto, observándose que no todas las dosificaciones producen el mismo efecto y que la dosificación de 600 g/m³ presenta el comportamiento más favorable dentro de los tratamientos evaluados.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DE LOS ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Los antecedentes internacionales revisados muestran que la incorporación de fibras sintéticas al concreto puede contribuir al control del fisuramiento y generar variaciones en las propiedades mecánicas, aunque el efecto depende de la naturaleza del material y de la dosificación utilizada. En el estudio de Abujder, Granado y Viscarra (2022), citado en la tesis, se reporta una disminución progresiva del fisuramiento conforme se incrementa la dosificación de microfibras, observándose además que la resistencia a la flexión no mejora de manera lineal para todas las dosificaciones. Esta tendencia es relevante para la presente investigación, porque confirma que el comportamiento del concreto con fibras no debe interpretarse bajo el criterio simplista de que una mayor cantidad de fibra siempre genera un mejor resultado.

De manera similar, el antecedente de Granados, Gutiérrez y Ramírez (2019), incorporado en el marco teórico, evidencia que las fibras sintéticas producen respuestas diferenciadas según la propiedad evaluada, encontrándose mejoras en unos casos y reducciones en otros. Este hallazgo coincide con los resultados de la presente tesis, en la que la dosificación de 600 g/m³ fue la que mostró el mejor comportamiento integral, mientras que la dosificación de 1200 g/m³ no representó una mejora uniforme respecto a todas las variables analizadas. En consecuencia, la comparación con los antecedentes internacionales permite sostener que el efecto de las fibras recicladas de PVC debe interpretarse en función de una dosificación técnicamente equilibrada y no únicamente a partir de sus propiedades genéricas como material plástico.

4.2. DE LOS ANTECEDENTES NACIONALES

Los antecedentes nacionales reportados en la tesis muestran que las fibras sintéticas, especialmente las de polipropileno, han sido estudiadas como alternativa para reducir el agrietamiento por contracción plástica del concreto sin comprometer de manera significativa la resistencia a compresión.

Tanto Piñarreta (2022) como Plasencia y Zavaleta (2020) concluyen que dosis elevadas de fibras pueden disminuir de manera importante el fisuramiento, identificando como óptimas las dosificaciones cercanas a 1200 g/m³ para los materiales evaluados en sus estudios.

Sin embargo, los resultados de la presente investigación muestran una tendencia distinta, pues la dosificación de 600 g/m³ de fibras recicladas de PVC presentó el mejor comportamiento global dentro de los tratamientos analizados. Esta diferencia no invalida los antecedentes nacionales, sino que sugiere que el desempeño del concreto depende del tipo de fibra utilizada, de su geometría, de su interacción con la mezcla y del contexto experimental en el que se evalúa. Por ello, el aporte de esta tesis consiste en mostrar que, para fibras recicladas de PVC y en las condiciones del estudio, una dosificación intermedia puede resultar más favorable que una dosificación máxima.

4.3. DE LOS ANTECEDENTES LOCALES

El antecedente local de Ortega (2023), citado en la tesis, resulta pertinente porque evalúa el comportamiento del concreto con fibras bajo condiciones climáticas de la provincia de Huánuco, destacando la influencia del calor en la resistencia a la compresión. Dicho estudio concluye que las fibras pueden generar un leve incremento en la resistencia en determinadas condiciones, aunque también reconoce el efecto adverso del calor sobre el comportamiento del concreto.

En la presente investigación, los resultados muestran que la resistencia a la compresión de las mezclas con fibras recicladas de PVC se mantuvo por encima de la resistencia de diseño de 210 kg/cm² a los 28 días, aunque con ligeras variaciones respecto al concreto patrón. Asimismo, la resistencia a la flexión alcanzó su mejor valor con la dosificación de 600 g/m³, lo que refuerza la idea de que el uso de fibras puede ser favorable, siempre que se controle adecuadamente la dosificación y se interprete el comportamiento del material de forma específica para cada propiedad evaluada.

En términos generales, la discusión de resultados permite establecer que la incorporación de fibras recicladas de PVC al concreto para losas aligeradas constituye una alternativa técnicamente prometedora para el

control preventivo del fisuramiento por retracción plástica, sin comprometer de manera relevante las resistencias mecánicas de diseño. No obstante, los hallazgos también muestran que el efecto de la fibra no es uniforme para todas las dosificaciones ni para todas las propiedades evaluadas, por lo que el criterio técnico más sólido no es afirmar que “más fibra es mejor”, sino identificar la dosificación que produce el mejor equilibrio entre control de fisuras, resistencia a compresión y resistencia a flexión. Bajo esa lógica, la dosificación de 600 g/m³ emerge como la alternativa más conveniente dentro del alcance experimental desarrollado.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la dosificación de fibras recicladas de PVC influye en el comportamiento del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie, tanto en el control del fisuramiento por retracción plástica como en sus propiedades mecánicas de compresión y flexión. En ese sentido, el estudio confirma que la incorporación de fibras desde la etapa de mezcla constituye una medida preventiva técnicamente pertinente frente a la práctica correctiva de aplicar selladores una vez aparecidas las fisuras.
2. Respecto al objetivo específico referido al control del fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica, se concluye que la incorporación de fibras recicladas de PVC favorece la reducción de la fisuración superficial en el concreto, al limitar la formación y propagación de fisuras durante el estado plástico. Este comportamiento es coherente con la función de las fibras como refuerzo disperso, ya que contribuyen a redistribuir tensiones internas originadas por la pérdida acelerada de humedad superficial del concreto fresco.
3. En relación con la resistencia a la compresión, se concluye que la incorporación de fibras recicladas de PVC no afecta de manera crítica la capacidad resistente del concreto, ya que todas las dosificaciones evaluadas superaron la resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 a los 28 días. No obstante, se observó que la mezcla patrón sin fibras obtuvo el valor promedio más alto con $243,4 \text{ kg/cm}^2$, seguida por las dosificaciones de 600 g/m^3 con $241,3 \text{ kg/cm}^2$, 300 g/m^3 con $240,9 \text{ kg/cm}^2$ y 1200 g/m^3 con $237,9 \text{ kg/cm}^2$, lo cual muestra que el aumento de fibra no implica necesariamente un incremento proporcional de resistencia a compresión.
4. En cuanto a la resistencia a la flexión, se concluye que la dosificación de 600 g/m^3 presentó el mejor desempeño, alcanzando un promedio de 51,8, superior al concreto sin fibras que registró 47,3. Este resultado permite inferir que una dosificación intermedia de fibras recicladas de PVC puede contribuir favorablemente al comportamiento del concreto

frente a esfuerzos de flexión, mientras que dosificaciones menores o mayores no necesariamente reproducen el mismo efecto.

5. De manera integral, se concluye que la dosificación de 600 g/m³ representa la alternativa más equilibrada dentro de los tratamientos ensayados, por cuanto permite un control favorable del fisuramiento por retracción plástica y, simultáneamente, conserva niveles adecuados de resistencia a compresión y mejora la respuesta a flexión. En consecuencia, el uso de fibras recicladas de PVC puede considerarse una alternativa técnicamente viable para concretos de losas aligeradas en condiciones similares a las de Huánuco, incorporando además una perspectiva de reutilización de residuos plásticos en la construcción.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda considerar la dosificación de 600 g/m³ de fibras recicladas de PVC como referencia técnica para futuros diseños de mezcla orientados al control del fisuramiento por retracción plástica en losas aligeradas, debido a que fue la dosificación que mostró el comportamiento más equilibrado entre control de fisuras, resistencia a compresión y resistencia a flexión.
2. Se recomienda que la incorporación de fibras recicladas de PVC en el concreto sea acompañada de adecuados procedimientos de mezclado, colocación, acabado y curado, ya que el control del fisuramiento por retracción plástica no depende exclusivamente de la fibra, sino también de las condiciones de ejecución y del ambiente al que se expone el concreto fresco.
3. Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar el estudio mediante ensayos con mayor número de repeticiones y con análisis estadísticos completos, incluyendo la presentación explícita de ANOVA, pruebas de Tukey, intervalos de confianza y tamaños del efecto, a fin de reforzar la trazabilidad analítica y la solidez inferencial de los resultados.
4. Se recomienda evaluar en posteriores trabajos el efecto de diferentes longitudes, geometrías y procesos de trituración de las fibras recicladas de PVC, así como su comportamiento en otros elementos estructurales y bajo condiciones reales de obra, para determinar con mayor precisión su aplicabilidad en el sector construcción.
5. Finalmente, se recomienda revisar integralmente la consistencia editorial del documento final, corrigiendo años, numeración, encabezados, tablas, hipótesis, variables y matriz de consistencia, para asegurar la correspondencia exacta entre el planteamiento del problema, la metodología, los resultados y las conclusiones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto (2da ed.). Perú: San Marcos.
- Abujder, W., Granado, E., y Viscarra, G. (2022). Evaluación de la incorporación de microfibras sintéticas de polipropileno en el hormigón para la disminución de microfisuras y fisuras, y su influencia en la resistencia a la flexión. Brasil: Universidad Católica Boliviana – Revista Brasileña de Desarrollo
- American Concrete Insitute (2018). Causes, Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures. Estados Unidos: Michigan.
- Cárcamo, M. (2003). Agrietamiento del concreto en estado plástico. El Salvador: Unidad de investigación y desarrollo vial.
- Evaristo, P. (2018). Concreto Reforzado con Fibras Metálicas y Fibras Sintéticas, Utilizando Agregados de la Cantera de Andabamba - Huánuco. Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- García y Jacay. (2020). Influencia de la fibra de polipropileno en el control de fisuras para concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en el distrito de Lurigancho Chosica. Tesis Pregrado, Universidad Peruana Unión, Lima – Perú
- Hernández Sampieri et al. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). México: mcgraw-hill / interamericana editores.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., y Tanesi, J. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. México: PCA.
- Ortega, W. (2022). El calor y su efecto en la resistencia a la compresión del concreto elaborado con fibras de polietileno de alta densidad, distrito de Amarilis. Perú: Universidad de Huánuco.
- Piñarreta, I. (2022). Fibra de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción plástica del hormigón. Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Plasencia, G. y Zavaleta, J. (2020). Influencia de las fibras de polipropileno en el agrietamiento por contracción plástica en el concreto, bajo condiciones críticas de evaporación. Perú: Universidad Privada del Norte.
- Ramírez, A., Gutiérrez, C., y Granados, J. (2019). Uso de la Fibra Sintética en el Concreto Estructural para Edificaciones. Colombia: Universidad Católica de Colombia.

- Rivva, E. (2000). Materiales del concreto (1ra ed.). Perú: Capitulo Peruano ACI.
- Sika Perú S.A. (2011). Sika Informaciones Técnicas – Concreto reforzado con fibras. Perú: Innovation & Consistency – Since 1910
- Vílchez, J. (2020). Evaluación del concreto aplicando fibras de polipropileno para reducir las fisuras en losa maciza del Mall Santa Anita. Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Zevallos, M. (2021). Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del concreto de $f^c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Huancavelica. Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Vidau, E. (2013). Fisuras en el concreto ¿síntoma o enfermedad?. México: Construcción y Tecnologías del Concreto S.A.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Pardo Sánchez, Y. (2026). *Aplicación de fibras recicladas de PVC para prevenir fisuramientos y agrietamientos del concreto en losas aligeradas como alternativa ante el uso de selladores – Huánuco 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y Muestra	Técnicas/ Instrumentos / Análisis de datos
General	General	Hipótesis General	Variable	Enfoque	Población Concreto	Técnicas:
¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024?	Determinar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la retracción plástica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.	La dosificación de fibras recicladas de PVC influye significativamente en la retracción plástica y en el desempeño mecánico del concreto empleado en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024.	Independiente Dosificación de fibras recicladas de PVC incorporadas a la mezcla de concreto, expresada en g/m³, con niveles de 0, 300, 600 y 1200 g/m³	Cuantitativo Alcance Explicativo Diseño Cuasi experimental, con grupo de referencia sin fibras y tres grupos con tratamiento de 300 g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³ de fibras recicladas de PVC	diseñado para losas aligeradas con resistencia nominal de 210 kg/cm², representado académicamente por un volumen estimado de 6,50 m³ de mezcla de concreto correspondiente a una losa aligerada tipo en la ciudad de Huánuco	Observación experimental y ensayos de laboratorio. Instrumentos: Fichas de registro de ensayos, formatos de laboratorio y reportes técnicos de resultados.
Específicos	Específicos	Hipótesis Específicas	Variables Dependientes			Análisis de datos:
¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en el control del fisuramiento	Determinar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en el control del	control del fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica del concreto en losas	concreto por retracción plástica. Resistencia a la compresión del		Muestra Muestra no probabilística e	Estadística descriptiva e inferencial, mediante medidas de tendencia central y dispersión,

y agrietamiento por retracción plástica del concreto en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024? ¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024? ¿De qué manera influye la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024?	fisuramiento y agrietamiento por retracción plástica del concreto en losas aligeradas expuestas a la intemperie en Huánuco, 2024 Evaluar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024 Evaluar la influencia de la dosificación de fibras recicladas de PVC en la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.	aligeradas expuestas a la concreto. Resistencia a la flexión del concreto. La dosificación de fibras recicladas de PVC influye en la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024. La dosificación de fibras recicladas de PVC influye en la resistencia a la flexión del concreto empleado en losas aligeradas en Huánuco, 2024.	intencional conformada por 44 moldes de concreto:11 especímenes sin fibras, 11 con 300 g/m ³ , 11 con 600 g/m ³ y 11 con 1200 g/m ³	análisis comparativo entre tratamientos y uso de ANOVA y prueba de Tukey según corresponda
---	--	---	--	--

ANEXO 2

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS:	
UBICACION:	
TESISTA:	
FECHA:	

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M – 18 ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM-INF"	ASTM "LIM-SUP"
4"							
3 1/2"							
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"							
# 4							
# 8							
# 16							
# 30							
# 50							
# 100							
Fondo	-	55.8	2.00	100.00	0.00	-	-
						MF	4.89
						TMN	1"

ANEXO 3

RESULTADOS DE ENSAYOS

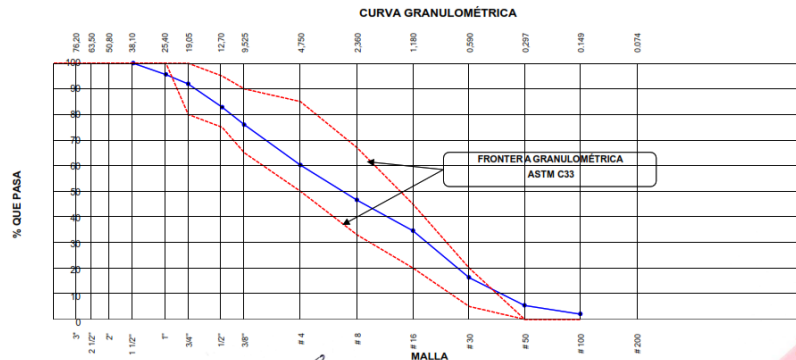


GEO ESTRUCTURAS
Especialistas en Geotecnia

TESIS	: "APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024"	Registro N°:	GE22-LEM-205-00
TESISTA	: BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ.	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: -	Ensayado por :	N. Salvador
Ubicación de Proyecto	: HUANUCO	Fecha de Ensayo:	Sep del 2024
Material	: Hormigón	Turno:	Diurno
Código de muestra	: ----		
Procedencia	: Cantera Chullqui		
N° de Muestra	: ----		
Progresiva	: ----		

INFORME: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
1"	25.00 mm	123.5	4.43	4.43	95.57	100.00	100.00
3/4"	19.00 mm	101.4	3.84	8.07	91.93	80.00	100.00
1/2"	12.50 mm	254.2	9.12	17.19	82.81	75.00	95.00
3/8"	9.50 mm	191.0	6.85	24.05	75.95	65.00	90.00
# 4	4.75 mm	437.9	15.72	39.77	60.23	50.00	85.00
# 8	2.36 mm	380.4	13.65	53.42	46.58	33.00	67.00
# 16	1.18 mm	335.0	12.02	65.44	34.56	20.00	45.00
# 30	600 µm	509.6	18.29	83.73	16.27	5.00	20.00
# 50	300 µm	303.3	10.89	94.62	5.38	0.00	0.00
# 100	150 µm	94.2	3.38	98.00	2.00	0.00	0.00
Fondo	-	55.6	2.00	100.00	0.00	-	-
						MF	4.89
						TMN	1"



GEO ESTRUCTURAS S.A.C.
Naun Salvador Salazar
TÉCNICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



📍 - Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
- Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Píllco Marca - Huánuco.

✉ geo.estructuras2020@gmail.com
☎ +51 982 008 201

TESIS:	APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024
UBICACION :	HUANUCO
TESISTA:	BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ.
FECHA:	AGOSTO DEL 2024

ENSAYO DE LOS ANGELES ASTM C-131 AASHTO T-96

TIPO DE ENSAYO : A

PESO ANTES DEL ENSAYO	5000.00	Gr.
PESO DESPUES DEL ENSAYO	3485.95	Gr.
DESGASTE LOS ANGELES	30.28%	%



GEO ESTRUCTURAS
Especialistas en Geotecnia

GEO ESTRUCTURAS S.A.C.
Naun Salvador Salazar
TECNICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



 - Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
- Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillico Marca - Huánuco.

 geo.estructuras2020@gmail.com
 +51 982 008 201

TESIS:	APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024
UBICACION :	HUANUCO
TESISTA:	BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ.
FECHA:	AGOSTO DEL 2024

ABSORCION DE AGREGADO FINO				
N° ENSAYO	01	02	03	04
PESO HUMEDO + VASIJA	1032.60	1041.00	1135.00	1203.00
PESO SECO + VASIJA	1027.00	1034.00	1127.00	1194.00
PESO DE LA VASIJA	334.00	336.00	324.00	384.50
PESO DEL AGUA	5.60	7.00	8.00	9.00
PESO DE LOS SOLIDOS	693.00	698.00	803.00	809.50
HUMEDAD DE ABSORCION	0.81	1.00	1.00	1.11
ABSORCION		0.98%		
ABSORCION DE AGREGADO GRUESO				
N° ENSAYO	01	02	03	04
PESO HUMEDO + VASIJA	1368.00	1091.90	1175.50	1244.40
PESO SECO + VASIJA	1360.30	1087.00	1171.00	1238.00
PESO DE LA VASIJA	334.60	330.50	334.10	341.20
PESO DEL AGUA	7.70	4.90	4.50	6.40
PESO DE LOS SOLIDOS	1025.70	756.50	836.90	896.80
HUMEDAD DE ABSORCION	0.75	0.65	0.54	0.71
ABSORCION		0.66%		

GEO ESTRUCTURAS S.A.C.

Naun Salvador Solazar
TÉCNICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



 - Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
- Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.

 geo.estructuras2020@gmail.com
 +51 982 008 201

TESIS:	*APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024*
UBICACION :	HUANUCO
TESISTA:	BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ.
FECHA:	AGOSTO DEL 2024

PESO UNITARIO SUELTO SECO (HORMIGON) - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	6030.00	5983.00	6010.00	5980.60
Peso del recipiente	gr.	1149.00	1149.00	1149.00	1149.00
Volumen de recipiente	cm3.	2827.43	2827.43	2827.43	2827.43
Peso del agregado grueso	gr.	4881.00	4834.00	4861.00	4831.60
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1726.30	1709.68	1719.23	1708.83

Peso Unitario Compacto seco	1716.01	Kg/m3.
-----------------------------	---------	--------



GEO ESTRUCTURAS S.A.C.
Naun Salvador Solazar
 TÉCNICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

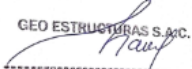
 - Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
 - Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pilco Marca - Huánuco.

 geo.estructuras2020@gmail.com
 +51 982 008 201

TESIS:	APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024
UBICACION :	HUANUCO
TESISTA:	BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ
FECHA:	AGOSTO DEL 2024

PESO UNITARIO COMPACTO SECO (HORMIGON) - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	6848.00	6770.00	6825.70	6780.60
Peso del recipiente	gr.	1149.00	1149.00	1149.00	1149.00
Volumen de recipiente	cm3.	2827.43	2827.43	2827.43	2827.43
Peso del agregado grueso	gr.	5699.00	5621.00	5676.70	5631.60
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	2015.61	1988.02	2007.72	1991.77

Peso Unitario Compacto seco	2000.78	Kg/m3.
-----------------------------	---------	--------

GEO ESTRUCTURAS S.A.C.

Naun Salvador Solazar
TÉCNICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



 - Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
- Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.

 geo.estructuras2020@gmail.com
 +51 982 008 201



GEO ESTRUCTURAS

Especialistas en Geotecnia

TESIS:	"APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024"
UBICACION :	HUANUCO
TESISTA:	BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ.
D MEZCLA PARA:	210Kg/Cm2

MATERIALES

CEMENTO : Portland STM, Tipo I, Marca "Andino"
AGREGADO HORMIGÓN : Proveniente de la Cantera "CHULLQUI"

DATOS DE LABORATORIO

Peso Especifico del Cemento :	3.18
Resistencia del concreto f_c :	210 kg/cm2

AGREGADOS

AGREGADO HORMIGÓN

Gravedad Especifica :	2.62
Modulo de Fineza :	4.89
% Absorción :	0.92
% Humedad :	1.12
P.U. Suelto Hormigón :	1716.01
P.U. Compacto Hormigón :	2000.78

VALORES DE DISEÑO

Tamaño Máximo :	1.00	*
Asentamiento "SLUMP" :	4.00	*
Relación A/C :	0.52	%
Aire Atrapado :	0.01	%
Agregado Hormigón :	1776.37	Kg

VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Cemento :	0.12	m3.
Agua :	19.60%	0.20 m3.
Aire atrapado : 0.01% :	0.01	m3.
Agreg. Hormigón :	67.80%	0.68 m3.
	1.00	m3.

CANTIDAD DE MATERIALES POR m3

Cemento :	365.38	kg.
Agua :	192.36	lt.
Agregado Hormigón :	1776.37	kg.

EXPRESIÓN DE LAS PROPORCIONES EN PESO

CEMENTO	HORMIGÓN	AGUA
1	4.9	0.53

CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA

Cemento :	42.5	42.50	kg
Agua :		22.37	lt
Agregado Hormigón :		206.62	kg
Peso Agregado Hormigón : .		50.75	kg/p3

DOSEIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento :	1.00	P3
Agua :	0.53	P3
Agregado Hormigón :	4.86	P3

BOLSAS DE CEMENTO POR m3

- Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
• Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.

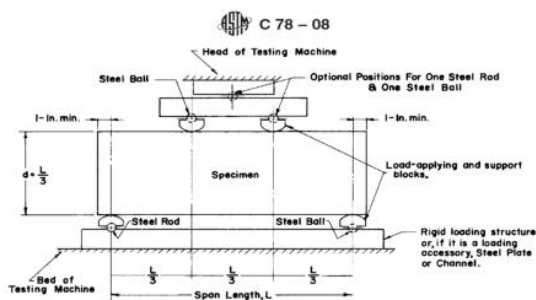


geo.estructuras2020@gmail.com
+51 982 008 201

TESIS	: APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUÁNUCO 2024	REALIZADO POR:	N. Salvador
TESISTA	: BACH. YAKSON PARDO SANCHEZ	REVISADO POR:	O. Salvador
UBICACIÓN DE PROYECTO	: HUÁNUCO	FECHA DE ENSAYO:	25/09/2024
FECHA DE EMISIÓN	: 25/09/2024	TURNOS:	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Prismas de concreto endurecido		
F _c de diseño	: 280 kg/cm ²		

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PRISMA SIN FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	45.6 kg/cm ²
PRISMA SIN FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	47.5 kg/cm ²
PRISMA SIN FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	48.9 kg/cm ²
CON 300 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	41.8 kg/cm ²
CON 300 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42.7 kg/cm ²
CON 300 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	45.9 kg/cm ²
CON 600 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	52.0 kg/cm ²
CON 600 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	52.3 kg/cm ²
CON 600 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	51.0 kg/cm ²
CON 1,200 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	48.1 kg/cm ²
CON 1,200 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	47.8 kg/cm ²
CON 1,200 g/m ³ DE FIBRAS DE PVC	28/08/2024	25/09/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	48.7 kg/cm ²



Fuente: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico del Interesado
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEO ESTRUCTURAS SAC

GEO ESTRUCTURAS S.A.C.
Nelson Salvador Salazar
TÉCNICO DE ENSAYOS DE GEOTECNIA



- Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
 - Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.

geo.estructuras2020@gmail.com
 +51 982 008 201



GEO ESTRUCTURAS

Especialistas en Geotecnia

TESIS

APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUÁNUCO 2024

REGISTRO N°: GEO24-LEM-004-01

TESISTA

: BACH. YAKSON PARDO SANCHEZ

REALIZADO POR : N. Salvador

REVISADO POR : —

UBICACIÓN DE PROYECTO : HUÁNUCO

FECHA DE ENSAYO : 04/09/2024

FECHA DE EMISIÓN : 04/09/2024

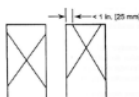
TURNO : Diurno

INFORME: METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON

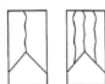
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8"
F'c de diseño : Indicada en la identificación

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-20

Probeta Nro	IDENTIFICACIÓN	F'c (Kg/cm²)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	AREA (cm²)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (KN)	FUERZA MÁXIMA (Kgf)	ESFUERZO (Kg/cm²)
001	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.00	20.00	78.5	3	2.00	160.00	16315.20	207.7
002	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.05	20.05	79.3	2	2.00	160.20	16335.59	205.9
003	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.10	20.10	80.1	2	1.99	159.40	16254.02	202.9
004	CON 300 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.02	20.03	78.9	3	2.00	161.20	16437.56	208.5
005	CON 300 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.03	20.03	78.9	3	2.00	161.40	16457.06	208.5
006	CON 300 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.03	20.02	79.0	3	2.00	162.30	16549.73	209.5
007	CON 600 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.00	20.00	78.5	3	2.00	164.80	16804.66	214.0
008	CON 600 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.00	20.02	78.5	3	2.00	166.40	16967.81	216.0
009	CON 600 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.00	20.03	78.5	2	2.00	168.20	17151.35	218.4
010	CON 1,200 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.02	20.10	78.9	3	2.01	158.70	16182.64	205.2
011	CON 1,200 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.01	20.05	78.7	3	2.00	158.10	16121.46	204.9
012	CON 1,200 g/m³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	04/09/2024	7	10.00	20.00	78.5	3	2.00	160.50	16366.19	208.4



Tipo 1
Conos rotacionales bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de muesca de 1 in (25 mm)



Tipo 2
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales enclavadas a través de ambos extremos, como no bien formados



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpes suaves con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas en los lados en las partes superior e inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es portugués

FIG. 3 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.95	0.90	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths
		2 cylinders
6 by 12 in. (150 by 300 mm)		3 cylinders
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %
4 by 8 in. (100 by 200 mm)		
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %

Fuente: ASTM C39

GEO ESTRUCTURAS S.A.C.
Néstor Schreiber Gilman
Ingeniero de Estructuras



Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Píllco Marca - Huánuco.

geo.estructuras2020@gmail.com
+51 982 008 201

TESIS : APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUÁNUCO 2024
TESISTA : BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ
UBICACIÓN DE PROYECTO : HUÁNUCO
FECHA DE EMISIÓN : 11/09/2024

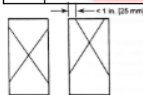
REGISTRO N°: GEO24-LEM-004-01
REALIZADO POR : N. Salvador
REVISADO POR : ---
FECHA DE ENSAYO : 11/09/2024
TURNOS : Diurno

INFORME: METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN

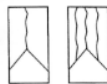
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8"
Fc de diseño : Indicada en la identificación

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-20

Probeta Nro	IDENTIFICACIÓN	F'c (Kg/cm ²)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	AREA (cm ²)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MAXIMA (KN)	FUERZA MAXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
001	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.00	78.5	3	2.00	170.40	17375.69	221.2
002	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.01	78.5	3	2.00	169.20	17253.32	219.7
003	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.01	78.5	3	2.00	168.70	17202.34	219.0
004	CON 300 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.01	78.5	3	2.00	164.30	16753.67	213.3
005	CON 300 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.05	20.02	79.3	2	1.99	164.00	16723.08	210.8
006	CON 300 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.10	20.02	80.1	3	1.98	163.90	16712.88	208.6
007	CON 600 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.00	78.5	3	2.00	165.80	16906.63	215.3
008	CON 600 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.01	20.02	78.7	3	2.00	166.40	16967.81	215.6
009	CON 600 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.02	20.03	78.9	2	2.00	168.70	17202.34	218.2
010	CON 1,200 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.01	78.5	3	2.00	162.40	16559.93	210.8
011	CON 1,200 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.01	78.5	3	2.00	161.50	16468.16	209.7
012	CON 1,200 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	11/09/2024	14	10.00	20.00	78.5	3	2.00	161.80	16498.75	210.1



Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



Tipo 2
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales encoformadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpe suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas en los lados en las partes superior e inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

FIG. 2 Esquema de los Modos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEO ESTRUCTURAS SAC

GEO ESTRUCTURAS S.A.C.
Nelson Salvador
TÉCNICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



geo.estructuras2020@gmail.com

+51 982 008 201

- Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
- Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.



GEO ESTRUCTURAS

Especialistas en Geotecnia

TESIS : APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024

TESISTA : BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ

UBICACIÓN DE PROYECTO : HUANUCO

FECHA DE EMISIÓN : 18/09/2024

REGISTRO N°: GEO24-LEM-004-01

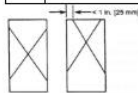
REALIZADO POR : N. Salvador
REVISADO POR : ---
FECHA DE ENSAYO : 21/09/2024
TURNO : Diurno

INFORME: MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

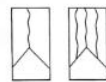
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8"
F.C. de diseño : Indicada en la identificación

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-20

Probeta Nro	IDENTIFICACIÓN	F _c (Kg/cm ²)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	TIPO DE FALLA	RELACION ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kN)	FUERZA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kgf/cm ²)
001	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.00	20.01	78.5	3	2.00	172.60	17600.02	224.1
002	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.05	20.02	79.3	3	1.99	173.20	17661.20	222.6
003	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.10	20.03	80.1	3	1.98	173.80	17722.39	221.2
004	CON 300 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.00	20.00	78.5	3	2.00	168.90	17222.73	219.3
005	CON 300 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.02	20.00	78.8	3	2.00	168.20	17151.35	217.7
006	CON 300 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.03	20.00	79.0	3	1.99	167.40	17069.78	216.0
007	CON 600 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.02	20.00	78.9	3	2.00	173.40	17681.60	224.2
008	CON 600 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.01	20.00	78.7	2	2.00	172.90	17630.61	224.0
009	CON 600 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.00	20.00	78.5	2	2.00	172.80	17620.42	224.4
010	CON 1200 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.00	20.04	78.5	3	2.00	165.70	16896.43	215.1
011	CON 1200 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.00	20.02	78.5	2	2.00	165.30	16855.64	214.6
012	CON 1200 gm3 DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	18/09/2024	21	10.00	20.00	78.5	3	2.00	164.80	16804.66	214.0



Tipo 1
Concreto razonablemente bien formado en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



Tipo 2
Concreto bien formado en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, como no bien formadas



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos, golpeado suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas en los lados en las partes superior e inferior (ocurre consistentemente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es postigado

FIG. 2 Esquema de los Modos de Fractura Típicos

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.90	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths 2 cylinders	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths 3 cylinders
8 by 12 in. [150 by 300 mm] Laboratory conditions Field conditions	2.4 % 2.8 %	6.6 % 8.0 %	7.8 % 9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm] Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEO ESTRUCTURAS SAC

Nelson Salvador Sánchez
Ingeniero Civil en Geotecnia
TÉCNICO DE ENSAYOS DE RESISTENCIA



Fuente: ASTM C39

Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen, Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Pillco Marca - Huánuco.

geo.estructuras2020@gmail.com
+51 982 008 201

TESIS : "APLICACIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE PVC PARA PREVENIR FISURAMENTOS Y AGRIETAMIENTOS DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS COMO ALTERNATIVA ANTE EL USO DE SELLADORES - HUANUCO 2024"

TESISTA : BACH. YAKSON PARDO SÁNCHEZ.

UBICACIÓN DE PROYECTO : HUANUCO

FECHA DE EMISIÓN : 25/09/2024

REGISTRO N°: GEO24-LEM-004-01

REALIZADO POR : N. Salvador

REVISADO POR : ---

FECHA DE ENSAYO : 21/09/2024

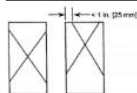
TURNO : Diurno

INFORME: MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

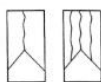
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8"
F.c de diseño : Indicado en la identificación

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-20**

Probeta Nro	IDENTIFICACIÓN	F _c (Kg/cm ²)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	TIPO DE FALLA	RELACION ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (KN)	FUERZA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kgf/cm ²)
001	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.10	20.00	80.1	3	1.98	200.30	20424.59	254.9
002	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.05	20.00	79.3	2	1.99	194.60	19843.36	250.1
003	SIN FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.00	20.00	78.5	3	2.00	190.70	19445.68	247.6
004	CON 300 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.00	20.03	78.5	3	2.00	184.30	18793.07	239.3
005	CON 300 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.01	20.02	78.7	2	2.00	185.40	18905.24	240.2
006	CON 300 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.02	20.00	78.9	3	2.00	186.30	18997.01	240.9
007	CON 600 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.01	20.00	78.7	3	2.00	188.20	19190.75	243.9
008	CON 600 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.01	20.03	78.6	2	2.00	188.40	19211.15	244.4
009	CON 600 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.00	20.05	78.5	2	2.01	189.40	19313.12	245.9
010	CON 1,200 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.00	20.00	78.5	3	2.00	183.70	18731.89	238.5
011	CON 1,200 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.00	20.02	78.5	3	2.00	183.40	18701.30	238.1
012	CON 1,200 gr/m ³ DE FIBRAS DE PVC	210	28/08/2024	25/09/2024	28	10.00	20.04	78.5	3	2.00	182.70	18629.92	237.2



Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisura a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



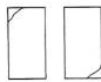
Tipo 2
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos no bien formados



Tipo 4
Fisura diagonal sin fisuras a través de los extremos, golpe suavemente con un martillo para distinguir del Tipo 1



Tipo 5
Fisuras en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5, pero el extremo del cilindro es partiagado

FIG. 2 Esquema de los Modos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation*	Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm]			
Laboratory conditions	3.2 %	8.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEO ESTRUCTURAS SAC

GEO ESTRUCTURAS S.A.C.
Nelson Salvador Salazar
TÉCNICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Urb. Marabamba N° Parc. 35 CPMen. Marabamba, (cerca al Penal de Potracancha)
Car. Central N° 3033 CPMen Vilcar Cayhuayna (Frente al Colegio J. Velazco Alvarado)
Píllco Marca - Huánuco.

geo.estructuras2020@gmail.com

+51 982 008 201

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 11

Las imágenes corresponden al cortado del material tubo pvc (reciclado)



Figura 12

Las imágenes corresponden al acabado final del pvc



Figura 13

Las imágenes corresponden al encofrado de vigas



Figura 14

Las imágenes corresponden al llenado y perfilado de vigas de concreto



Figura 15

Las imágenes corresponden el echado de aceite en moldes de probeta, para el llenado de concreto



Figura 16

Las imágenes corresponden al llenado y perfilado de probetas de concreto



Figura 17

Las imágenes corresponden al llenado y perfilado de probetas de concreto



Figura 18

Las imágenes corresponden al curado de probetas de vigas de concreto



Figura 19

Las imágenes corresponden al tesista listo para romper las probetas de concreto



Figura 20

Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 7 días



Figura 21

Concreto sin fibras recicladas de pvc (0 gr/m3). A los 7 días

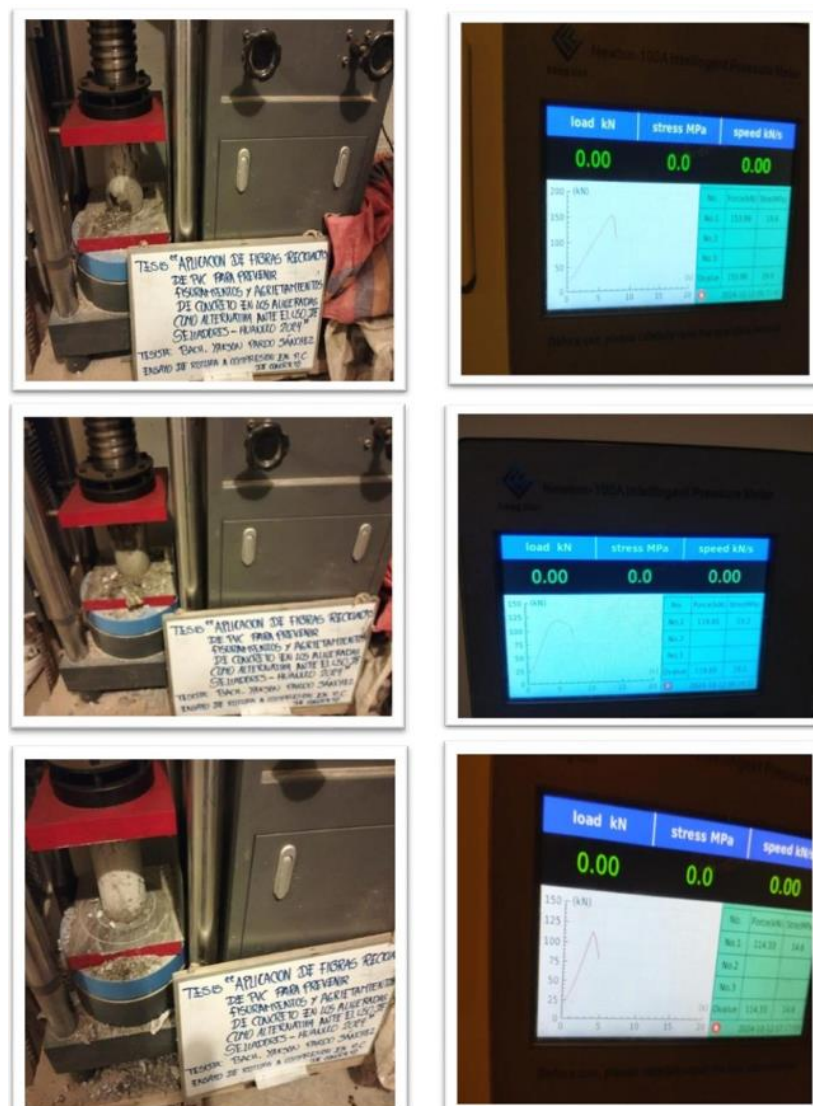


Figura 22

Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m3). A los 07 días



Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m3). A los 07 días



Figura 24

Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m3). A los 07 días

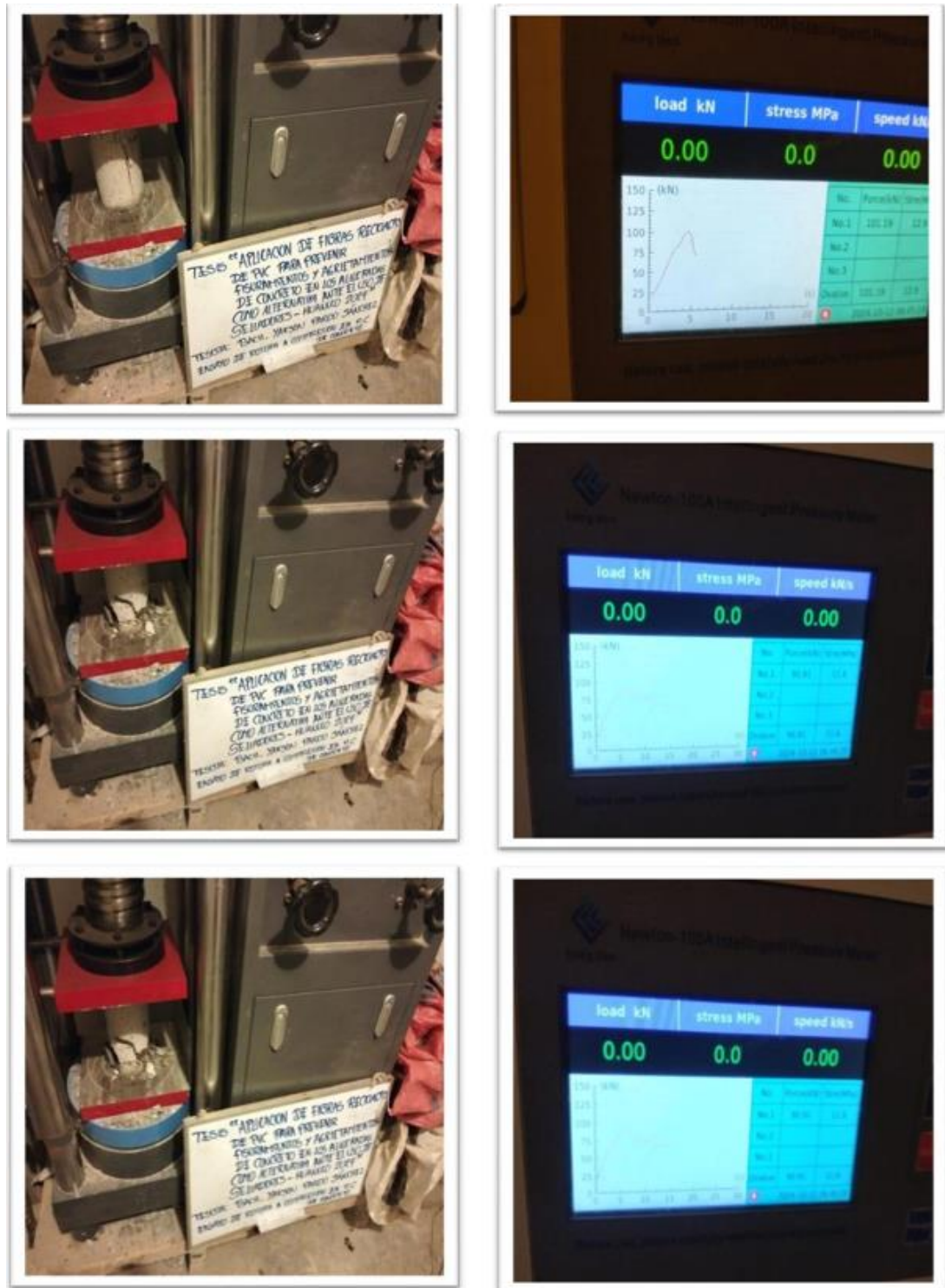


Figura 25

Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 14 días



Figura 26

Concreto sin fibras recicladas de pvc (0 gr/m³) a los 14 días.

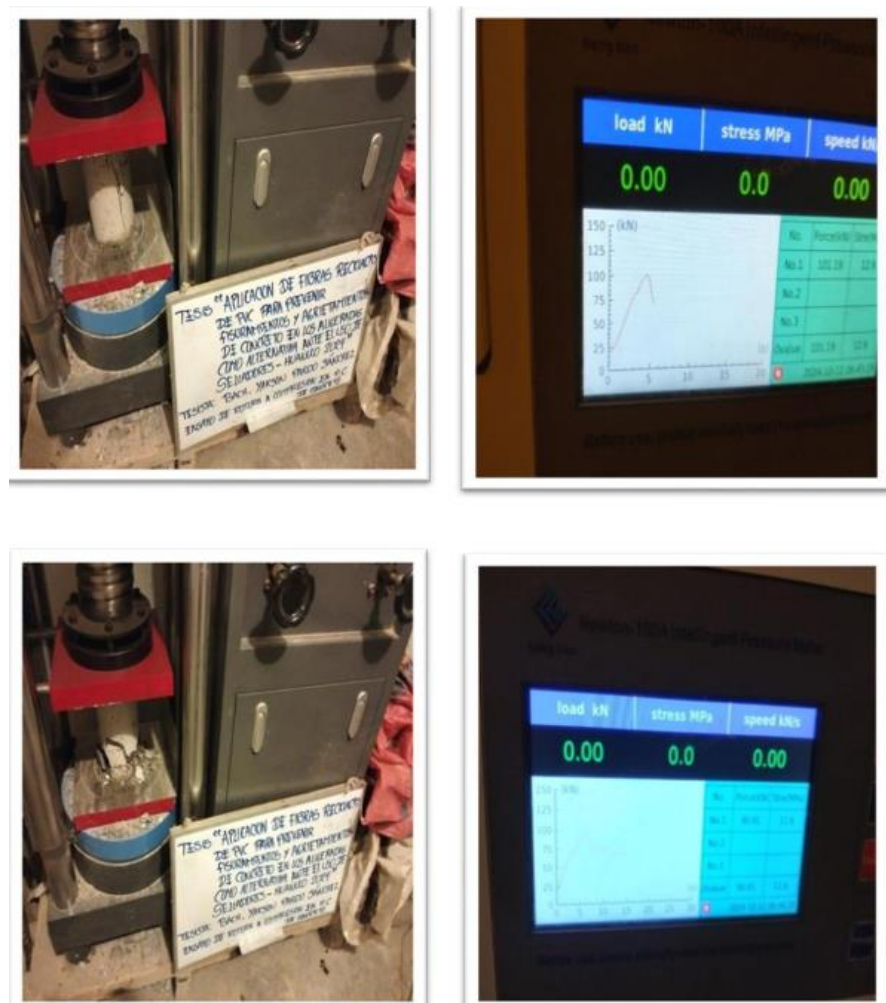


Figura 27

Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m3) a los 14 días

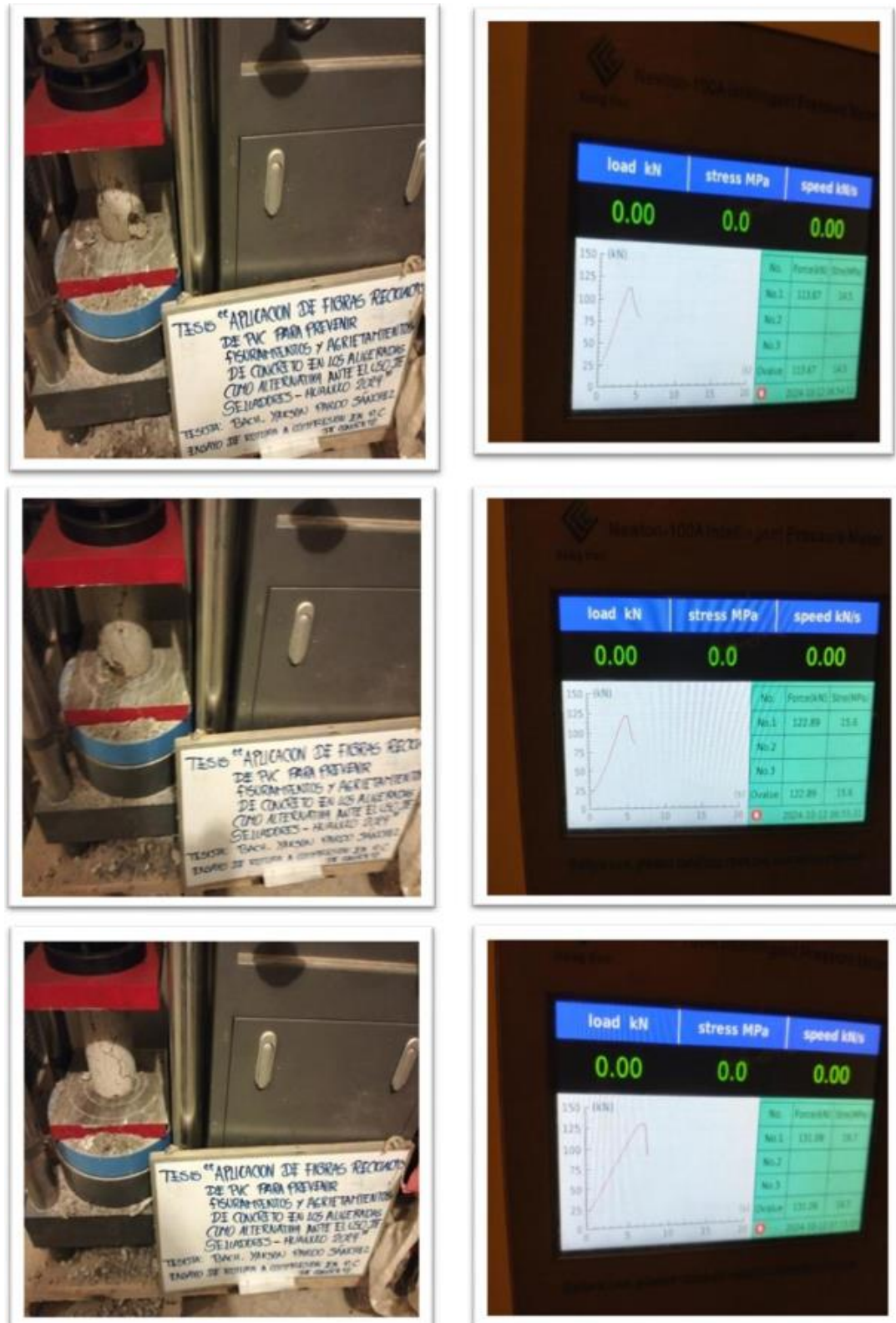


Figura 28

Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m3) a los 14 días

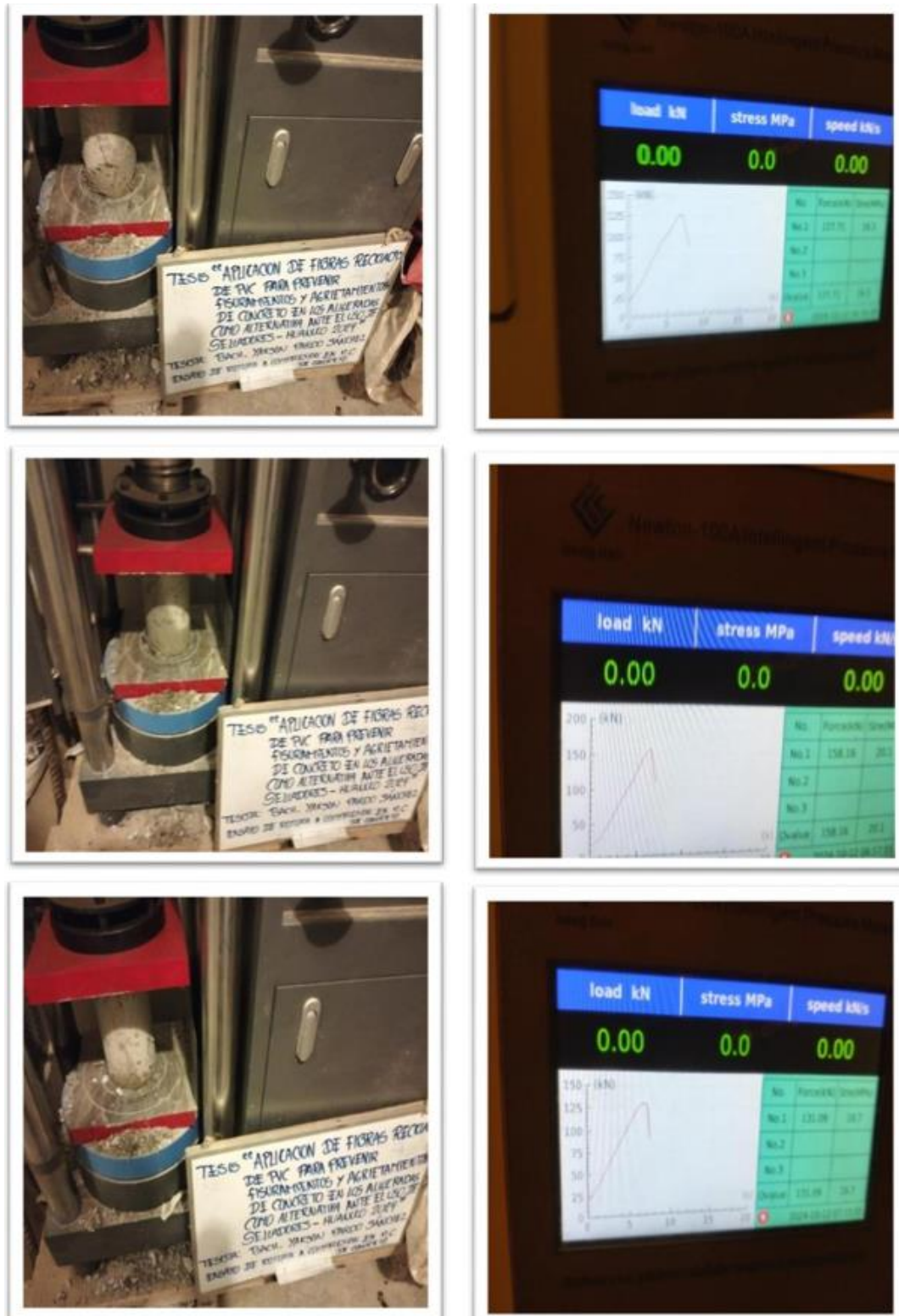


Figura 29

Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m3) a los 14 días

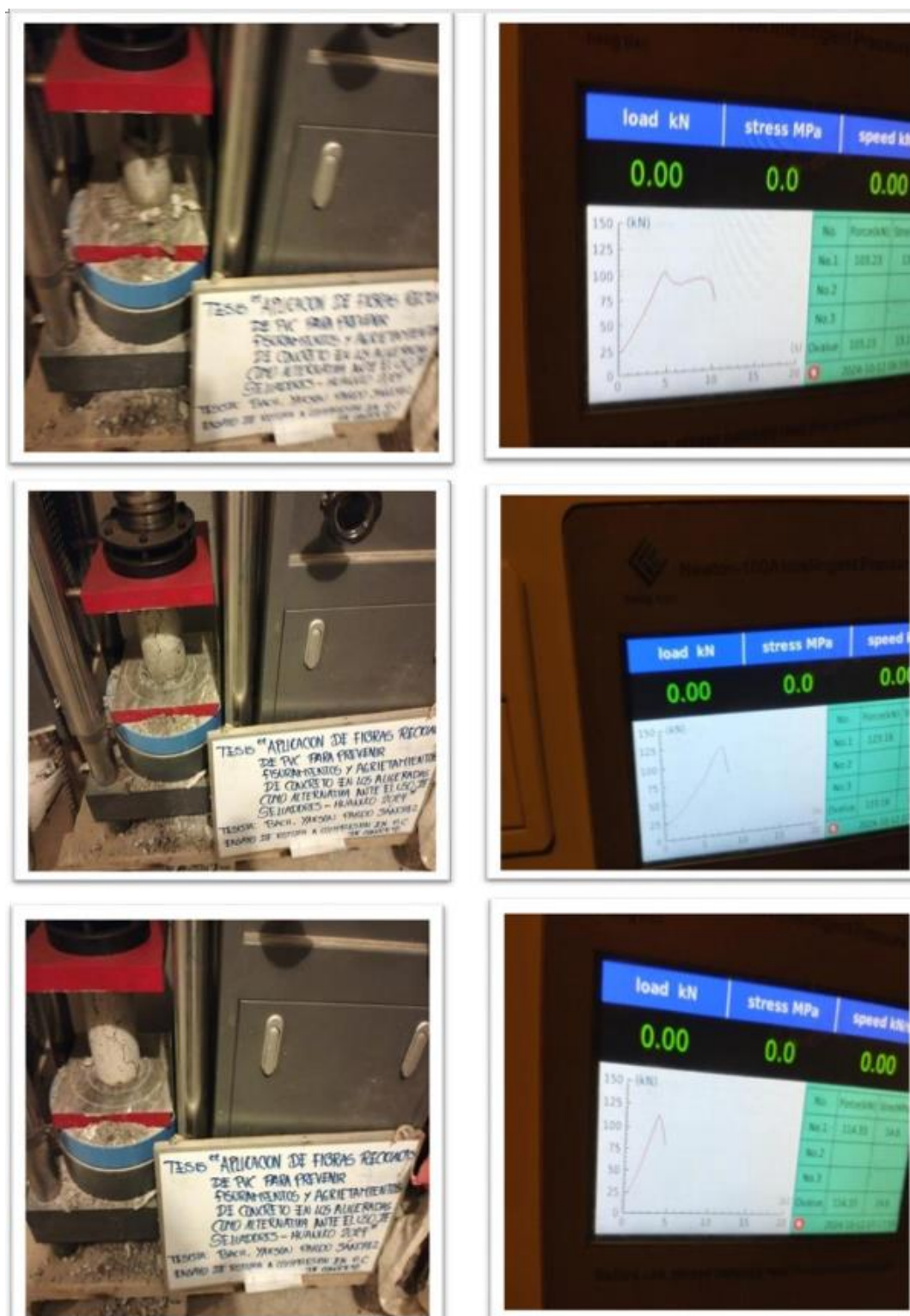


Figura 30

Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 21 días



Figura 31

Concreto sin fibras recicladas de pvc (0 gr/m³) a los 21 días

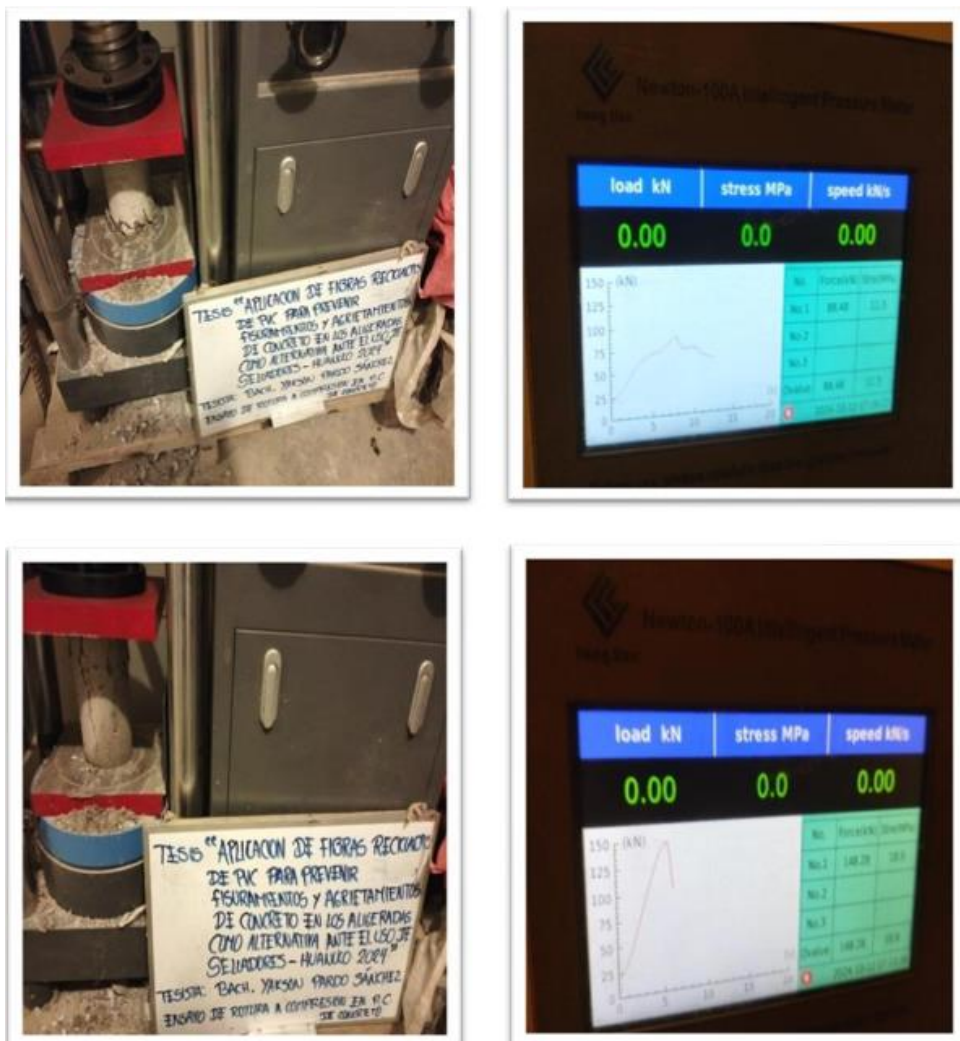


Figura 32

Concreto sin fibras recicladas de pvc (300 gr/m³) a los 21 días

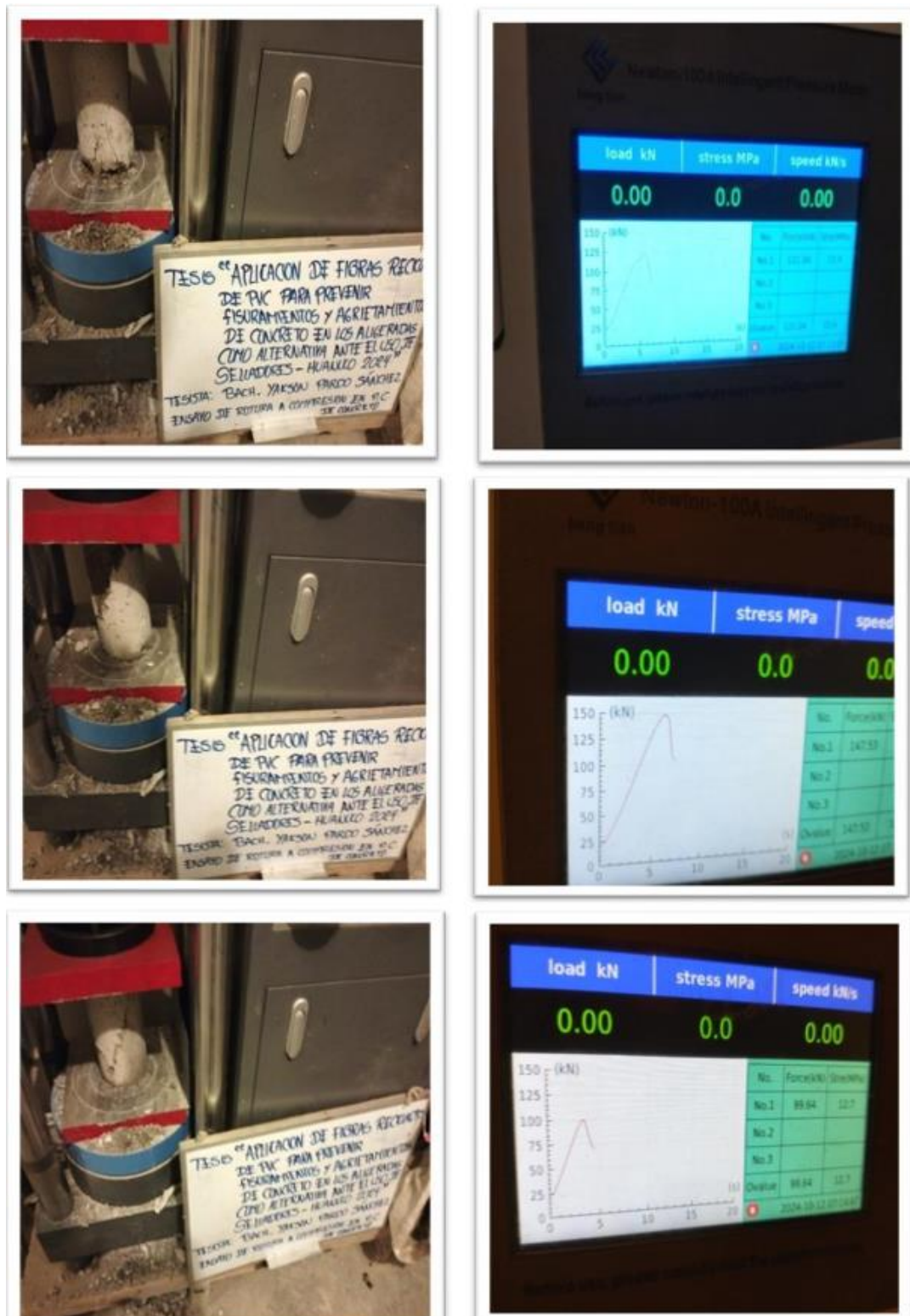


Figura 33

Concreto sin fibras recicladas de pvc (600 gr/m³) a los 21 días

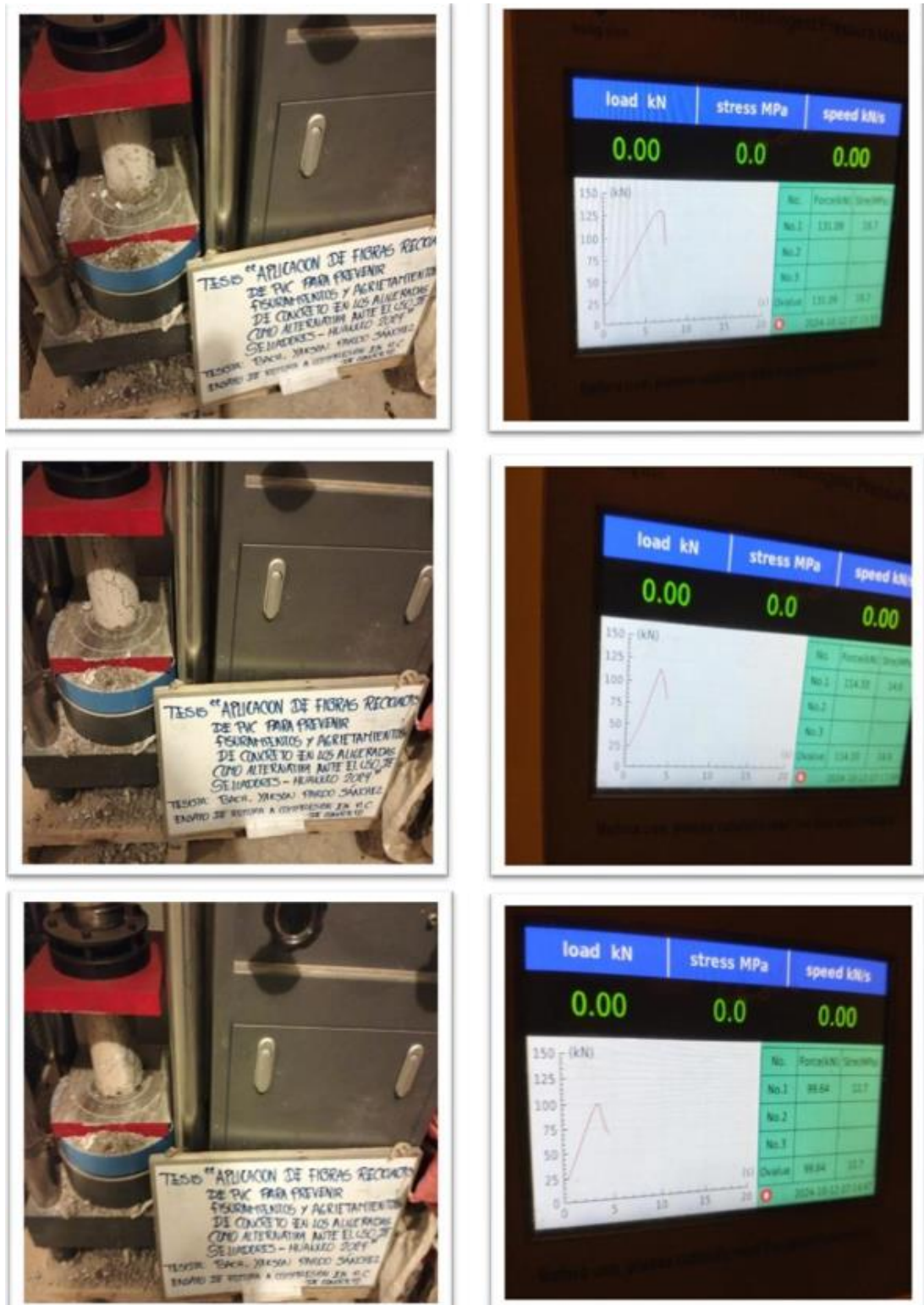


Figura 34

Concreto sin fibras recicladas de pvc (1200 gr/m³) a los 21 días

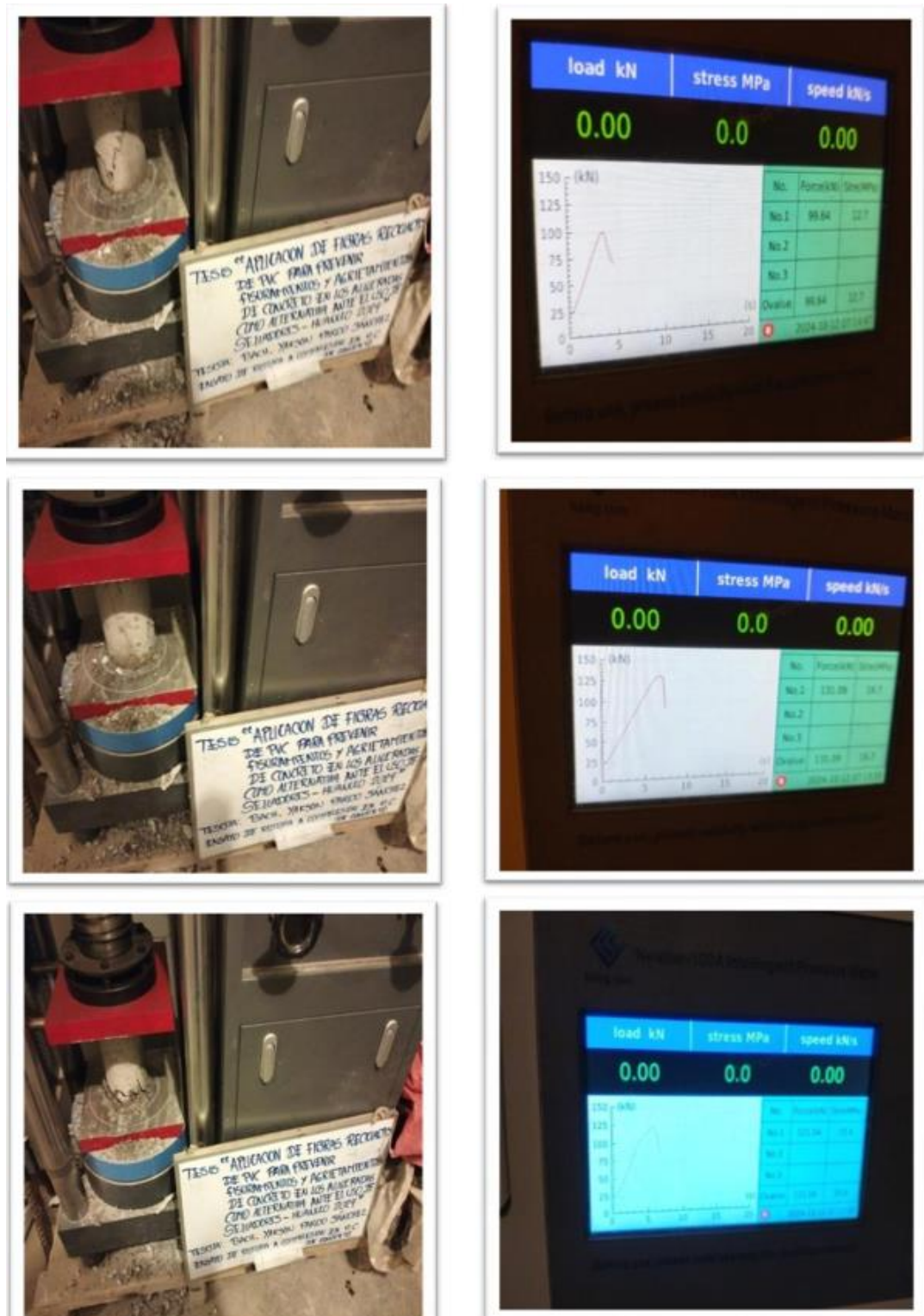


Figura 35

Ensayos de rotura de probetas de concreto a los 28 días



Figura 36

Concreto con fibras recicladas de pvc (0 gr/m3) a los 28 días



Figura 37

Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m³) a los 28 días

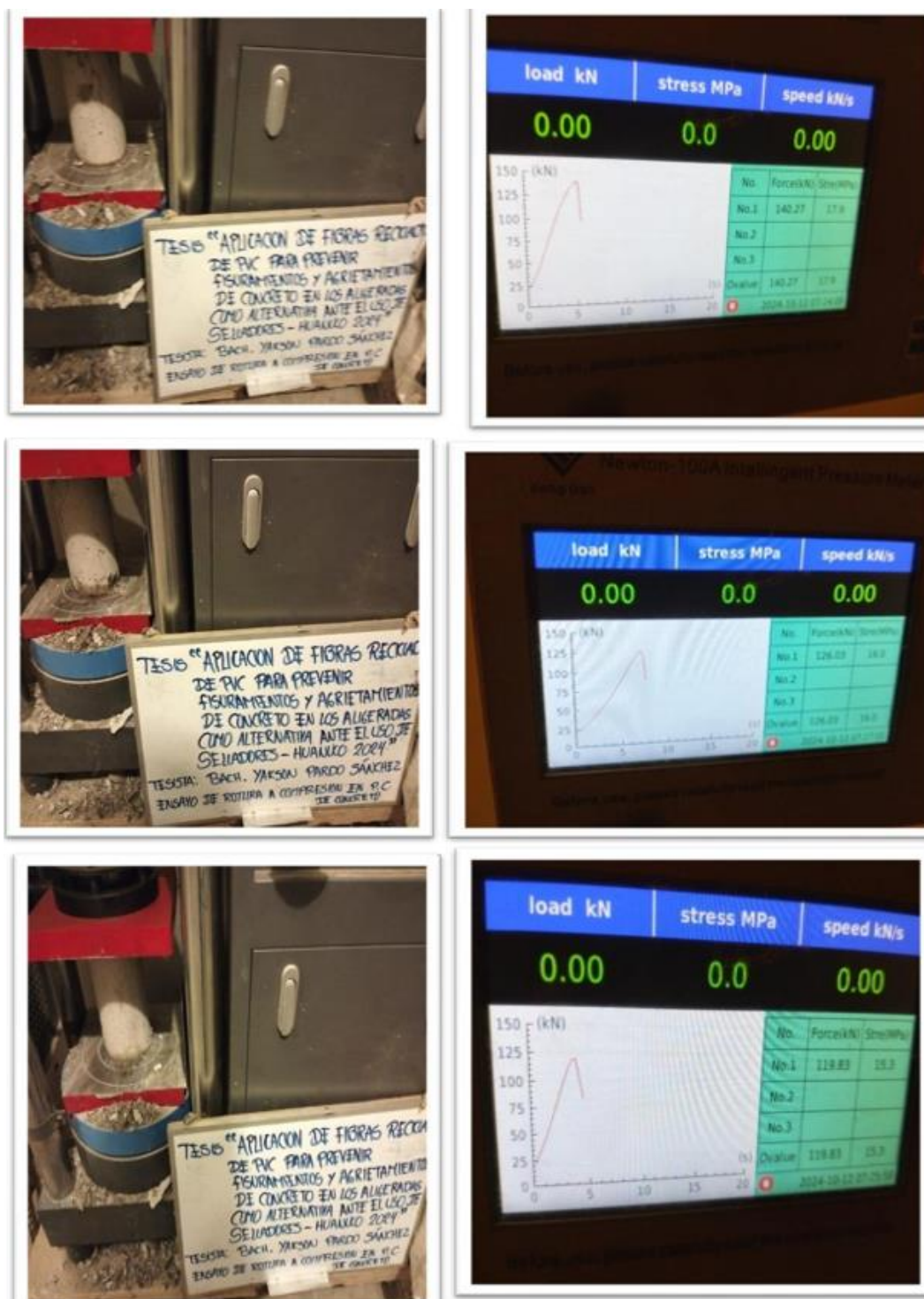


Figura 38

Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m3) a los 28 días

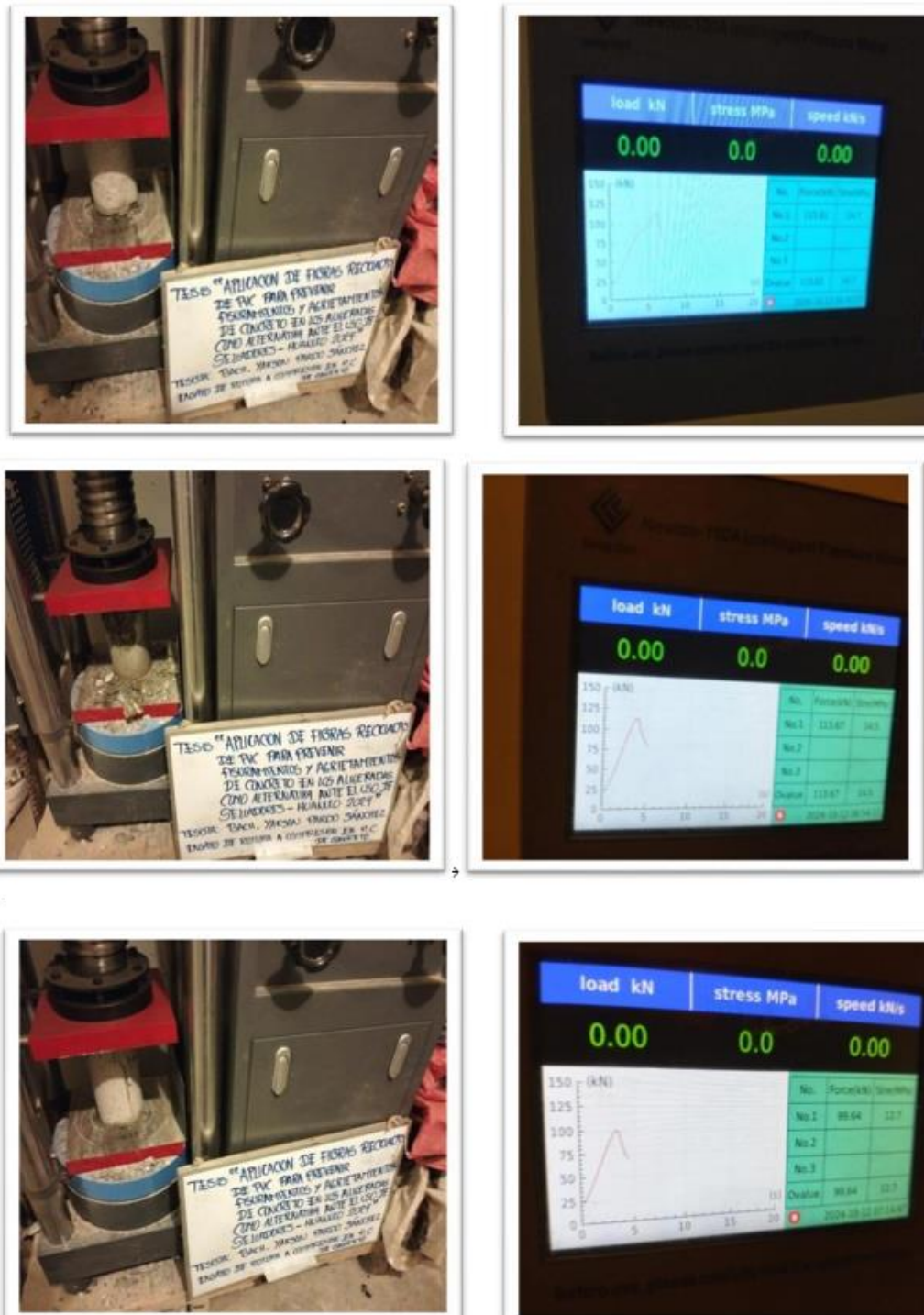


Figura 39

Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m³) a los 28 días

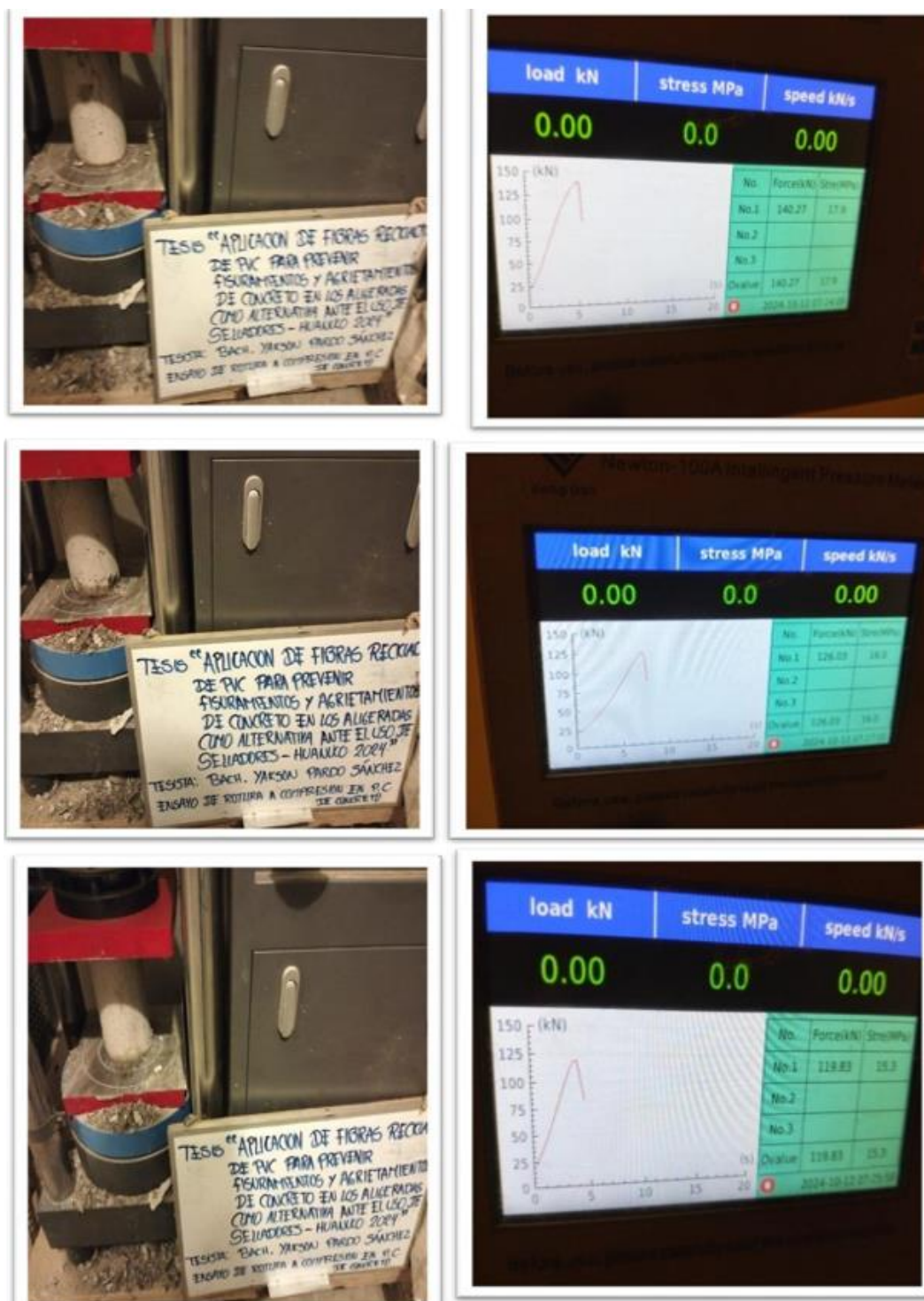


Figura 40

Ensayos de rotura de vigas de concreto

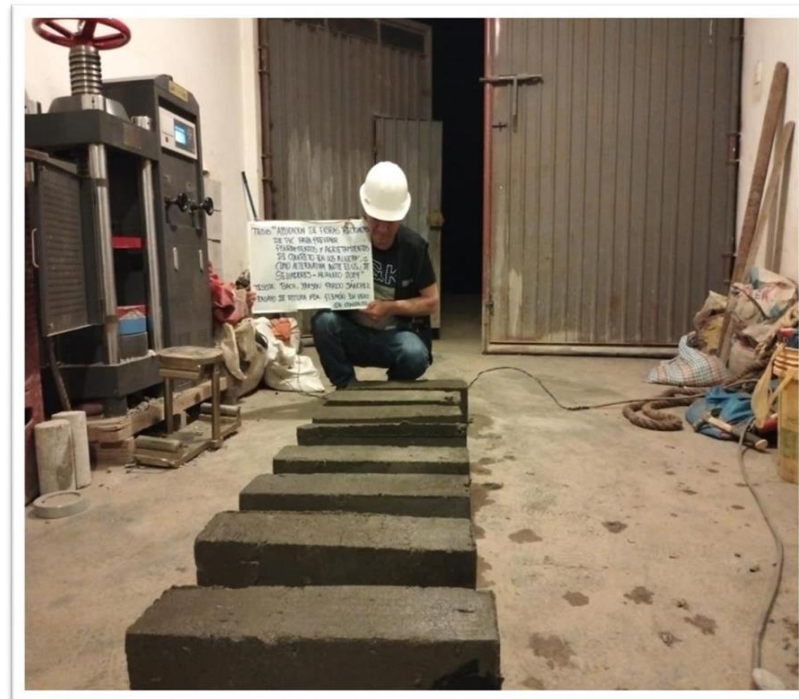


Figura 41

Concreto con fibras recicladas de pvc (0 gr/m3) a los 28 días



Figura 42

Concreto con fibras recicladas de pvc (300 gr/m3) a los 28 días



Figura 43

Concreto con fibras recicladas de pvc (600 gr/m3) a los 28 días



Figura 44

Concreto con fibras recicladas de pvc (1200 gr/m3) a los 28 días

