

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“La influencia de la adición de fibras de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $f'_c=210$ kg/cm, Huánuco - 2024”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
CIVIL**

AUTORA : Sanchez Lucas, Vanessa Raquel

ASESOR: Taboada Trujillo, William Paolo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

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 Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73382890

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40847625

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-4594-1491

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Valdivieso Echevarría, Martín César	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433

D

H



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 16:30 horas del día lunes 15 de diciembre de 2025, 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:

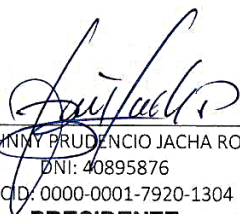
❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIEZO ECHEVARRIA	SECRETARIO
❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2686-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA UN CONCRETO DE BAJA RESISTENCIA $F'c=210$ KG/CM, HUÁNUCO – 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

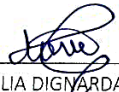
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas; procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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 1.4 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 17:25 horas del día 15 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
PRESIDENTE


MG. MARTIN CESAR VALDIVIEZO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
SECRETARIO (A)


MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS, de la investigación titulada "LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA UN CONCRETO DE BAJA RESISTENCIA $F'C=210$ KG/CM, HUÁNUCO - 2024", con asesor(a) WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0985-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 19 % 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, 25 de febrero de 2025



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

31. Vanessa Raquel Sanchez Lucas.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

7%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

5

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Me gustaría agradecer a mis padres que me han apoyado durante todo mi camino de estudios, me han brindado amor, han asegurado mi felicidad y formación profesional y han sido un pilar importante en mi vida. Me da confianza en cada desafío que enfrento en la vida y nunca dudo de mis habilidades.

AGRADECIMIENTO

Agradecer Mg. William Paolo Taboada Trujillo, en sus constantes sugerencias sobre este estudio, ha dado en todo momento frutos para mis esfuerzos. Gracias a mi padre que fue un ejemplo para mí y me inculcó los valores de la responsabilidad, la puntualidad y lo más importante ser cada día mejor persona, gracias por guiarme con tus inevitables lecciones y anécdotas de vida y camino.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURA	XII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	19
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN EN INGENIERÍA	20
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA	21
1.4.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	21
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA	22
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA	22
1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL	22
CAPÍTULO II	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	25

2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2.	BASES TEÓRICAS	28
2.2.1.	HORMIGÓN FORTALECIDO CON FIBRAS	28
2.2.2.	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.....	30
2.2.3.	CONCRETO	33
2.2.4.	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	36
2.2.5.	FIBRA DE POLIPROPILENO DE GRAN TAMAÑO	37
2.2.6.	DISEÑO DE MEZCLA	41
2.2.7.	PAVIMENTOS	41
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	45
2.3.1.	RELACIÓN AGUA/ CEMENTO	46
2.4.	HIPÓTESIS	49
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	49
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	50
2.5.	VARIABLES.....	50
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	50
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	50
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	51
	CAPÍTULO III	53
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	53
3.1.1.	ENFOQUE.....	53
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	53
3.1.3.	DISEÑO.....	53
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	54
3.2.1.	POBLACIÓN	54
3.2.2.	MUESTRA.....	54
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	55
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	56
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	57
	CAPÍTULO IV.....	58
	RESULTADOS.....	58
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	58

4.1.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS	58
4.1.2.	PRUEBA DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES	59
4.1.3.	ENSAYO DE DENSIDAD Y POROSIDAD DE LOS AGREGADOS	64
4.1.4.	PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS AGREGADOS	68
4.1.5.	PRUEBA DE DENSIDAD RELATIVA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.....	73
4.1.6.	PRUEBA DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS 1/2"	77
4.1.7.	ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½") ..	80
4.1.8.	DISEÑO DE MEZCLAS	84
4.1.9.	CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES.....	87
4.1.10.	PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE CONCRETO	96
4.1.11.	ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO FRESCO.	105
4.1.12.	PRUEBAS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO QUE HA ALCANZADO SU ESTADO ENDURECIDO.....	105
4.1.13.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	108
4.1.14.	HALLAZGOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL HORMIGÓN UNA VEZ QUE HA ALCANZADO SU ESTADO DE ENDURECIMIENTO.....	109
4.1.15.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	114
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	124
4.2.1.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS A FLEXIÓN.....	124
	CAPÍTULO V.....	131
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	131
5.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	131
	CONCLUSIONES	137

RECOMENDACIONES.....	138
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
ANEXOS.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	51
Tabla 2 Distribución de la muestra convencional y las muestras según el porcentaje de la incorporación de las fibras de HDPE respecto del peso húmedo de la mezcla.....	55
Tabla 3 Orígenes, técnicas y dispositivos de recolección de datos	56
Tabla 4 El nivel de humedad del agregado fino	62
Tabla 5 El porcentaje de humedad de los agregados gruesos	63
Tabla 6 Peso Unitario del agregado (1/2")	66
Tabla 7 Peso Unitario del agregado 1/2"	67
Tabla 8 Determinación granulométrica del agregado fino.....	71
Tabla 9 Evaluación granulométrica de los agregados gruesos 1/2".....	72
Tabla 10 Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1/2"	79
Tabla 11 Cálculo de los valores del ensayo de abrasión los ángeles	83
Tabla 12 Cálculo del porcentaje de desgaste	83
Tabla 13 Propiedades físicas de los agregados	86
Tabla 14 Absorción de los agregados.....	88
Tabla 15 Contenido de humedad de los agregados	88
Tabla 16 Peso unitario de los agregados.....	89
Tabla 17 Tamaño máximo nominal de los agregados	89
Tabla 18 Módulo de fineza de los agregados	89
Tabla 19 Peso específico de los agregados	89
Tabla 20 La resistencia promedio a la compresión requerida se determina cuando no se dispone de datos para calcular la desviación estándar de la muestra.....	90
Tabla 21 Elección del volumen unitario de agua para agregados de 1/2 pulgada	91
Tabla 22 Contenido de aire retenido en la mezcla.....	91
Tabla 23 Proporciones de agua/cemento	91
Tabla 24 Índice de cement.....	92

Tabla 25 Volumen absoluto de la pasta ($\frac{1}{2}$ ")	92
Tabla 26 Volumen de los agregados	93
Tabla 27 Índice de finura de la mezcla de agregados.....	93
Tabla 28 El valor del módulo de fineza que asegura la trabajabilidad deseada en función de los contenidos de cemento especificados en sacos por metro cúbico	94
Tabla 29 Porcentaje de participación del agregado fino y grueso (tamaño de $\frac{1}{2}$ pulgada).....	94
Tabla 30 Volumen absoluto de los agregados ($\frac{1}{2}$ ")	95
Tabla 31 Masas secas de los agregados (tamaño de $\frac{1}{2}$ ")	95
Tabla 32 Valores de diseño preliminar ($\frac{1}{2}$ ")	95
Tabla 33 Separación de los finos y agregados gruesos ($\frac{1}{2}$ ").....	95
Tabla 34 Aporte de agua ($\frac{1}{2}$ ").....	96
Tabla 35 Aporte de agua real ($\frac{1}{2}$ ").....	96
Tabla 36 Proporciones definitivas en kg. y lt. ($\frac{1}{2}$ ")	96
Tabla 37 Volumen de concreto para una vigueta utilizando agregado de $\frac{1}{2}$ "	99
Tabla 38 Proporciones definitivas para las muestras.....	100
Tabla 39 Acomodo o nivelación del hormigón	108
Tabla 40 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0 % de pet.....	109
Tabla 41 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0.2 % de pet.....	110
Tabla 42 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0.6 % de pet.....	110
Tabla 43 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0.8 % de pet.....	110
Tabla 44 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0 % de pet.....	111
Tabla 45 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0.2 % de pet.....	111

Tabla 46 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0.6 % de pet.....	111
Tabla 47 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0.8 % de pet.....	112
Tabla 48 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0 % de pet.....	112
Tabla 49 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0.2 % de pet.....	112
Tabla 50 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0.6 % de pet.....	113
Tabla 51 Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0.8 % de pet.....	113
Tabla 52 Resumen de las capacidades de resistencia a la flexión del material conocido como (polietileno + piedra ½”)	113
Tabla 53 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (+ piedra ½”)	115
Tabla 54 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto sin presencia de polietileno, (+ piedra ½”).....	117
Tabla 55 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.2 % + piedra ½”).....	117
Tabla 56 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.2 % + piedra ½”).....	119
Tabla 57 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.6 % + piedra ½”).....	119
Tabla 58 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.6 % + piedra ½”).....	121
Tabla 59 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.8 % + piedra ½”).....	121
Tabla 60 Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.8 % + piedra ½”).....	123

Tabla 61 Datos estadísticos del concreto con 0.0% de polietileno y el concreto con 0.2% de polietileno a los 28 días.....	124
Tabla 62 Datos estadísticos del concreto con 0.0% de polietileno y el concreto con 0.06% de polietileno a los 28 días.....	126
Tabla 63 Datos estadísticos del concreto con 0.0% de polietileno y el concreto con 0.8% de polietileno a los 28 días.....	128
Tabla 64 Registro de datos para la prueba de consistencia (Slump), t50 e índice de estabilidad visual (VSI).....	155
Tabla 65 Registro de datos para el peso unitario del concreto en estado fresco	155
Tabla 66 Hoja de recolección de datos para peso unitario del concreto	156
Tabla 67 Hoja de recolección de datos para resistencia a la compresión del concreto	157
Tabla 68 Hoja de recolección de datos para resistencia a la flexión del concreto	158
Tabla 69 Hoja de recolección de datos para el módulo de elasticidad del concreto	159

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Esquema del diseño de la tesis por faces.....	54
Figura 2 Tamizado de los agregados gruesos	58
Figura 3 Determinación del contenido de humedad.....	61
Figura 4 Contenido de humedades del agregado fino	62
Figura 5 Contenido de humedades del agregado grueso	63
Figura 6 Compactación de los agregados	65
Figura 7 Pesos unitarios suelto de los agregados finos.....	67
Figura 8 Pesos unitarios compactado de los agregados finos.....	67
Figura 9 Pesos unitarios suelto de los agregados grueso	68
Figura 10 Pesos unitarios compactado de los agregados gruesos.....	68
Figura 11 Material y prueba de la evaluación granulométrica del agregado .	70
Figura 12 Granulométrica de agregado fino	71
Figura 13 Granulométrica de agregado grueso	72
Figura 14 Evaluación del cono durante la prueba de gravedad específica...	74
Figura 15 Medición del peso de la muestra final durante el ensayo de gravedad específica.....	75
Figura 16 Determinación de la gravedad específica y absorción de los agregados finos	76
Figura 17 Valores cálculo de la gravedad específica y absorción del agregado fino	76
Figura 18 Medición del peso de la muestra en el estado de saturación con superficie seca (S.S.S.) durante la prueba de peso específico y absorción de los agregados gruesos.....	78
Figura 19 Medición del peso de la muestra cuando está introducida en agua, durante el procedimiento de peso específico y absorción de los agregados	78
Figura 20 Valores cálculo de la gravedad específica y la retención del agregado.....	80
Figura 21 Medición del peso de las muestras combinadas para la determinación de Abrasión Los Ángeles.....	81

Figura 22 Introducción del espécimen y la carga desgastante en el aparato Los Ángeles	82
Figura 23 Gráfico que ilustra la distribución de tamaños de partículas en el agregado fino natural	84
Figura 24 Representación gráfica que muestra la clasificación granulométrica del agregado de tamaño ½"	85
Figura 25 Recipientes para muestras de concreto.....	97
Figura 26 Preparación de la mezcla con el trompito	101
Figura 27 Lote de concreto preparado en una sola vez.....	102
Figura 28 Se lleva a cabo la verificación del concreto con fibras PET durante la primera capa de vaciado	103
Figura 29 Se realiza el vaciado completo, incluyendo la muestra patrón con fibras PET	103
Figura 30 Curado de las muestras.....	104
Figura 31 Determinación del grado de asentamiento durante la prueba del concreto fresco	105
Figura 32 Posicionamiento de las viguetas en el equipo de prueba	106
Figura 33 Aplicación de fuerza en las viguetas.....	107
Figura 34 Confirmación de fracturas en la región central de las viguetas...	108
Figura 35 Representación gráfica de la evolución del asentamiento en función del tiempo para un agregado de tipo (pet+ piedra ½)"	108
Figura 36 Progreso de las resistencias a la flexión utilizando diferentes concentraciones de polietileno, específicamente 0.0%, 0.2%, 0.6% y 0.8%, en el material denominado (pet+ piedra ½)"	114
Figura 37 Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (+ piedra ½)"......	116
Figura 38 Captura de la Tabla 3.5 - STARDARDS OF CONCRETE CONTROL	116
Figura 39 Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (0.2% + piedra ½)"......	118

Figura 40 Captura de la Tabla 3.5 - STARDARDS OF CONCRETE CONTROL	118
Figura 41 Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (0.6% + piedra ½").....	120
Figura 42 Captura de la Tabla 3.5 - STARDARDS OF CONCRETE CONTROL	120
Figura 43 Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (0.8% + piedra ½").....	122
Figura 44 Captura de la Tabla 3.5 - STARDARDS OF CONCRETE CONTROL	122
Figura 45 Impacto gradual de un 0.2% de fibra de polietileno (PET), en la resistencia a la flexión.....	133
Figura 46 Impacto gradual de un 0.6% de fibra de polietileno (PET), en la resistencia a la flexión.....	134
Figura 47 Impacto gradual de un 0.8% de fibra de polietileno (PET), en la resistencia a la flexión.....	135
Figura 48 En la imagen se muestra los agregados de la cantera Campo Verde	151
Figura 49 Obtención de los agregados de la cantera Campo Verde	151
Figura 50 Moldes que se usaron para las muestras	152
Figura 51 Verificación de las dimensiones de los moldes.....	152
Figura 52 Golpeando la muestra con el martillo de goma.....	153
Figura 53 Curado de las muestras.....	153
Figura 54 Rotura del molde	154
Figura 55 Las muestras después de la rotura.....	154

RESUMEN

Este estudio se propone mejorar las características del hormigón utilizando polietileno de alta densidad, un material que hoy en día es uno de los mayores contaminantes, presente en botellas y envases de alimentos. Reciclarlo sería un gran avance para cuidar nuestro medio ambiente. La idea es investigar cómo este polietileno afecta las características mecánicas y físicas del concreto que se utiliza para pavimentar en la provincia de Huánuco. Con este enfoque, buscamos no solo optimizar el hormigón, sino también contribuir a una solución más sostenible en la gestión de residuos.

Se consideró una evaluación de la propiedad para preparar las muestras. Se probaron las propiedades estructurales del concreto en 60 especímenes (15 núcleos por diseño) para la capacidad de carga en flexión y las pruebas fueron de: 7, 14 y 28 días.

Para ello, se decidió utilizar materiales de polietileno de alta densidad para realizar ensayos de flexión en diferentes muestras en diferentes tiempos de curado para obtener materiales de núcleo de hormigón no modificados. Las cantidades de adición de material central fueron 0.2 %, 0.6 %, y 0.8 % y cada una 15% HDPE, en cada muestra experimental.

Luego de realizar las pruebas se concluyó que el HDPE tiene un efecto positivo, pues luego de la prueba se encontró que luego de agregar un 0.8% de HDPE, capacidad de compresión del concreto aumentó en un 11.16% después de 28 días y la resistencia fue de 210 Kg/cm². Con esto concluye el efecto del HDPE sobre el hormigón.

Palabras claves: Influencia, adición, fibras, polietileno, densidad, resistencia, concreto.

ABSTRACT

This study aims to improve the characteristics of concrete using high-density polyethylene, a material that today is one of the biggest contaminants, present in bottles and food containers. Recycling it would be a great advance to take care of our environment. The idea is to investigate how this polyethylene affects the mechanical and physical characteristics of the concrete used for paving in the province of Huánuco. With this approach, we seek not only to optimize concrete, but also to contribute to a more sustainable solution in waste management.

A property evaluation was considered to prepare the samples. The structural properties of the concrete were tested on 60 specimens (15 cores per design) for the flexural load capacity and the tests were: 7, 14 and 28 days.

For this purpose, it was decided to use high-density polyethylene materials to perform bending tests on different samples at different curing times to obtain unmodified concrete core materials. The core material addition amounts were 0.2%, 0.6%, and 0.8% and each 15% HDPE, in each experimental sample.

After carrying out the tests, it was concluded that HDPE has a positive effect, because after the test it was found that after adding 0.8% of HDPE, the compressive capacity of the concrete increased by 11.16% after 28 days and the resistance was of 210 Kg/cm². This concludes the effect of HDPE on concrete.

Keywords: Influence, addition, fibers, polyethylene, density, strength, concrete.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por plásticos es una de las mayores amenazas para el medio ambiente, con alrededor de 8,000,00.00 de Tn de desechos sólidos, desechados cada año. Este problema se agrava por el uso diario de bolsas, envases y otros productos de plástico, que tardan siglos en descomponerse. Si no cambiamos nuestros hábitos, podríamos enfrentar una situación alarmante en la que haya más plástico que peces en los océanos. Además, los microplásticos se están infiltrando en nuestros cuerpos, potencialmente causándonos enfermedades en el futuro.

En 2012, solo el 95% de las empresas estaban recolectando residuos, lo que refleja la falta de acción en la gestión de este problema. La ciudad de Huánuco, afectada por el crecimiento económico y demográfico, enfrenta un aumento en los desechos plásticos que deterioran su infraestructura. Aunque las autoridades locales están trabajando en un proyecto de reciclaje, queda mucho por hacer debido a la acumulación existente.

Para abordar esta situación, es fundamental crear conciencia sobre la contaminación y fomentar el reciclaje. Este estudio se centra en el uso del polietileno (HDPE) en el hormigón, buscando optimizar sus características físicas y estructurales. A través de esta investigación, esperamos contribuir a una solución más sostenible en la gestión de residuos en Huánuco.

Este estudio se organiza en cinco secciones principales:

Capítulo 1: Aquí se formula la pregunta de investigación, se explican sus fundamentos y limitaciones, y se presentan hipótesis con sus variables correspondientes, además de su operacionalización.

Capítulo 2: Se abordan los antecedentes del estudio y la base teórica, incluyendo el concepto de hormigón fortalecido con fibras y el polietileno de alta densidad que se pretenden aplicar.

Capítulo 3: Se describen los métodos empleados, el alcance del estudio, la población objetivo, el tipo de estudio y su diseño. También se detallan los

instrumentos utilizados y su fiabilidad, organizando los datos recolectados en tablas para su análisis posterior.

Capítulo 4: Se explican los resultados obtenidos, presentando tablas descriptivas y comparativas que evalúan los datos de los puntos de control geodésico.

Capítulo 5: Este capítulo se dedica a la discusión de los resultados. Se interpretan los datos, se extraen conclusiones y se ofrecen recomendaciones para investigaciones futuras. También incluye una lista de referencias bibliográficas y un resumen de lo tratado en el estudio.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Fawcett & Gibson (1933), químicos británicos, descubrieron el polietileno. El primer uso de este material se enfocó en sus destacadas características eléctricas, y hasta 1945, su mayor función fue como aislante en cables submarinos y otros recubrimientos para conductores, abarcando la mayor parte de la producción. Hasta 1949, en el ámbito técnico se creía que la polimerización del etileno solo podía suceder a alta presión. No obstante, al mezclar etileno con una suspensión de etilato de aluminio y éster titánico en aceite, se provoca la polimerización del etileno, generando calor y produciendo un compuesto macromolecular. Este método permite que más de 100.000 monómeros se concatenen en una sola macromolécula, en oposición a los 2.000 monómeros típicos del método de alta presión. El HDPE fue inicialmente creado para usos en empaques. Debido a sus características, como el bajo costo y su resistencia tanto química como mecánica, su aplicación ha crecido notablemente en diversas áreas.

El polietileno es un material que se utiliza de forma extensiva en la industria actual gracias a sus diversas aplicaciones. Más de la mitad de su producción se destina a la elaboración de envases, tapas y cierres, mientras que una parte significativa se utiliza en la producción de utensilios del hogar y juguetes. También es esencial en la instalación de tuberías y conductos. Su creciente aplicación en envases se debe a su bajo coste y a sus características como flexibilidad, durabilidad, resistencia a los procesos de esterilización y a diversos productos químicos. El polietileno (HDPE) se encuentra en una amplia gama de productos, tales como envases para aceites lubricantes en el sector automotriz, botellas para disolventes orgánicos, mangos de cuchillos de seguridad, depósitos para gasolina, botellas de leche, bolsas plásticas y juguetes. La producción de artículos huecos, como las botellas, se efectúa mediante un proceso semejante al soplado de vidrio, y también se emplean técnicas como el moldeo por compresión y la formación de láminas previamente moldeadas. (Fawcett & Gibson, 1933).

En los últimos años el uso indiscriminado llevó a una abundancia de este material como contaminante del medio ambiente, lo que se busca con este proyecto de investigación es reciclar este material y así reducir el impacto ambiental, y sobre todo darle un segundo uso a este material con perspectiva de nuestra carrera profesional de ingeniería civil como es el caso de mejorar la características estructural del concreto de capacidad para resistir la flexión añadiendo fibras de 5mm x 40 mm en función del peso, en términos porcentuales húmedo de la combinación. (Fawcett & Gibson , 1933).

La aplicación de fibras de polietileno en Huánuco puede ser fundamental para optimizar las características del concreto, adaptándolo a las condiciones locales y optimizando su desempeño en proyectos de construcción en la región. Esto no solo contribuye a la eficiencia y durabilidad de las estructuras, sino que también puede tener implicaciones positivas en términos de sostenibilidad y resistencia a condiciones climáticas específicas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Cómo influye la adición de fibras de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, Huánuco-2024?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

PE1: ¿Cuál es la influencia de un 0,2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$?

PE2: ¿Cuál es la influencia de un 0,6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$?

PE3: ¿Cuál es la influencia de un 0,8% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

OG: Determinar la influencia de las fibras de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, Huánuco-2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Determinar la influencia de un 0.2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

OE2: Determinar la influencia de un 0.6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

OE3: Determinar la influencia de un 0.8% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN EN INGENIERÍA

La ingeniería ha avanzado mucho en los últimos años, actualmente se optan por investigaciones de sistemas constructivos sostenibles, ya que nuestro medio ambiente lo amerita. Pero reconocemos que es difícil despertar el interés de los profesionales de ingeniería en este campo, por ello a través del presente proyecto de investigación, buscamos promover un nuevo método de sistema de construcción sostenible y demostrar que es útil para la población y construcción.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La investigación tiene como objetivo mejorar el sistema constructivo convencional y sustituirlo por uno sostenible a través del uso

del HDPE mejorando la tenacidad a la flexión del concreto, siguiendo la NTC ASTM-C31, empleando fibras y mejorando el sistema de una manera sencilla y beneficiosa para la infraestructura.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA

En el ámbito social, la ciudad de Huánuco se encuentra invadida por desechos del (PEAD), con el presente proyecto se pretende fortalecer la capacidad de flexión del concreto de baja resistencia a través de la adición de fibras y de esta manera disminuir el crecimiento de los desechos del HDPE.

En el ámbito económico, con la implementación de las fibras de PEAD al concreto de baja resistencia se busca reducir costos en la elaboración de dicho material.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

El PEAD es un material contaminante a nivel mundial, internacional y local, con esta investigación se pretende usar dichos desechos, disponiendo de ellos como fibras y adicionarlo al momento de la construcción de un concreto de baja resistencia, de esta manera reduciremos las unidades de PEAD, ayudamos a nuestro medio ambiente y mejoramos la resistencia a la flexión de dicho concreto.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio presente tiene las siguientes restricciones:

- Falta de recursos económicos suficientes para realizar el proyecto de investigación científica.
- Falta de estudios previos sobre la fibra de polipropileno de alta densidad en el ámbito local.
- No hay normas específicas que puedan regir o establecer el uso del polipropileno de alta densidad.

- El excesivo costo para realizar las pruebas de resistencia a la flexión.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En esta etapa de nuestra investigación planteamos si nuestro proyecto es posible de llevarse a cabo. Para analizarlo, principalmente tenemos que tener en cuenta de qué manera se realizará el estudio, las herramientas que utilizaremos para recopilar los datos y la cantidad de unidades analíticas que se requerirán para el estudio. (Gómez, 2006).

A continuación, presentaremos diversos puntos de vista del porque nuestra investigación es viable:

1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA

- Existe en la Norma Técnica Peruana 339.078 y 339.079, que nos proporcionan aspectos técnicos a considerar la rigidez flexural de las vigas de concreto con apoyo simple, carga en el centro y a los tercios del tramo.
- De acuerdo a lo dispuesto en la TCN E.060 sobre Concreto Armado, podemos encontrar el lado técnico a considerar en la resistencia a la flexión.

1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

Para el estudio actual se requiere de materiales reciclados como lo son la fibra de polietileno. Los gastos de recolección, movilización, estudios de flexión y preparación pueden ser costeados por el investigador.

1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL

En el departamento de Huánuco podemos encontrar una inmensa cantidad de polietileno debido a que es uno de los plásticos más comunes gracias a su bajo precio y a su fácil fabricación. Podemos reciclar este insumo y añadirlo a nuestra mezcla de concreto para aumentar la rigidez a la flexión

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Ledezma & Yauri (2023), señalan que en su investigación se abordó en la formulación de la mezcla de concreto para fabricar adoquines a partir de material reciclado de neumáticos. El objetivo era analizar el uso de polvo de neumáticos reciclados en diferentes proporciones como reemplazo el material agregado en la producción de adoquines que cumplen con los estándares normativos establecidos y están disponibles en el mercado. Dado el impacto ambiental negativo de los desechos plásticos, especialmente los neumáticos, esta investigación se enfocó en utilizar este material de desecho de manera más sostenible, reduciendo así el daño ambiental. Los hallazgos de la investigación indicaron que la incorporación del polvo de neumáticos aumentó la cantidad de aire en la composición del concreto. Se ejecutaron todas las muestras siguiendo los parámetros ASTM. Sin embargo, se concluyó que el empleo del material en polvo de neumáticos es posible, puesto que incluso con la cuarta parte del neumático en diferentes formas, no se vieron afectadas en las características del concreto. Asimismo, el concreto elaborado con este material reutilizado es más ligero en comparación con el convencional, lo que contribuye a reducir los factores de contaminación asociados con los materiales de construcción convencionales.

Torres (2018), en su investigación titulada *“Determinación de la Residual Resistencia mediana del armado de hormigón con Fibras Sintéticas PET+PP (Análisis Post-Fisura)”*, exploró varios factores secuenciales en su investigación. Inicial, caracterizó el insumo y la disposición del área de investigación, abarcando tanto los agregados gruesos como los finos, después el diseñó un enfoque híbrido,

considerando las características de los insumos y los objetivos buscados. Detalló muestras específicas y desarrolló procesos para garantizar resultados esperados. Finalmente, realizó pruebas apropiadas para evaluar las labores pendientes, alineadas con los objetivos del estudio. Los hallazgos obtenidos de las vigas mostraron que la variabilidad de las magnitudes de la fuerza residual crece de manera exponencial con el incremento de fibras en el concreto. El uso de filamentos de polipropileno redujo las fisuras por de contracción en el concreto, tanto durante el período inicial de fraguado como después del endurecimiento. El concreto con fibra reforzado demostró ser más dúctil y resistente, lo que puede reducir la necesidad de mantenimiento rutinario en pavimentos. La proporción entre agua y cemento, es crucial en el diseño de mezclas, ya que afecta la retracción por secado y el $f'c$ del concreto. Además, las pruebas de abrasión en áridos son clave para evaluar la perdurabilidad del concreto durante su uso, especialmente en pavimentos, para garantizar su resistencia y durabilidad. Las viguetas reforzadas con fibras sintéticas mostraron una mayor resistencia al agrietamiento por flexión, con una falla promedio mayor que las viguetas sin fibras. Esto se atribuye a la integración de las fibras a través de las grietas, lo que prolonga la vida útil y reduce los gastos de mantenimiento en pavimentos de hormigón reforzado con fibras sintéticas.

Quevedo (2018), en su proyecto explica que el procedimiento para calcular la dosificación de agregados necesaria para obtener una cantidad determinada de concreto se lleva a cabo mediante el diseño de mezclas. Este diseño implica la combinación de cemento, agua y agregados, y a veces se incluyen aditivos, con el fin de conseguir las características requeridas en el concreto. Es fundamental realizar la proporción de la mezcla de manera adecuada, ya que determinará las cualidades definitivas del concreto. Generalmente, este diseño se basa en una serie de resistencias, siendo los valores de $F'c$ más comunes de 140, 175 y 210 kg/cm², con poca frecuencia se utilizan valores de $F'c$ de 245, 280, o 315 kg/cm².

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Ruiz (2021), realizó una investigación titulada “Influencia de la Adición de Fibra de Polipropileno en Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para Pavimento, Calle Puente, Distrito De Morropón-Piura”, como parte de su tesis su objetivo primordial fue identificar cómo la inclusión de fibras de polipropileno afecta las características del concreto $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ utilizado en pavimentos en el distrito de Morropón, Piura. El enfoque metodológico fue de investigación práctica, empleando un diseño explicativo para abordar las cualidades definidas en el problema general y las preguntas particulares. Se concluyó que la adición de fibras de polipropileno en concentraciones del 5%, 10% y 12% provocó cambios en las propiedades del concreto, específicamente, un decrecimiento en el asentamiento y en la resistencia a la compresión. El análisis del ensayo de asentamiento reveló reducciones proporcionales del 7.5%, 21.25% y 41.25% al incrementar las concentraciones de fibras de polipropileno respecto a con el diseño patrón, que no contenía fibras. Además, se comprobó que la resistencia a la compresión se redujo con el incremento de la concentración de fibras de polipropileno en el concreto, en relación con el diseño patrón sin fibras. Esto indica que mayores concentraciones de fibras resultaron en menor resistencia a la compresión del concreto.

Vela et al., (2018), en su tesis titulada “Diseño de suelos duros a base de alambres para optimizar la resistencia del hormigón en el diseño de infraestructura vial José Olaya y Sevilla, Morales, 2018”, se propusieron desarrollar planos de suelos duros utilizando en las intersecciones de Sevilla y José Olaya Morales, se aplicaron alambres de acero, con el objetivo de mejorar la flexibilidad y la resistencia a la carga del pavimento, sin afectar la fluidez y comodidad de la conducción. La adición de aditivos, como el filamento de acero, buscaba mejorar las cualidades estructurales del concreto y extender la duración del pavimento, disminuyendo de este modo los gastos. adicionales asociados con la mala condición actual del área de investigación. Este

estudio es crucial para mejorar las condiciones de las lalles de zonas urbanas sobre pavimentos firmes, especialmente en la zona de Morales. La inclusión de filamento de acero en el concreto ofrece nuevas alternativas para el diseño vial, particularmente en la mejora del acceso a la vía Fernando Belaunde Terry hacia Moyobamba, beneficiando a los residentes locales con una calidad de vida óptima y contribuyendo el perfeccionamiento de la infraestructura vial y la salud pública. Las conclusiones extraídas en este análisis, considerando el tipo de material y el clima específico, servirán como inicio para futuros estudios futuras sobre la aplicación de fibra de acero en infraestructura vial.

Salcedo (2019), en su tesis de investigación “Acción del filamento de acero en el suelo duro del distrito La Victoria -Lima 2019”, llegó a la siguiente conclusión: Tras evaluar la flexibilidad del concreto con y sin fibras, representado en vigas, se observó que la incorporación de fibras en la composición del concreto post-neutralización aumenta la resistencia a la flexión en un 25% a lo largo de una vida útil de 28 años, mejorando así el índice de rotura frente al concreto sin fibras. Se determinó que los hilos de acero aportan múltiples ventajas al incorporar al concreto destinado a superficies de pavimentos resistentes. Además, se construyó una planilla de cálculo que emplea una expresión matemática para calcular la dimensión del filamento de acero en el concreto, prediciendo una reducción de 3 cm en su espesor.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Alvarado & Meza (2020), en su tesis titulada “Análisis y comparación de la resistencia mecánica del concreto al añadir macrofibras de polipropileno con agregados de la cantera San Miguel de Huácar frente a la cantera de agregados Figueroa Huánuco-2019”, realizada para obtener el título de Ingeniero Civil, se centraron en analizar y comparar como propósito primordial las resistencias mecánicas del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, añadiendo 2.2%, 2.6%, 3% y 3.4% de fibra de polipropileno como reforzamiento. La metodología empleado fue experimental y cuantitativa, porque se varió la cantidad de

microfibras de polipropileno para cada grupo experimental y se midieron los efectos en las probetas y viguetas. El diseño experimental se basó en procedimientos y actividades específicas para confirmar la hipótesis planteada y resolver las interrogantes planteadas en la investigación. La conclusión de la tesis demostró de forma parcial, la hipótesis concreta 1, que sugería que la dureza a compresión del concreto aumentaría ligeramente añadiendo el 3% de microfibras de polipropileno en los agregados de ambas canteras. Aunque se observó un incremento en la fuerza de compresión para los especímenes del grupo 1, esto no se replicó en los especímenes del grupo 2.

Cervantes (2019), en su investigación titulada “Caracterización mecánica del concreto hidráulico usando fibras de polipropileno para la resistencia a la compresión”, realizada para conseguir el título de Ing., examinó el impacto de la fibra de polipropileno (P.P.) sobre la capacidad de compresión del concreto hidráulico. Dado que el concreto es un elemento crucial en la construcción, se diseñaron mezclas con fibras de PP sustituyendo el agregado fino en cantidades proporcionales de 5%, 10% y 15%. El estudio, con enfoque deductivo y mixto, analizó el aporte de la fibra HDPE en las cualidades físicas del concreto. Los resultados de la dureza a la compresión evidenciaron que los especímenes con la incorporación de 5% de PP, mostraron un crecimiento medio del 5.64%, las unidades con 10% de PP tuvieron un crecimiento medio del 16.16%, mientras que los especímenes con 15% de PP, mostraron una disminución del -5.13% en la dureza a la compresión. Así, se concluyó que la relación adecuada de la fibra de polipropileno en la formulación de concreto hidráulico, tanto por su dureza a la compresión como por su contribución a la sostenibilidad, es del 10%.

Evaristo & Paol (2018), en su tesis titulada “Concreto reforzado con fibras metálicas y fibras sintéticas, utilizando agregados de la cantera de Andabamba Huánuco”, su objetivo principal fue evaluar la resistencia a la compresión de bloques de concreto mediante la incorporación de fibras metálicas y sintéticas.

El estudio se basó en un diseño experimental, utilizando muestras de concreto con fibras metálicas y sintéticas, expuestas a carga axial para medir su resistencia. Los resultados incluyeron el análisis de la granulometría de los. Se observó que la combinación de cables de acero y material artificiales afectó significativamente las cualidades del hormigón antes de su fraguado, especialmente reduciendo su trabajabilidad. La combinación se asentó de 3 ¼" a 3". Los mejores resultados se determinaron al preparar el hormigón armado con alambres de acero fue ensayado en el transcurso de 28 días, logrando una resistencia aproximada de 271 kg/cm². En términos de resistencia a la flexión, se notó el aumento con la adición de acero. Se llegó a la conclusión de que el uso de filamento de acero fue crucial para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón.

2.2. BASES TEÓRICAS

En esta sección se considera todos los datos requeridos para realizar la investigación, esta información se obtendrá de libros, artículos científicos y fuentes de internet.

2.2.1. HORMIGÓN FORTALECIDO CON FIBRAS

Según Vidaud & Frómeta (2015), a distinción del Hormigón convencional, el concreto con fibras incorporadas presenta una resistencia a compresión, cizallamiento, tracción y flexión. Dichas fibras están repartidas de forma equitativa en el hormigón, constituyendo una microarmadura que ayuda a regular y disminuir la elaboración de grietas. Adicionalmente, este fortalecimiento es isotrópico, lo que significa que Las fibras funciona de manera tridimensional, a diferencia del concreto, que tiene un refuerzo unidimensional. armado tradicional, donde el refuerzo suele ser unidireccional o bidireccional. Finalmente, las fibras incrementan la ductilidad del concreto, y esta ductilidad mejora con la cantidad y la resistencia de las fibras, lo que a su vez aumenta la tenacidad del material.

Según el Comité ACI 544 (2002), el (FRC) se compone mayormente de cemento hidráulico, agregados y fibras de soporte específicas y no lineales. Las fibras apropiadas para el hormigón incluyen las fabricadas de vidrio, compuestos orgánicos y acero.

Variedades de fibras

A) De acuerdo con **Sika Perú (2011)**, las fibras más fuertes comúnmente utilizadas en el concreto suelen ser categorizadas en función del material y el propósito para el cual son empleadas.

B) Componente:

- Fibras metálicas: Estas son formas discretas de metal fabricadas principalmente en acero con baja proporción de carbono, alargadas, que varía entre 20 y 100.
- Fibras sintéticas: Son creadas artificialmente y están compuestas de materiales entre los cuales se incluyen carbono, nailon, polipropileno y etc.
- Fibras de vidrio: Son pequeñas partes del cemento que son de forma significativa resistentes a los compuestos alcalinos.
- Fibras naturales: Consisten en fragmentos discretos de materiales como madera, bambú, etc. con un diámetro que oscila entre 0.05 y 0.02 cm.

C) Según su función:

- Microfibras: Estas fibras están básicamente involucradas en el control de las roturas del concreto en su situación moldeable, y su monto puede variar entre el 0,03 % y el 0,15 % del volumen total del concreto. Dentro de esta categoría, se subraya la aplicación de filamentos de polipropileno, con concentraciones que empiezan en 0,3 hasta 1,2 kg/m³ de hormigón, con diámetros que oscilan entre 0,0023 mm y 0,0050 cm, y con la posibilidad de fabricarse en varios tipos.

- **Macrofibras:** Estas fibras de mayor tamaño tienen un mejor control sobre la fisuración en el concreto endurecido, y en caso de que se produzcan fisuras, se encargan de reducir su anchura, lo que permite un comportamiento adecuado tanto del agrietamiento como de la estructura dañada. El monto de macrofibras Se encuentra en un rango de 0,2 % y el 0,8 % del volumen del concreto. En esta categoría, las fibras más empleadas son las sintéticas y las metálicas, que pueden variar en diámetro desde 0,005 cm hasta 0.2 cm y en sutileza (relación longitud/diámetro) que varían entre 20 a 100. Específicamente, la dosis de peso de los filamentos de acero varía entre 2 y 0.2 cm, mientras que las fibras de polipropileno (fibra sintética) necesitan de 50 kg/m³ a 2 a 9 kg/m³.

2.2.2. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

El polietileno de alta densidad es conocido por llevar las siglas PEAD, se originó en 1955 a través de la exposición del etileno a bajas presiones y con disposición de los catalizadores este reo específico (Bilurbina Alter et al., 1990).

Este tipo de polietileno también es considerado una poliolefina, ya que se origina a través de la polimerización, es muy usado en la elaboración de empaques flexibles, es aislante de la humedad y muy resistente al impacto y tensión (Guerrero et al., 2003).

El HDPE se distingue por su capacidad de tracción y resistencia al impacto, de acuerdo a sus atributos de oxidación y condiciones climáticas (ATARFIL Geomembranas, 2021).

Elaboración del (PEAD)

Se obtiene utilizando un método químico llamado polimerización, donde se somete al etileno a bajas presiones. Existen dos procesos donde se produce PEAD, el primero, denominado Proceso Phillips, que usa como principal catalizador al óxido de cromo y el segundo denominado Proceso Ziegler que usa como principal catalizador al

tetracloruro de titanio. Para una correcta obtención de polietileno ambos procesos cumplen lo siguiente: Presiones menores a 30 atmósferas y temperaturas de 60° a 120°, fundiciones a 135° como mínimo (Bilurbina Alter et al., 1990).

Aplicaciones frecuentes del (PEAD)

Su uso se popularizó en los últimos años, por su económico precio, maleabilidad y resistencia, se usa para recipientes de aceites lubricantes, disolventes, mangos para utensilios de cocina y cutter, envases de leche, bolsas plásticas y juegos. El PEAD, es usado en múltiples objetos entre ellos, los conductos, escritorios y asientos de plástico, tapones de contenedores, envoltorios para medicamentos, cosméticos (Envaselia, s.f.).

Beneficios del (PEAD)

Brinda muchas características que lo hacen diferente de otros plásticos. Sánchez Pineda de las Infantas (2003) describe que este tipo de plástico es muy adaptable, por eso se emplea en la elaboración de envases de plástico, resiste al impacto, es incoloro y no tiene sabor, nos ofrece impermeabilidad, facilidad al reciclar y es mucho más económico si lo comparamos con otros plásticos.

También el polietileno tiene muchos beneficios, su resistencia al cambio de temperatura lo hace adecuado para elaborar tuberías, tapones de envases, mesas y sillas de plástico (Envaselia, s.f.).

Distintivas del (PEAD)

El PEAD alberga múltiples propiedades en su estructura, algunas de sus propiedades son las siguientes:

Propiedades Generales

El PEAD, tiene una densidad entre 0.952 g/cm³ - 0.965 g/cm³ y una cristalinidad de 70% - 80% (Universidad de Barcelona, s.f.).

Propiedades Mecánicas

En cuanto a sus propiedades mecánicas el PEAD alberga múltiples propiedades positivas para su uso: Un módulo elástico de 1.07 a 1.09 GPa, un coeficiente de Poisson de 0.41 hasta 0.427, una resistencia mecánica a la compresión de 18.6 a 24.8 MPa, capacidad de flexionar de 30.9 a 43.4 Mpa, una capacidad de tensión de 22.1 - 31 MPa y tenacidad de fractura 1.52 a 1.82 MPa .m^{1/2} (Universidad de Barcelona, s.f).

Propiedades Térmicas

El PEAD tiene una temperatura de fusión de 130 a 137°C. (Universidad de Barcelona, s.f).

Propiedades Ópticas

El PEAD es un plástico muy cristalino y translúcido, posee un índice de refracción de 1.53 a 1.55 (Universidad de Barcelona, s.f).

Propiedades Tecnológicas

Entendemos que, en la actualidad, el plástico es una sustancia altamente contaminante, por eso mismo el PEAD es un material reciclable, tiene una temperatura máxima de utilización de 113° - 129°C. y una temperatura mínima de utilización de -82° a 72°C. (Universidad de Barcelona, s.f).

Propiedades Químicas

En cuanto a sus propiedades mecánicas el PEAD no es resistente a ácidos fuertes, pero si a ácidos leves, es muy resistente a álcalis, contienen resistencia media a los disolventes orgánicos, posee una absorción de agua muy deficiente si se expone a la oxidación a 500°C. También contiene propiedades resistentes a la radiación ultravioleta (Universidad de Barcelona, s.f).

2.2.3. CONCRETO

El concreto es visto como un material quebradizo, obtenido al mezclar: cemento, agregados (tanto finos como gruesos), agua y, en ocasiones, se le incorpora un cuarto elemento designado como aditivo. La mezcla de los ingredientes al interactuar el agua con el cemento, se produce una reacción química que resulta fundamental para el proceso de endurecimiento del material, lo cual permite que la mezcla se endurezca con el tiempo. El concreto endurecido Debido a su tendencia a quebrarse con facilidad, el concreto tiende a tener una capacidad de resistir al alargamiento relativamente baja en relación a su capacidad de soportar compresión. Esta última está afectada por varios elementos, como la proporción de agua y cemento, las propiedades y cantidades de los materiales utilizados, los métodos de curado y la habilidad del personal. Sin embargo, una ventaja notable del concreto radica en su maleabilidad durante la producción, lo que le permite adoptar cualquier forma deseada, dependiendo del molde utilizado. (Montoya Vallecilla, 2017).

Componentes del concreto

Es considerado en el mundo como el material más usado para la construcción. La Norma E.060 (2009), indica que es una mezcla de materiales que Está conformado por áridos finos y gruesos, agua, tal como el cemento Portland, otros cementos hidráulicos desempeñan un papel fundamental en la formación de materiales de construcción sólidos, capaces de resistir diversas condiciones ambientales, la adición de los aditivos es opcional.

❖ Agregados

Los agregados en el mortero son ingredientes indispensables. El Comité ACI 318 (2005), expone que es un material compuesto por partículas granulares, que se mezcla con un componente que tiene propiedades de fraguado en presencia de agua, para la producción de concreto o mortero hidráulico.

Los agregados regularmente se dividen en agregado grueso y fino. Cuando se refiere al agregado grueso, las partículas deben ser superiores y deben presentar una medida de 0.475 cm que equivalen a la cuadrícula número 4 m, material de granulometría fina, se hace referencia A las partículas del material de relleno que están por debajo de 4.75mm, pero superiores de 75µm (Malla No. 200). La grava surge del desmoronamiento natural y el desgaste de la roca o causa de un pegado deficiente. (Mehta, 1998).

❖ **Clasificación de los agregados**

Agregado fino

Es considerado normalmente arena natural o piedra triturada. Los agregados, son considerados en el concreto como elementos inertes, debido a que estos no influyen, durante las interacciones químicas, es fundamental entre el cemento y el agua que el agregado fino sea resistente y carente de contaminantes tales como el polvo, el limo y la pizarra, que pueden reducir la eficacia del material al afectar sus características físicas y químicas esenciales, compuestos alcalinos y materiales orgánicos. Además, su porcentaje de arcilla o limo no debe sobrepasar el 5% ni 1.5% de residuos orgánicos (Harmsen, 2005, pág.12).

Agregado grueso

Es una combinación de grava, este debe ser superior a 5mm y por lo regular debe de estar entre 9.5 mm y 38mm. Este tipo de agregado grueso está constituido por diversas rocas que, al ser procesadas, contribuyen a la estabilidad y la fortaleza de la estructura final de granito, diorita y sienita. También se pueden usar piedras trituradas o grava tamizada de ríos o depósitos naturales, siempre y cuando no contengan más del 5% de arcilla y material fino, ni superen el 1.5% de impurezas de residuos orgánicos, carbón, etc. (Harmsen, 2005, pág. 13).

Cemento

Es un compuesto de textura fina pulverizada, que desarrolla una propiedad aglomerante producto a La hidratación se refiere a las

interacciones químicas entre los minerales y el agua. Si los productos resultantes de estas reacciones son sólidos en presencia de agua, el cemento se considera hidráulico. El cemento hidráulico más comúnmente empleado en la producción de concreto es el cemento, el cual está fundamentalmente compuesto por Silicatos de calcio hidráulico. Los compuestos hidratados de silicato, a medida que el cemento se mezcla con el agua, se forman cristales y compuestos de calcio que juegan un papel clave en el proceso de endurecimiento, ayudando a que la mezcla se vuelva más sólida y estable con el tiempo, son los encargados de sus propiedades unidos y permanecen firmes en presencia de agua. (Mehta, 1998).

Agua

El agua es uno de los ingredientes indispensables para elaborar el concreto, debido a que este se encarga de la reacción de hidratación del cemento y el progreso de sus características requieren que este material cumpla con ciertos estándares a fin de cumplir su rol en las reacciones químicas, sin generar desafíos secundarios si contiene sustancias particulares que puedan afectar al concreto. Además, al considerar que cuando el cemento se mezcla con agua, comienza un proceso químico en el que se forman nuevas sustancias. Estas reacciones crean cristales que se entrelazan, endureciendo gradualmente la mezcla. Este proceso, conocido como hidratación, es el que permite que el cemento se solidifique con el tiempo, adquiriendo la resistencia que lo caracteriza y haciendo que sea adecuado para la construcción de estructuras duraderas.", observamos cómo la adición de agua extra añadida durante el curado promueve una mayor reacción. Por lo tanto, el agua utilizada también debe cumplir ciertos requisitos para su uso en el hormigón. En este apartado, analizaremos ambas cuestiones, aunque no nos adentraremos en áreas específicas como las consecuencias de las fluctuaciones en la presión interna de los poros o las condiciones de condiciones térmicas muy altas o bajas, las cuales pueden causar comportamientos particulares del agua en el concreto. (Pasquel Carbajal, 1998).

Aditivos

El Comité ACI 318 (2005), define que es un componente diferente al agua, los agregados o el cemento hidráulico, que se incorpora al concreto antes o durante su mezcla para modificar sus características.

El cemento Portland pese a que se caracteriza por debido a sus distintas características, no satisface todas las necesidades de los procesos de construcción. Debido a la existencia de múltiples casos se implementó el uso de aditivos como una solución técnica y eficiente. A actualmente a nivel internacional se está incluyendo al aditivo, se considera un elemento estándar dentro del ámbito del desarrollo tecnológico moderna del concreto, porque contribuye a mitigar los peligros asociados con la falta de control sobre ciertas características intrínsecas de la combinación original de concreto, aspectos como los tiempos de fraguado y la estructura de poros, la generación de calor durante el humedecimiento, entre otros aspectos. (Pasquel Carbajal, 1998).

2.2.4. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Según Jaramillo Jiménez (2004), La capacidad del concreto para soportar flexión o su capacidad a la flexibilidad, se evalúa mediante una prueba la capacidad de las vigas para soportar las fuerzas que intentan doblarlas, sin que se produzcan deformaciones notables ni afecten su estabilidad estructural simples de hormigón de 0.15 m y 0.50 m, sometidas a cargas en el centroide y en los tercios de luz de los bordes. Podemos predecir la flexión del concreto mediante La inclinación de la línea que conecta el punto de inicio de la curva de esfuerzo versus deformación.

Ensayo de flexión:

Las muestras a ensayar deberán de cumplir con las NTP 339.033 y 339.059, la viga a evaluar deberá tener una luz cuyo tamaño sea tres veces mayor que su altura y con ángulos rectos en todas sus caras.

$$L = 3H$$

Donde:

L = Es la luz libre (la distancia o el espacio).

H = Es la altura.

El ensayo se realizará colocando aplicaremos una carga en los tercios centrales de la viga hasta que falle, y el módulo de rotura se calculará en función de la ubicación del fallo.

El ensayo de flexión nos arrojará los resultados para ellos es fundamental mezclar los materiales en las proporciones correctas, asegurándose de que se cumplan las especificaciones necesarias para que la mezcla obtenga las propiedades y el rendimiento esperados.

2.2.5. FIBRA DE POLIPROPILENO DE GRAN TAMAÑO

El polipropileno, como aditivo sumado al concreto, puede incrementar la durabilidad de diversas estructuras al prevenir la penetración del agua, que es el principal factor de deterioro del hormigón, evitando así la formación de grietas y fracturas. Este aditivo es especialmente útil en áreas en entornos donde las piezas de hormigón necesitan medidas adicionales para prevenir la proliferación de hongos, bacterias y microorganismos, como en hospitales, plantas de procesamiento de alimentos, tanques de agua potable, etc. Los multifilamentos de polipropileno están creados específicamente con el fin de salvaguardar el hormigón contra los ataques microbianos.

Ventajas de la fibra de polipropileno en el concreto

Las fibras de polipropileno mejoran la resistencia al impacto del hormigón, aumentan su durabilidad y reducen la formación de grietas. Además, es duradero, fácil de mezclar y no requiere cambios en el proceso de fabricación, lo que lo convierte en un método rentable para fortalecer estructuras de hormigón.

Las ventajas del HDPE en el concreto incluyen:

- **Mejora de la durabilidad:** La fibra de polipropileno puede ayudar a reducir la creación de grietas y fisuras en el concreto, lo que aumenta su durabilidad y vida útil.
- **Resistencia al impacto:** La adición de fibra de polipropileno (HDPE), en la mezcla de concreto puede fortalecer su capacidad para resistir impactos, haciendo que el material sea más duradero y menos propenso a sufrir daños cuando se enfrenta a situaciones de alto estrés y a las cargas cíclicas, lo que lo transforma en el más adecuado para campos que requieren robustez a golpes o vibraciones.
- **Reducción del agrietamiento por contracción:** Las fibras de polipropileno pueden ayudar a controlar la fisuración por encogimiento en el concreto durante el proceso de fraguado y endurecimiento, lo que mejora la integridad estructural y estética del concreto.
- **Resistencia a la corrosión:** El HDPE es Anticorrosivo, lo que puede ayudar a proteger el concreto reforzado contra los efectos dañinos de la corrosión en entornos agresivos o marinos.
- **Facilidad de mezcla y aplicación:** La fibra de polipropileno es fácil de mezclar y aplicar en la preparación del hormigón, lo que no tiene efecto significativamente la capacidad de trabajo del concreto fresco.

En resumen, el HDPE, puede reforzar diversas cualidades del hormigón, como su durabilidad y a la corrosión, lo que lo convierte apropiado para una variedad de implementaciones de construcción y estructurales.

El concreto con buena resistencia al impacto tiene la capacidad de soportar golpes y choques sin sufrir daños graves, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere durabilidad y estabilidad estructural. Además, la resistencia a la contracción es crucial, ya que

evita que el concreto se reduzca de volumen o se deforme a medida que se seca, lo que podría provocar grietas o debilitar la estructura. Esto asegura que el material mantenga su forma y resistencia a largo plazo, incluso en condiciones adversas.

Cualidades de la fibra de polipropileno (HDPE)

La fibra de polipropileno es liviana, resistente a la humedad y a muchos productos químicos, lo que la hace ideal para diversas aplicaciones. Su durabilidad y resistencia a la abrasión ayudan a prolongar la vida útil de los materiales, como el concreto, mejorando su rendimiento. Además, al no absorber agua, mantiene sus propiedades intactas incluso en ambientes húmedos. Esta fibra es flexible, lo que permite distribuir las tensiones de manera uniforme, reduciendo el riesgo de grietas. Todo esto, sumado a su costo accesible, la convierte en una opción eficaz y económica para mejorar la calidad de los materiales.

- **Resistencia mecánica:** El HDPE, tiene una buena resistencia mecánica, para asegurar que las estructuras de concreto sean fuertes y duraderas, es esencial mejorar su capacidad para resistir el desgaste y las condiciones difíciles a lo largo del tiempo. Al agregar aditivos o reforzar la mezcla con materiales como fibras, podemos aumentar la resistencia del concreto frente a impactos, tensiones y factores climáticos, lo que no solo mejora su rendimiento, sino que también extiende su vida útil, reduciendo así la necesidad de reparaciones constantes.
- **Resistencia a la tracción:** Tiene una fuerza de tracción superior, lo que la hace efectiva para controlar el agrietamiento en el concreto.
- **Resistencia a la corrosión:** La fibra de polipropileno es resistente a la corrosión, lo que la hace adecuada para su uso en aplicaciones en superficies donde el concreto está a la intemperie y ambientes erosivos, como en estructuras marinas o en contacto con sustancias químicas.

- **Resistencia a la humedad:** Es resistente a la humedad, lo que significa que no se degrada ni pierde sus propiedades cuando está expuesta al agua o la humedad ambiental.
- **Ligereza:** Es un material ligero, lo que permite su manejo y mezclado en el hormigón sin afectar significativamente la trabajabilidad del mismo.
- **Estabilidad dimensional:** La fibra de polipropileno mantiene su forma y dimensiones incluso cuando está expuesta a la inestabilidad térmica o de humedad, lo que contribuye a la estabilidad dimensional, el hormigón reforzado con fibras sintéticas de HDPE es una mezcla mejorada que incorpora fibras diseñadas específicamente para aumentar la resistencia del material. Estas fibras ayudan a que el concreto sea más duradero, capaz de resistir impactos, tensiones y otras fuerzas, lo que permite que mantenga su integridad a lo largo del tiempo sin sufrir daños importantes.

En resumen, las cualidades del HDPE, la hacen un aditivo efectivo con la finalidad de reforzar diversas características. El concreto debe contar con propiedades esenciales como alta resistencia, durabilidad y la capacidad de resistir condiciones ambientales difíciles, lo que garantiza que las estructuras mantengan su estabilidad y funcionalidad incluso en entornos hostiles o en condiciones extremas a lo largo del tiempo.

Del mismo modo que SILVA (2016) describe en su blog, se aborda tanto el filamento de acero como las fibras sintéticas, explicando que fueron creadas artificialmente como resultado de investigaciones y desarrollos llevados a cabo en industrias como la petroquímica y la textil, donde se enfrentan condiciones de trabajo rigurosas y desafiantes, es esencial contar con materiales de concreto que ofrezcan mayor resistencia y durabilidad, para asegurar que las estructuras puedan soportar los efectos de estos entornos exigentes a lo largo del tiempo. Las variedades de las fibras que se emplean en el concreto incluyen:

Acrílicas, de aramida, carbono, de nailon, de poliéster y de polietileno.

2.2.6. DISEÑO DE MEZCLA

El enfoque del Ing. David Osorio Jesús (2013) implica un proceso experimental. El concreto posee diversas características fundamentales, y la gran parte de las herramientas de diseño se centran particularmente en la capacidad de resistir compresión en cierto período de tiempo, así como en la trabajabilidad adecuada en un momento determinado. Además, es necesario diseñar el concreto considerando las especificaciones que debe poseer cuando un componente estructural entra en funcionamiento.

Las normas más recurrentes en el diseño son las siguientes:

- Para factores de diseño estructural, se requiere una resistencia compresiva mínima
- Se establece un límite máximo para la proporción a/c y la cantidad máximo de cemento, junto con un bajo cantidad de aire atrapado, para garantizar una resistencia apropiada para situaciones de exposición particulares.
- Se establece una cantidad máximo de cemento para evitar la fisuración del concreto, debido a las fluctuaciones de temperatura. También se establece una densidad mín. en presas de gravedad y construcciones similares.

2.2.7. PAVIMENTOS

Montejo (2002) el pavimento puede verse como una capa construida especialmente para crear una superficie firme y segura que soporte el tránsito de vehículos y personas. Esta estructura está compuesta por diversas capas de materiales como asfalto o concreto, que se colocan sobre el terreno o una base preparada previamente. Su principal objetivo es repartir de manera eficiente las cargas que recibe, proteger las capas inferiores y resistir el desgaste causado por el tráfico

y las condiciones ambientales, asegurando así su durabilidad y funcionalidad a lo largo del tiempo compuesta por varios estratos colocadas una sobre otra que se apoyan sobre un suelo de soporte estructural, también llamado subrasante. El propósito de esta estructura es resistir por completo las cargas repetidas generadas por el tráfico durante su diseño.

Tipos de Pavimentos

Existen varias opciones de pavimentos, cada una diseñada para satisfacer diferentes necesidades según el tipo de tráfico y las condiciones del entorno. Algunos pavimentos están hechos de mezclas de materiales resistentes como cemento y grava, lo que les otorga una gran durabilidad y resistencia, ideales para zonas con tráfico intenso. Otros, más flexibles, utilizan capas de asfalto y materiales granulares que permiten adaptarse mejor a los movimientos del suelo y son una opción más económica. También están los pavimentos contruidos con bloques o piedras, que además de ser duraderos, aportan una estética particular, siendo perfectos para áreas peatonales o rurales. En ciertas aplicaciones, hay pavimentos que permiten la filtración del agua, ayudando a reducir la escorrentía y favoreciendo la sostenibilidad urbana. La elección de un pavimento depende de diversos factores, como el tipo de tráfico, las condiciones climáticas, el presupuesto y el uso final del espacio.

A) Pavimentos flexibles

Montejo (2002) estos pavimentos se componen de una capa superior de asfalto, que se coloca sobre dos capas inferiores formadas por materiales no rígidos, llamadas base y subbase. La capa de asfalto sirve como la superficie de rodadura, brindando resistencia y durabilidad. Debajo de esta capa, la base, hecha generalmente de materiales granulares, distribuye las cargas y ayuda a mantener la estabilidad del pavimento. Por debajo de la base, la subbase, compuesta de materiales más sueltos, ofrece un soporte adicional y contribuye al drenaje del agua.

Esta estructura de tres capas trabaja en conjunto para asegurar que el pavimento sea duradero y capaz de soportar el tráfico y las condiciones del terreno sin deformarse. Todo el sistema está diseñado para ofrecer una mayor estabilidad, especialmente en áreas de alto tráfico o en climas con cambios extremos. En ciertos incidentes, algunas de estas capas pueden no estar presentes, dependiendo de los objetivos específicos del proyecto.

En los pavimentos flexibles, la dureza del revestimiento es más bajo, lo que conlleva una elevada deformación y una mayor cantidad de transferencia del esfuerzo sobre la plataforma. El revestimiento no asume en conjunto de presiones y tensiones causadas por el vehículo, sino que funciona como un intermediario, repartiendo las fuerzas de manera equilibrada para la base de la carretera.

B) Pavimentos semi-rígidos

Según Montejo (2002), se asemejan a los pavimentos flexibles, pero cuentan con una base o subbase de refuerzo artificial mediante aditivos como asfalto, emulsión, cal, etc.

Los aditivos ajustan o alteran las características mecánicas del material local empleado en la construcción de la base y la subbase, lo que resulta en una alternativa más asequible que transportar el material adecuado desde una ubicación lejana.

C) Pavimentos rígidos

El pavimento rígido está hecho principalmente de hormigón, que tiene alta resistencia y buenas propiedades de durabilidad. A diferencia de los pavimentos flexibles, estos pavimentos no se deforman bajo carga, sino que utilizan la rigidez del hormigón para distribuir eficazmente el peso de los vehículos. Están formadas por losas de hormigón armado colocadas sobre cimentaciones preparadas, lo que les permite soportar grandes cargas y reduce los requerimientos de mantenimiento. Aunque son más costosos de construir debido a los materiales y acabados

requeridos, los pavimentos rígidos son ideales para zonas con mucho tráfico y climas extremos porque proporcionan una mayor vida útil y mejor durabilidad que otros tipos de pavimento.

D) Pavimentos articulados

El desgaste de estos pavimentos implica el uso de bloques de hormigón prefabricados de espesor uniforme, conocidos como adoquines. Estos bloques se disponen encima de una capa de arena, que está apoyada sobre la subrasante, esta no cuenta con la destreza adecuada para soportar el esfuerzo y su frecuencia, puede ser indispensable disponer una base de partículas previa.

Aspectos que afectan el rendimiento de los pavimentos

De acuerdo con De la Cruz y Quispe (2014), se identifican diversas variables que tienen un impacto en el rendimiento de los pavimentos:

- **Tráfico:** Esta categoría incluye el peso total y la presión de los neumáticos, así como sus cualidades y componentes del pavimento. También se considera la frecuencia de peso, para el diseño y la construcción de pavimentos, es fundamental considerar varios factores como el área en la que se distribuye la carga del vehículo, que se conoce como el radio de acción. También se debe tomar en cuenta la velocidad de diseño, que establece la velocidad con la que el vehículo se moverá bajo condiciones ideales, el tipo de eje, que influye en cómo se distribuyen las cargas a lo largo del vehículo, y la disposición de los neumáticos, que afecta la forma en que el peso se distribuye y la estabilidad del vehículo, impactando directamente en el pavimento.
- **Clima:** Los aspectos climáticos relevantes abarcan las precipitaciones (que pueden dar lugar a aquaplaning), las heladas, la contracción y expansión térmica, los impactos de congelación y deshielo, y los patrones de la variabilidad climática, tanto húmedos como secos.

- Geometría de ingeniería (diseño vial): Esta área considera la distribución vehicular y la ubicación. Al considerar la estructura, es importante tener en cuenta factores como las áreas de excavación y relleno, que determinan cómo se prepara el terreno para la construcción, así como la profundidad del nivel freático, que juega un papel fundamental en la estabilidad del suelo y la capacidad del terreno para soportar la estructura sin problemas a largo plazo, así como obstáculos asociados como deslizamientos de tierra.
- Construcción y mantenimiento: Este factor incluye aspectos como la compactación inadecuada del terreno de soporte, la fallida ubicación de las juntas, la disposición deficiente de rieles de dirección horizontal, el escarificado y la eliminación del componente excesivo, igual que la fragmentación del integrado para mejorar la estabilidad.

Especificaciones técnicas para la edificación de pavimentos

Para la edificación de una clase específico de pavimento, es esencial tener en cuenta los estándares definidos en la Norma C.E.0.10. Esta normativa cuenta con el propósito garantizar tanto el orden público como el enfoque estructural, además de establecer los estándares para una creación óptimo. En relación con los pavimentos, esta norma define criterios como la solidez del hormigón, la firmeza del suelo, entre otros aspectos relevantes. Cumplir con estos estándares verifica que la estructura del pavimento posea las características mecánicas apropiadas y reduce al mínimo la posibilidad de fallos en el pavimento.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Cemento:

Es material a partir de una combinación de piedra caliza y arcilla. con proceso de molienda para su respectiva distribución en polvo.

El cemento se usa para referirse a cualquier producto con capacidad de unión, sin importar su origen. Debido a la amplia fabricación de cemento, en contraste con otros tipos de cemento, su uso se ha vuelto común. (Rochel, 2007).

Cemento Portland:

Es un polvo fino elaborado a partir de una combinación de yeso, que al combinarse con agua, se transforma en una pasta suave y que se fortalece naturalmente al entrar al ser expuesto al aire. Su utilización es ampliamente extendida, siendo su función principal la de actuar como aglutinante. (Rochel, 2007)

Polietileno de alta densidad:

El (HDPE), también conocido como High Density Polyethylene, es el material principal empleado en la fabricación de geomembranas. Se trata de un polímero termoplástico obtenido mediante la polimerización del etileno. Debido a su versatilidad, el plástico HDPE, es versátil y se utiliza en diversas áreas, especialmente en aquellas relacionadas con la contención de desechos tóxicos y el almacenamiento de agua. El polietileno de alta densidad destaca por su habilidad para soportar fuerzas de tracción, golpes, a la radiación ultravioleta, a las condiciones climáticas y a la corrosión, gracias a su alta relación entre resistencia y densidad. (Atarfil Geomembranas, 2021)

2.3.1. RELACIÓN AGUA/ CEMENTO

La cantidad de agua en relación con el cemento que se incorpora a la mezcla de concreto es un factor clave que afecta tanto la resistencia como la durabilidad del material final. Esta relación es esencial para obtener el tipo de concreto adecuado, ya que un exceso de agua puede debilitar la mezcla, mientras que una cantidad insuficiente dificulta que el cemento se hidrate correctamente, lo que compromete la calidad del concreto en unidad de pesos kg que es un punto fundamental a tener en cuenta depende de esto se verá su resistencia.

El elemento más significativo que impacta en la fortaleza del hormigón está determinado por la relación agua/cemento. Para una hidratación completa del cemento se necesita una relación de 0.25, pero para asegurar su trabajabilidad, la proporción debe ser superior a 0.50. Esta relación influye directamente en la resistencia del hormigón tanto

como a la compresión y a la tracción es clave para su desempeño y durabilidad en estructuras. La compresión hace referencia a la capacidad del hormigón para soportar fuerzas que intentan aplastarlo, mientras que la tracción se refiere a su habilidad para resistir esfuerzos que buscan estirarlo o desgarrarlo. Ambas propiedades son cruciales para asegurar que el hormigón pueda manejar las cargas y tensiones a las que se someterá a lo largo del tiempo sin comprometer su integridad. (Rochel, 2007).

Curado:

Implica evitar que el concreto se seque prematuramente manteniéndolo a una temperatura adecuada durante un plazo determinado. Si el agua se evapora la mezcla demasiado pronto, la hidratación del cemento no se completa por completo, lo que puede resultar en la formación de grietas debido a la retracción hidráulica. Por lo tanto, es crucial tomar medidas preventivas antes y después de verter el hormigón. (Rochel, 2007)

Aditivo:

Se trata de aditivos que se agregan al hormigón antes o a lo largo de la ejecución del proceso de vertido con el fin de alterar ciertas características. En ciertas situaciones, puede ser beneficioso cambiar las características habituales del hormigón de acuerdo con la clase de construcción o sus requisitos específicos. (Rochel, 2007)

Resistencia a la flexión:

El módulo se consigue mediante la realización de pruebas en una viga prismática de hormigón simple (15 x 15 x 60 cm), apoyada de manera simple y sometida a dos cargas puntuales ubicadas en los tercios de su longitud. El daño ocurre de forma repentina y se caracteriza por la presencia de una sola fisura. (Rochel, 2007)

Densidad:

Esta característica está directamente influenciada por la composición rocosa del agregado original. La densidad se describe como la proporción entre el peso y el volumen de una masa específica. Sin embargo, debido a que las partículas del agregado están compuestas por minerales y poros que pueden contener agua, y es clave entender las diferencias entre los tipos de densidad para evaluar sus propiedades. (Gutiérrez, 2003)

Adherencia:

La capacidad de un agregado para adherirse depende de las características de las características geométricas y físicas de las partículas. Aunque no hay un procedimiento estándar para evaluar la adherencia entre un agregado y el cemento, existe una normativa británica que permite medir la adherencia entre un agregado y el asfalto. Este método esencialmente determina el nivel de unión del asfalto con los agregados que se emplearán en la obra. (Gutiérrez, 2003)

Hormigón:

Es un recurso de la construcción normalmente proveniente de río de la desintegración de rocas canto rodado con el caudal de la corriente forman bancos de hormigón.

Se refiere a una mezcla compuesta por arena y piedras de diferentes tamaños, que pueden oscilar entre 3 y 6 pulgadas. Este concreto se usa en la realización de cimientos, sobrecimientos y pavimentos. (Cemento Lima S.A.A, 2012)

Agregado grueso o grava:

Según la clasificación por tamices agregado grueso es la que retiene de la malla número 4. o también llamado gravas.

El material que permanece en el tamiz número 4, con dimensiones que van desde 7.6 centímetros hasta 4.76 milímetros. (Gutiérrez, 2003)

Agregado fino o arena:

Agregado fino y arena se encuentra por debajo de la malla número (4) Originados tanto a partir de arenas naturales como del proceso de descomposición de rocas.

El material que atraviesa el tamiz número 4 pero es retenido por el tamiz 200, con dimensiones que están entre 4.76 y 0.074 mm (74 micras). (Gutiérrez, 2003)

Agua:

El agua representa otro de los componentes fundamentales en la construcción. Se aconseja que esté libre de impurezas, por lo que se recomienda el uso de agua potable. Queda terminantemente prohibido utilizar agua que contenga residuos químicos, minerales o sulfatos, ya que estos pueden retardar o incluso prevenir el proceso de fraguado del material. (Cemento Lima S.A.A, 2012)

Polietileno:

El polietileno es un material termoplástico de procedencia sintético generado a través del proceso de polimerización del etileno. La variedad de tipos de polietileno disponibles en el mercado se desarrolla a partir de diversas condiciones operativas aplicadas durante la reacción de polimerización. (Sapón, M. 1999).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: La adición de fibras de polietileno de alta densidad influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, Huánuco-2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

HE1: La adición de un 0.2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'_c=210$ Kg/cm².

HE2: La adición de un 0.6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'_c=210$ Kg/cm².

HE3: La adición de un 0.8% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210$ Kg/cm².

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'_c=210$ Kg/cm².

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Fibras de polietileno de alta densidad de 5mm x 40mm.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA	—
VARIABLE INDEPENDIENTE: Fibras de polietileno de alta densidad	El polietileno de alta densidad se origina por la polimerización, es frecuentemente usado en empaques de flexibles, es un buen aislante de la humedad y resiste muy bien a la tensión, así como también a la corrosión (Guerrero et al., 2003).	Se realizaron diseños de mezcla para un concreto F'c=210 kg/cm2 teniendo en cuenta las normas ASTM, en estas mezclas se añadirán en porcentaje fibras de polietileno de alta densidad 5mm x 40mm.	Adición de un 0.2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.				—
			Adición de un 0.6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.	Cantidad de fibras de polietileno de alta densidad.	Ficha de laboratorio de análisis granulométrico de los agregados.	La escala empleada es escalar METODOLOGÍA: Enfoque cuantitativo	—
							—
							—
VARIABLE DEPENDIENTE:	La resistencia a la flexión es una	El ensayo de resistencia a la flexión	Resistencia a la flexión para un concreto con un 0.2% de	Resistencia a la flexión del	Ficha de laboratorio	La escala empleada es escalar	—

Resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'_c=210$ Kg/cm ² .	la propiedad mecánica del concreto, esta se evalúa mediante un ensayo a flexión de punto medio de la viga de sección de 15 cm y luz de 50 cm (Jaramillo Jiménez, 2004).	se realiza teniendo en cuenta la norma ASTM, es decir la carga se aplica en el punto medio de la viga.	fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.	concreto ($F'_c=210$ kg/cm ²)	ensayo de resistencia a la flexión del concreto.	METODOLOGÍA: Enfoque cuantitativo	— — — — — — — —
			Resistencia a la flexión para un concreto con un 0.6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.				— — — —
			Resistencia a la flexión para un concreto con un 0.6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.				— — — —

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación empleada es la aplicada pues esta se apoya de la investigación aplicada es decir usa conocimientos y teorías para generar investigaciones que generen beneficios a la sociedad. En nuestro caso se emplearán conocimientos de las propiedades del polietileno de alta densidad y de la resistencia a la flexión en el concreto cuyo fin será pretender mejorar la resistencia de esta con la adición de fibras de polietileno (Valderrama Mendoza, 2013).

3.1.1. ENFOQUE

La investigación tiene un enfoque cuantitativo pues vamos a ver los efectos que se produce en la resistencia a la flexión cuando añadimos en porcentajes las fibras de polietileno de alta densidad cuyas dimensiones serán de 40mm x 5mm (Hernández Sampieri, 2018).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance o nivel de la investigación es explicativa porque vamos a explicar el porqué de la variación de la resistencia a la flexión del concreto cuando se incorpora las fibras de polietileno (Hernández Sampieri, 2018).

3.1.3. DISEÑO

La investigación presenta un diseño puro experimental ya que debemos manipular la variable independiente que viene a ser el porcentaje de fibras de polietileno de alta densidad y luego analizar cómo varía la resistencia a la flexión en un concreto de baja resistencia (Hernández Sampieri, 2018).

GE: O1.....X.....O2

Donde:

GE: Grupo experimental.

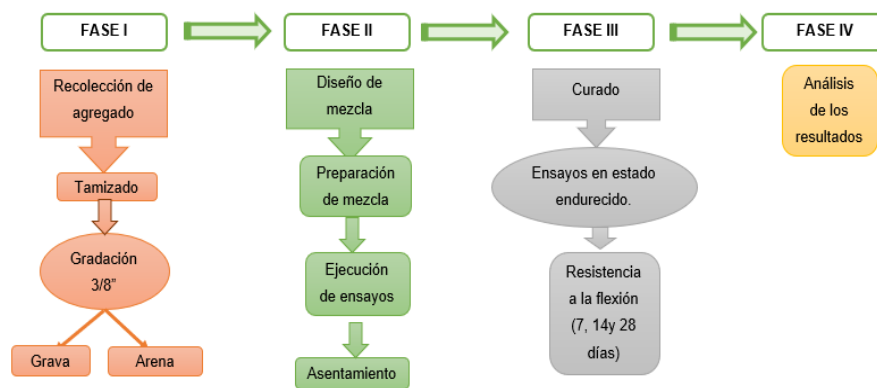
O1: Muestra patrón.

O2: Muestra manipulada.

X: Manipulación de la variable independiente.

Diseño metodológico

Figura 1
Esquema del diseño de la tesis por fases



Nota. En la imagen se puede apreciar el esquema del diseño de la tesis.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población se define como un grupo de entidades que pueden ser individuos, animales u objetos y que comparten características específicas comunes y que estas puedan ser observadas (Valderrama Mendoza, 2013).

La población está conformada por 60 vigas de 6" x 6" de sección y una luz tres veces el espesor en estas están consideradas las muestras patrón y las vigas con adición de fibras de polietileno de alta densidad.

3.2.2. MUESTRA

La muestra es no probabilística, lo que significa que el investigador decide el tamaño de la misma a analizar en base a experiencias de otras investigaciones. líneas abajo se detallan la distribución de la muestra.

Tabla 2

Distribución de la muestra convencional y las muestras según el porcentaje de la incorporación de las fibras de HDPE respecto del peso húmedo de la mezcla

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE MUESTRAS
Vigas de 6" x 6" de sección y de luz tres veces el espesor convencional.	15
Vigas de 6" x 6" de sección y de luz tres veces el espesor con la adición de un 0.2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.	15
Vigas de 6" x 6" de sección y de luz tres veces el espesor con la adición de un 0.6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.	15
Vigas de 6" x 6" de sección y de luz tres veces el espesor con la adición de un 0.8% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla.	15

Nota. La siguiente tabla describe a las vigas y la cantidad total de muestras que son 60.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos está determinada por el objeto de estudio, ya que las características del mismo influyen en cómo se puede observar o medir. Además, la forma en que se elige esta técnica está estrechamente relacionada con el enfoque teórico y filosófico que guía la investigación (Yuni & Urbano, 2006).

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La recopilación de información es esencial en cualquier investigación, ya que es la única manera de obtener resultados exitosos. El proceso de recolección de datos se llevó a cabo de la siguiente manera:

A) Observación

Se recogieron datos mediante la observación intencionada y selectiva de los científicos, partiendo de la idea de que cada dato puede ser ajustado y gestionado. Se generaron observaciones inmediatas a través de pruebas de laboratorio realizadas de acuerdo con los estándares ASTM y ACI.

B) Análisis documental

Se recopilaron biografías, documentales, regulaciones y estudios previos locales, nacionales e internacionales, además de revisar libros y revistas para analizar los datos.

C) Ensayo y prueba en el laboratorio

Se realizaron ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días, siguiendo la norma ACI 522 R-10, y pruebas de porosidad a los 14 días según la norma ASTM C-39.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Este instrumento es una herramienta utilizada por los investigadores para examinar información y datos sobre la variabilidad que están estudiando. (Hernández S. R., 2014)

El instrumento a emplear es:

- Fichas normadas por ensayos.
- Guía de análisis biográficos.

Tabla 3

Orígenes, técnicas y dispositivos de recolección de datos

FUENTE BIBLIOGRÁFICA		
Fuente	Sistema	Instrumento
Físicas y Digitales	Análisis de Concreto	Comprensión Lectora
	Fichaje	Fichas Bibliográficas
	Apuntes-método Cornell	Plantillas de apunte
FUENTE DE CAMPO		
Fuente	Sistema	Instrumento
Resultados determinados en el laboratorio	La observación	Cuadernos de observaciones
		Ficha de registros y seguimientos
		Cámaras Fotográficas
	Ensayos de laboratorio	Equipo e instrumento de laboratorios

Nota. La tabla muestra los orígenes, técnicas y dispositivos de recolección de datos.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Este instrumento es una herramienta que los investigadores emplean para examinar información y datos sobre la variabilidad que desean analizar.

El instrumento a emplear es:

- Fichas normadas por ensayos.
- Guía de análisis biográficos.

El análisis e interpretación se llevó a cabo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Comparar los valores de los parámetros y sus descripciones obtenidos del LABORATORIO con los valores establecidos en las normas técnicas.
- Realizar pruebas de los diseños en el LABORATORIO.
- Obtener los valores del contenido de humedad, capacidad de adsorción y peso unitario en suelto.
- Utilizar software como Excel para realizar los cálculos necesarios y obtener los datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Agregado:** Los agregados son obtenidos de la cantera Campo Verde.

El material fue recogido en una ocasión, inicialmente para la prueba granulométrica, donde se tomaron 40 kg de árido grueso de 1/2 pulgada.

Este se colocó sobre mallas metálicas N°3/8 y N°04, con cada prueba realizada por agregado individualmente. Se determinaron la densidad relativa, el peso aparente y la capacidad de absorción. La unidad de 1/2" fue utilizada como muestra de referencia. Además, se empleó hormigón permeable (tubos de ensayo de 12" x 15") y tamices para recoger el agregado de 3/8".

Figura 2

Tamizado de los agregados gruesos



Nota. Tamizado de los agregados grueso 1/2".

- **AGUA:** Se empleó el agua del laboratorio ubicado en La Esperanza para llevar a cabo los experimentos y ensayos.
- Es conocido que el hormigón auto clavado (AAC) tiene una proporción a/c muy baja. No obstante, la cantidad de agua suministrada debe ser exacta, ya que la carencia de agua en la mezcla puede comprometer la conexión entre los materiales. Una insuficiente concentración de partículas puede generar daños en el concreto. Por otro lado, un exceso de humedad en el hormigón puede resultar en la formación de espacios vacíos conectados entre sí, los cuales se llenan de agua y impiden, limitando la habilidad de penetrar del concreto.
- **CEMENTO:** Se empleó cemento tipo I en la mezcla. Se sugiere tener en cuenta la proporción que hace referencia el volumen y la resistencia del agua absorbida por el hormigón, ya que es recomendable medirlo con precisión. Un aumento proporcional puede reducir la filtración de la muestra, por lo tanto, es importante no excederse en su aplicación.
- **SIKA:** El Sika es un aditivo plastificante solución aplicado en la elaboración de morteros fluidos y hormigones. Ayuda a disminuir la proporción de agua en el hormigón y mejora su resistencia. Además, es seguro para los componentes empleados en la edificación ya que no contiene cloruro, evitando así posibles daños.

4.1.2. PRUEBA DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES

La prueba se ejecuta según el procedimiento establecido en MTC E 108-2000, el cual es un método para calcular con exactitud el nivel de humedad en el suelo, se requiere llevar a cabo mediciones concretas que faciliten la valoración del volumen de agua presente en el suelo. Este estudio es esencial para entender las propiedades del terreno y su habilidad para retener agua, lo cual puede afectar factores como la estabilidad del suelo y la calidad de las construcciones o cultivos que se lleven a cabo en él. Este método se rige por la norma ASTM D 2216.

A) DISPOSITIVOS Y UTENSILIOS

- El horno tiene la capacidad de conservar una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se emplea una balanza de precisión de 10^{-3} kg para especímenes que pesan menor da 0.2 kg, mientras que se utiliza una balanza de 0.1g para especímenes que exceden los 0.2 kg.
- Contenedores (valdes)
- Pala

B) DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

- El material se fragmenta para obtener un espécimen que sea característica; la cantidad necesaria para cada prueba varía dependiendo de la dimensión de las partículas que se están analizando.
- Los especímenes se ponen en recipientes (valdes) que han sido previamente pesados.
- Se apunta el peso del contenedor junto con el material húmedo y se introduce en el horno durante 1 día, a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Después de que ha transcurrido el tiempo de secado y el material se ha enfriado, se procede a pesar la muestra ya seca.
- Se recogen tres muestras con el fin de calcular un promedio y lograr una mayor precisión en el ensayo.

Figura 3
Determinación del contenido de humedad



Nota. Peso de unas de las muestras del tamizado del agregado grueso ½”.

C) CÁLCULOS

El proceso de análisis de los datos mostrados en este capítulo está explicado en el Anexo N° 04.

Para determinar la cantidad de humedad del espécimen, se empleamos la fórmula.

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100$$

Dónde:

- **W** = El porcentaje de cantidad de humedad.
- **MCWS** = La suma del peso del espécimen y el suelo húmedo, expresado en (g).
- **MCS** = Peso del espécimen más el suelo después de ser secado en el horno, expresado en (g).
- **MC** = Peso del espécimen, expresado en (g).

- **MW** = Peso del agua contenido en el espécimen, expresado (g).
- **MS** = Peso de los elementos sólidos presentes en el espécimen, expresado en (g).

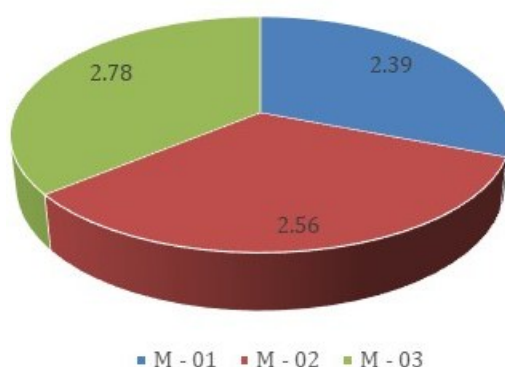
Tabla 4
El nivel de humedad del agregado fino

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE AGREGADOS FINOS			
MUESTRAS	M - 01	M - 02	M - 03
W.M.H.	514	520	518
W. Muestra Seca	502	507	504
W. Agua	12	13	14
C. Humedad	2.39	2.56	2.78
Promedio de C. H.	2.58 %		

Nota. Cálculo de la proporción de la humedad de los agregados finos.

La tabla 4 explica cómo calcular el promedio de humedad para los especímenes M - 01, M - 02 y M - 03. Este cálculo se realizó dividiendo el peso del agua (W. Agua) por el peso de la muestra seca (W. Muestra Seca).

Figura 4
Contenido de humedades del agregado fino



Nota. En la imagen se puede apreciar las proporciones de humedad de los especímenes que se presentan en la tabla 4.

En la figura 5 se muestra la humedad presente en los 3 especímenes hace referencia a la cantidad de agua que poseen, lo que resulta crucial para comprender sus características y su comportamiento bajo diversas circunstancias. Esta evaluación nos permite valorar

elementos fundamentales como la estabilidad y la capacidad de absorción de las muestras., que presentan valores de 2.39, 2.56 y 2.78, respectivamente, estos valores nos indica el nivel de agua en cada espécimen.

Tabla 5
El porcentaje de humedad de los agregados gruesos

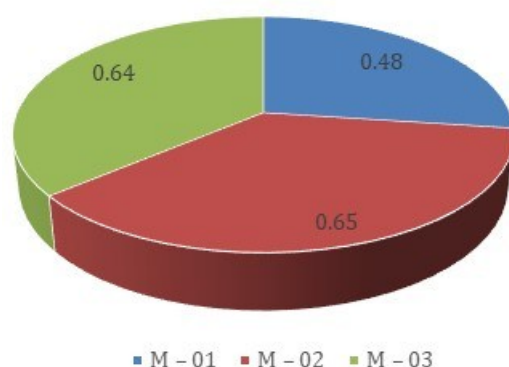
CONTENIDO DE HUMEDAD DE PIEDRAS CHANCADAS 1/2"			
MUESTRAS	M – 01	M – 02	M – 03
W. M. H.	623	618	625
W. Muestra Seca	620	614	621
W. Agua	3	4	4
C. Humedad	0.48	0.65	0.64
Promedio de C. H.	0.59 %		

Nota. Cálculo del porcentaje de humedad de los agregados (1/2").

La tabla 5 explica el proceso de cálculo del promedio de humedad del agregado para los especímenes M-01, M-02 y M-03. Este cálculo se realizó dividiendo ((W. Agua) / (W. Muestra Seca)).

- Promedio de contenido de humedad (C. H) fino = 2.58 %
- Promedio de contenido de humedad (C. H) gruesos = 0.59 %

Figura 5
Contenido de humedades del agregado grueso



Nota. En la imagen 6 se visualiza las relaciones de humedad de las muestras reflejadas en la tabla 5.

Como se puede apreciar en la figura 6 se presenta el valor de humedad de las tres muestras, con valores de 0.48, 0.65 y 0.64, respectivamente, estos valores nos indica el contenido de agua en cada espécimen.

4.1.3. ENSAYO DE DENSIDAD Y POROSIDAD DE LOS AGREGADOS

La prueba se realiza siguiendo el protocolo fijado en MTC E 203-2000, que trata sobre el densidad y porosidad de los agregados. Este método se fundamenta en la Normativa ASTM C 29 y es aplicable para los agregados, utilizando el método del apisonado.

A) EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Se requiere una balanza con una sensibilidad mínima del 0.1% del peso del espécimen.
- Una varilla compactadora metálica con un diámetro de 16 mm (equivalente a 5/8 de pulgada) y una longitud de 0.6 m (24 pulgadas). Uno de los extremos tiene forma semiesférica con un radio de 8 mm (5/16 de pulgada).
- Contenedores metálicos cilíndricos diseñados con volúmenes específicos según lo indicado en la Tabla 1 del estándar MTC E 203-2000.

B) DETALLE DEL PROCEDIMIENTO

- Se selecciona un modelo con medidas apropiadas de acuerdo con lo especificado en la Tabla 1 del estándar MTC E 203-2000, se determina su volumen con precisión.
- El agregado debe ser colocado en el contenedor en tres estratos de volumen aproximadamente igual hasta que el recipiente esté lleno.
- Cada capa se niveló a mano y se compactó con 25 golpes utilizando la varilla, desplegados De forma homogénea en cada estrato, empleando la punta semiesférica de la varilla.

- Durante la compactación del primer estrato, es importante evitar que la varilla impacte la base del contenedor. En cuanto a los estratos siguientes, se debe aplicar la fuerza justa, con el objetivo de que la varilla se adhiera exclusivamente en el estrato correspondiente.
- Una vez que se haya llenado por completo el espécimen, se nivelará la parte superior utilizando una regla y se registrará el peso del espécimen completo.
- Para calcular, la masa por cada unidad volumétrica del agregado suelto, se llena el recipiente sin compactarlo, dejando que el material caiga desde una altura de no más de 5 cm sobre el contorno. Se evita la segregación de las partículas. Después, de alinear la superficie se mide el peso del recipiente lleno.

Figura 6
Compactación de los agregados



Nota. Compactación de unas de las muestras de los agregados.

C) CÁLCULOS

La metodología para calcular los datos presentados en este segmento se encuentra explicada en detalle en el Anexo N° 05.

Para calcular los espacios poros en los agregados de la muestra, se aplica la siguiente expresión matemática:

$$\% \text{ Vacío} = \frac{(A \times w) - B}{A \times W}$$

Dónde:

- **A** = El peso específico aparente.
- **B** = El peso unitario, expresado (kg/m³) o (lb/pie³).
- **W** = La densidad del agua es de 1000 (kg/m³) o 62.4 (lb/pie³).

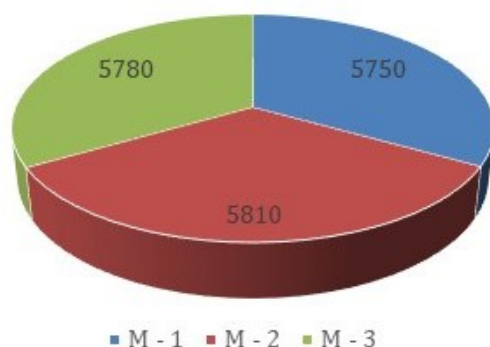
Tabla 6
Peso Unitario del agregado (1/2")

PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS FINOS			
MUESTRA	M - 1	M - 2	M - 3
Diam. (cm)	14.7	14.7	14.7
Alt. (cm)	14.9	14.9	14.9
Peso Del Molde (g)	1694	1694	1694
Vol. Del Mol. (cm ³)	2528.70	2528.70	2528.70
W. Mol. + Ma. Suel. (g)	5750.00	5810.00	5780.00
W. Mol. + Ma Cop. (g)	6420.00	6490.00	6510.00
W. Prom. Suel. (g)	5780.00		
W. Prom. Cop. (g)	6473.33		
P. U. Suel. (g)	2.13		
P. U. Cop. (g)	2.32		

Nota. Cálculo del P. U. del agregado (1/2").

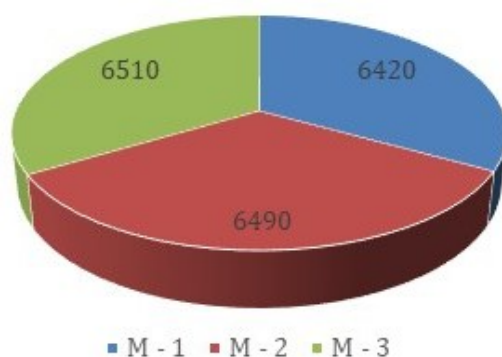
La tabla 6 describe cómo se calcula el peso específico del agregado, de los especímenes M-01, M-02 y M-03. Este cálculo se realizó dividiendo el peso promedio suelto (W. Prom. Suel.) por el volumen del molde (Vol. Del Mol.).

Figura 7
Pesos unitarios suelto de los agregados finos



Nota. En la imagen 7, se indican las relaciones de la densidad suelta de las muestras que se detallan en la tabla 6.

Figura 8
Pesos unitarios compactado de los agregados finos



Nota. En la figura 8, se observa las proporciones del peso específico compactado de las muestras que se describen en la tabla 6.

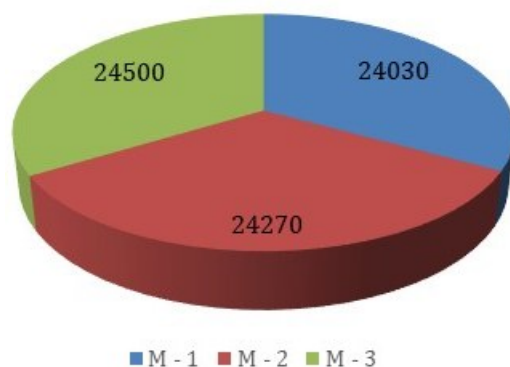
Tabla 7
Peso Unitario del agregado 1/2"

PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO DE 1/2"			
MUESTRA	M - 1	M - 2	M - 3
Diam. Mol. (cm)	24.2	24.2	24.2
Alt. Mol. (cm)	26.8	26.8	26.8
Pes. Mol. (g)	5722	5722	5722
Vol. Mol. (cm ³)	12326.58	12326.58	12326.58
W. Mol. + Ma. Suel. (g)	24030.00	24270.00	24500.00
W. Mol. + Ma. Cop. (g)	25380.00	25200.00	25380.00
W. Prom. Suel. (g)	24266.67		
W. Prom. Cop. (g)	25320.00		
P. U. Suel. (g)	1.70		
P. U. Cop. (g)	1.78		

Nota. Cálculo del P. U. del agregado (1/2").

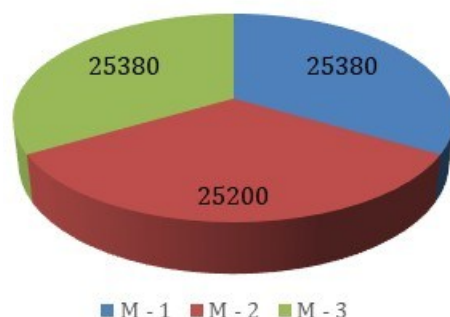
La tabla 7 ilustra cómo calcular el peso unitario del agregado para las muestras M - 01, M - 02 y M - 03. Este cálculo se realizó dividiendo el peso promedio suelto (W. Prom. Cop.) por el volumen del molde (Vol. Del Mol.).

Figura 9
Pesos unitarios suelto de los agregados grueso



Nota. En la figura 9, se muestra las proporciones del peso unitario suelto de las muestras como se puede observar en la tabla 7.

Figura 10
Pesos unitarios compactado de los agregados gruesos



Nota. En la figura 10, se muestra las proporciones de la densidad compactada de los especímenes que se exhiben en la tabla 7.

4.1.4. PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS AGREGADOS

La prueba se lleva a cabo conforme al estándar MTC E 204-2000, que aborda la evaluación granulométrica de los agregados, siguiendo las directrices del reglamento ASTM C 136 y AASHTO T 27.

A) DISPOSITIVOS Y UTENSILIOS

- Se requiere una balanza con una sensibilidad mínima del 0.1% del peso del espécimen.
- Se utilizan cribas escogidas según los requisitos del material que será sometido a ensayo.
- Se necesita una estufa del tamaño apropiado, con la capacidad conservar una temperatura invariable de 110 grados con una variación de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$).

B) DETALLE DEL PROCEDIMIENTO

- Los especímenes se calcularán mediante el método de cuarteo y deberán mantener cantidad adecuada de nivel adecuado de la humedad controlada para evitar la segregación y la dispersión de partículas finas.
- Los especímenes destinados a la evaluación granulométrica deben tener un peso mínimo de 300 gramos después de haber sido secadas.
- Los especímenes destinados a la evaluación granulométrica es preciso que posean pesos mín. conforme a las especificaciones detalladas en el reglamento de MTC E 204-2000, después de haber sido secadas.
- Se eligen los tamices en la cantidad y tamaño apropiados para satisfacer los requisitos del material será sometido a ensayo. Para este proyecto, los tamices seleccionados incluyen los siguientes tamaños: 1 pul hasta el tamiz N°200.
- Las cribas deben ser dispuestos en orden descendente según el tamaño del orificio, es decir, desde el tamiz con la abertura más grande hasta el tamiz con la abertura más pequeña.

- Realice la operación de tamizado manualmente o mediante el uso de cribas mecánicas.
- Calcule el peso del espécimen que queda retenida en cada criba.

Figura 11

Material y prueba de la evaluación granulométrica del agregado



Nota. Materiales de los análisis granulométrico del agregado.

C) CÁLCULO

La metodología para calcular los datos presentados en esta sección está explicada en detalle en el Anexo N° 06.

Se calcula el % de material que atraviesa, el % global almacenado o el % de las diferentes fracciones de tamaño, con una precisión del 0.10%, en relación con el peso global de la muestra seca inicial.

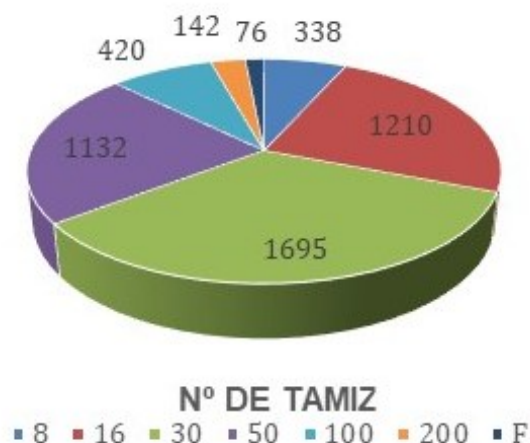
Tabla 8
Determinación granulométrica del agregado fino

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO					
Tamices N.º	Diámetros (mm)	Pesos Retenidos	% Retenidos Parcial	% Retenidos Acumulados	% Que Pasa
1 1/2"	39.200				
1"	26.300				
3/4"	18.050				
1/2"	11.900	0.00	0.00	0.00	0.00
3/8"	9.700	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.650	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.420	338.00	6.74	6.74	93.26
16	1.220	1210.00	24.14	30.88	69.12
30	0.490	1695.00	33.81	64.69	35.31
50	0.289	1132.00	22.58	87.27	12.73
100	0.150	420.00	8.38	95.65	4.35
200	0.082	142.00	2.83	98.48	1.52
F	0.000	76.00	1.52	100.00	0.00
TOTAL		5013.00	100.00		

Nota. El análisis granulométrico del agregado fino estudia la distribución de sus partículas, asegurando que cumpla con los estándares necesarios para las mezclas de concreto.

La tabla 8 ilustra el método del análisis de la granulometría del agregado de las muestras M-01, M-02 y M-03. Este cálculo se realizó solo pensando el material atrapado en la malla del tamiz (peso retenido).

Figura 12
Granulométrica de agregado fino



Nota. En la figura 12, se puede observar los valores de los pesos que se quedan en los tamices de los especímenes que se exhiben en la tabla 8.

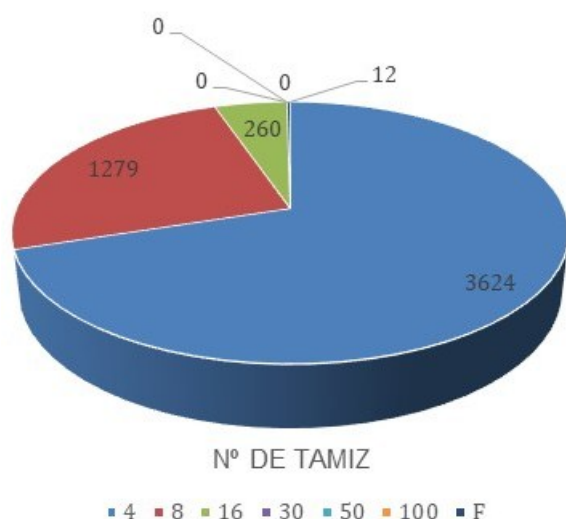
Tabla 9
Evaluación granulométrica de los agregados gruesos 1/2"

GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADOS GRUESO 1/2"					
TAMIZ S N.º	DIAMETRO S (mm)	PESOS RETENIDO S	% RETENIDO S PARCIALES	% RETENIDOS ACUMULADO S	% QUE PASA
1 1/2"	39.200				
1"	26.300				
3/4"	18.050				
1/2"	11.900	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.700	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.650	3624.00	70.03	70.03	29.97
8	2.420	1279.00	24.71	94.74	5.26
16	1.220	260.00	5.02	99.77	0.23
30	0.490	0.00	0.00	99.77	0.23
50	0.289	0.00	0.00	99.77	0.23
100	0.150	0.00	0.00	99.77	0.23
F	0.000	12.00	0.23	100.00	0.00
TOTAL		5175.00	100.00		

Nota. El análisis granulométrico del agregado grueso estudia la distribución de sus partículas, asegurando que cumpla con los estándares necesarios para las mezclas de concreto..

La tabla 9 ilustra el método de cálculo de la granulometría del agregado de las muestras M-01, M-02 y M-03. Este cálculo se realizó solo pensando el agregado retenido en el tamiz (peso retenido).

Figura 13
Granulométrica de agregado grueso



Nota. En la figura 13, se refleja las cantidades de los pesos retenidos en los tamices de los especímenes detalladas en la tabla 9.

4.1.5. PRUEBA DE DENSIDAD RELATIVA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

La prueba se lleva a cabo siguiendo el estándar MTC E 205-2000, que trata sobre la densidad relativa y capacidad de absorción del agregado fino, y se basa en las normas.

A) DISPOSITIVOS Y UTENSILIOS

- Se requiere una balanza con carga mín. de 1kg y una exactitud de al menos 0.10 gramos.
- Se necesita un matraz aforado para medir el volumen con una precisión de $\pm 0.1 \text{ cm}^3$.
- Matriz en forma cónica.
- Barra de compactación.
- Recipientes planos.

B) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DETALLE DEL PROCEDIMIENTO

- El procedimiento implica seleccionar alrededor de 1 kg de material más grande que 0.475 mm utilizando el método de cuarteo. Esta muestra se seca en un horno a temperaturas entre 100 y 110 °C, luego se deja reposar a temperatura ambiente de 1 a 3 h para enfriarse. Después del enfriamiento, se pesa y se repite el proceso de secado hasta que el peso se estabilice. Luego, el espécimen se sumerge por completo en agua y se deja reposar a lo largo de 24 ± 4 h.
- Una vez transcurrido el tiempo de inmersión, se extrae el agua con precaución para impedir la fuga de material fino. La muestra se dispone en una bandeja y se inicia el secado, comenzando por la zona externa de las partículas. Se aplica un flujo cálido de aire de manera moderada durante el agitado constantemente para asegurar

un secado homogéneo. Este método continúa hasta que las partículas sean fácilmente movibles.

- El punto de humedad del agregado se establece utilizando la prueba del cono. El recipiente cónico se sitúa sobre una base uniforme, y la muestra se vierte dentro sin compactarla. Después de compactarla suavemente, se levanta el molde verticalmente. Si las partículas conservan humedad en su superficie, se inicia el proceso de agitación y secar los especímenes hasta que se observe un ligero fragmentación superficial, señal de que el agregado ha logrado una sequedad adecuada.

Figura 14

Evaluación del cono durante la prueba de gravedad específica



Nota. Evaluación de la densidad relativa de los agregados.

- Se depositan 500 g de agregado fino en un picnómetro calibrado a cero. Se introduce agua hasta llenar cerca del 90% del recipiente, asegurándose de expulsar cualquier burbuja de aire atrapada. Posteriormente, se mide con una precisión de 0.1 g el peso combinado del picnómetro, la muestra y el agua.
- El agregado fino del matraz se seca y deseca en un horno a una temperatura de 100 - 110 °C hasta que alcance un peso uniforme. Luego, se enfría al aire a temperatura ambiente durante un período de 60 a 90 min. finalmente se calcula el peso sin humedad.

Figura 15

Medición del peso de la muestra final durante el ensayo de gravedad específica



Nota. Medición de la muestra final del análisis de gravedad específica de los agregados.

A) CÁCULOS

La metodología para calcular los datos presentados en esta sección está explicada en detalle en el Anexo N° 01.

Se utilizan las siguientes fórmulas para calcular la densidad relativa y la inclusión de los agregados finos en los especímenes.

- P. espec. Aparente = $(\frac{A}{B+S-C})$
- P. espec. Aparente (S.S.S.) = $(\frac{A}{B+S-C})$
- P. espec. Nominal = $(\frac{A}{B+A-C})$
- Absorción = $(\frac{S-A}{A} \times 100)$

Dónde:

- A = Peso en el aire (g).
- B = Peso del picnómetro (g).
- C = Peso del picnómetro aforado y repleto de agua (g).

- S = Peso del espécimen completamente lleno, con la superficie sin humedad (g).
- S.S.S. = Saturado con superficie seca.

Figura 16

Determinación de la gravedad específica y absorción de los agregados finos

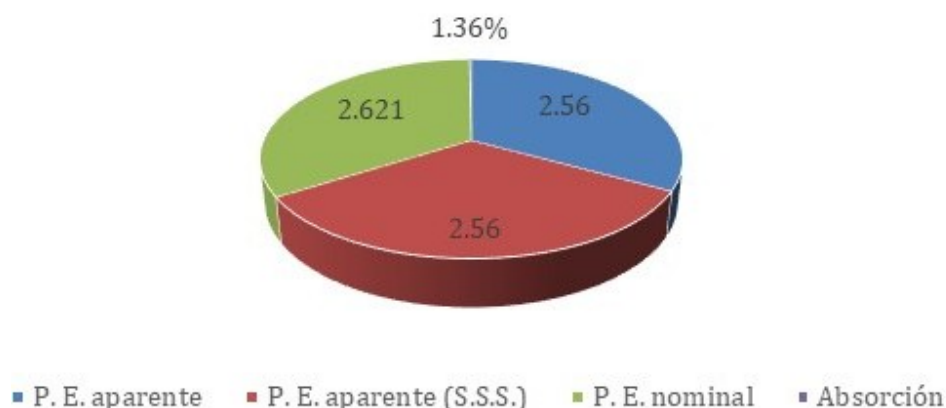
VALORES CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN	
P. E. aparente	= 2.56 g/cm ³
P. E. aparente (S.S.S.)	= 2.56 g/cm ³
P. E. nominal	= 2.621 g/cm ³
Absorción	= 1.358 %

Nota. Valores de la densidad relativa y asimilación de agua de los agregados.

En la tabla 10, se observa cómo se determina la gravedad específica del agregado, que es la relación entre su densidad y la del agua, y su capacidad de absorción, que mide cuánta agua puede retener. Este análisis es crucial para entender cómo se comportará el agregado en la mezcla de concreto de las muestras M-01, M-02 y M-03. Se realizan los cálculos del peso específico aparente, saturado con superficie seca y nominal, junto con la absorción del agregado. Esto es fundamental para comprender su comportamiento en la mezcla de concreto., mediante las fórmulas que se usaron para calcular los valores de la tabla 10 que se encuentra líneas arribas.

Figura 17

Valores cálculo de la gravedad específica y absorción del agregado fino



Nota. En la figura 17, se observa los números de las gravedades específicas y absorción de los especímenes que se presentan en la tabla 10.

4.1.6. PRUEBA DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS 1/2"

La prueba se lleva a cabo siguiendo el estándar MTC E 206-2000, que trata sobre la gravedad específica e incorporación de agua en los agregados, y se basa en las normas ASTM C 127 y AASHTO T 85.

A) EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Balanza con un volumen de 5000 gramos o más.
- Cestas metálicas.
- Sistema de suspensión.

B) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- El proceso inicia con la completa mezcla de los agregados, seguido por su cuarteo hasta alcanzar la cantidad mínima aproximada requerida para el análisis, según lo especificado en la Tabla 1 de MTC 206 - 2000.
- Se realiza un lavado previo del espécimen con agua para quitar de manera total cualquier sustancias extrañas o polvo pegadas en la cara externa de las partículas. Posteriormente, se seca en una estufa a una temperatura de 100°C y 110 °C. Se deja a temperatura ambiente para su enfriamiento en el transcurso de un período de 1 a 3 horas. Después de enfriarse, se pesa y se repite el proceso de secado hasta alcanzar un peso uniforme. Luego, se remoja el material se sumerge en agua a temperatura ambiente durante 24 horas para garantizar que se mantenga en condiciones estables de humedad, con una desviación de ± 4 h.
- Luego de la etapa de sumersión, se procede a secar el espécimen para eliminar el agua, utilizando un paño absorbente de tamaño considerable para rodar las partículas. Este proceso se lleva a cabo hasta que se elimine cualquier rastro visible de agua superficial, asegurándose de secar también individualmente los fragmentos más grandes.

- Tras el proceso de inmersión, se procede a calcular el peso del espécimen en su estado saturado (SSS). Todas estas mediciones, junto con las posteriores, se llevan a cabo con una precisión de 0.5 gramos.

Figura 18

Medición del peso de la muestra en el estado de saturación con superficie seca (S.S.S.) durante la prueba de peso específico y absorción de los agregados gruesos



Nota. Cálculo del peso de la muestra del estado de saturación con la superficie seca (S.S.S.) de los agregados gruesos (1/2").

- Después, los especímenes se introducen en la canasta metálica y se registra su peso cuando está introducida en agua en un rango de temperatura de 21° a 25°C, con un peso unitario promedio de 0.997 g/cm³, con un margen de ± 0.002 .

Figura 19

Medición del peso de la muestra cuando está introducida en agua, durante el procedimiento de peso específico y absorción de los agregados



Nota. Cálculo del peso de la muestra cuando está sumergido en agua y la incorporación de agua en los agregados (1/2").

- La muestra se deja secar posteriormente en un horno a una temperatura de 100°C y 110 °C, y luego se enfría al aire ambiente durante un período de 1 a 3 horas antes de determinar su peso seco, asegurándose de alcanzar un peso constante.

C) CÁCULOS

La metodología para calcular los datos presentados en esta sección está explicada en detalle en el Anexo N° 01.

Se utilizan las siguientes fórmulas para calcular la densidad relativa y capacidad de la retención de agua en los agregados del espécimen.

- Peso espec. Apa. $= \left(\frac{A}{B-C} \right)$ Ec. (1)
- Peso espec. Apa. (S.S.S.) $= \left(\frac{A}{B-C} \right)$ Ec. (2)
- Peso espec. Nom. $= \left(\frac{A}{A-C} \right)$ Ec. (3)
- Absorción $= \left(\frac{B-A}{A} \times 100 \right)$ Ec. (4)

Dónde:

- A = P. en el aire del espécimen (g).
- B = P. del picnómetro lleno de agua aforado (g).
- C = P. completo del picnómetro aforado (g).
- S.S.S. = Lleno con superficie seca.

Tabla 10

Peso específico y absorción de los agregados gruesos 1/2"

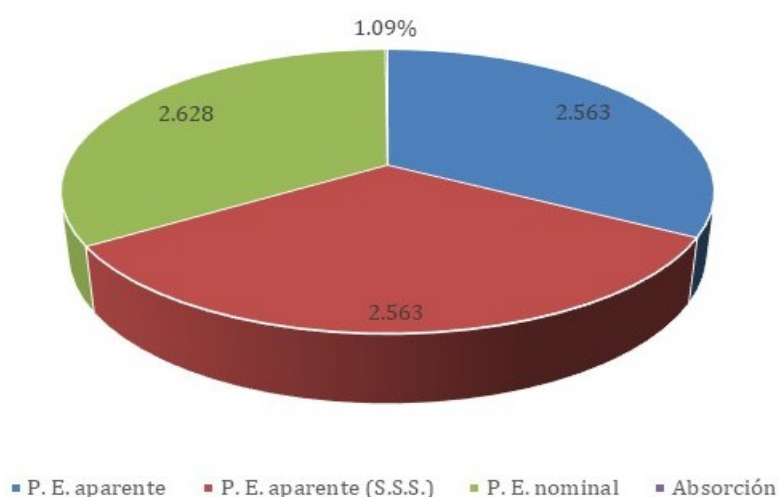
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO 1/2"	
P. E. aparente	= 2.563 g/cm ³
P. E. aparente (S.S.S.)	= 2.563 g/cm ³
P. E. nominal	= 2.628 g/cm ³
Absorción	= 1.092 %

Nota. Determinación de la tasa de agua absorbida por el agregado (1/2").

La tabla 11 exhibe cómo se calcula la masa específica y el índice de absorción del agregado de las muestras M-01, M-02 y M-03. Se obtienen se determinan los pesos específicos aparente, saturado con superficie seca y nominal, junto con la capacidad de absorción del agregado, lo cual es esencial para evaluar su comportamiento en la mezcla de concreto, mediante las ecuaciones 1, 2, 3 y 4, que se encuentran líneas arribas:

Figura 20

Valores cálculo de la gravedad específica y la retención del agregado



Nota. En la figura 20, se detallan los valores de las gravedades específicas y absorción de las muestras que se presentan en la tabla 11.

4.1.7. ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½")

El análisis se lleva a cabo siguiendo el estándar, denominado Abrasión Los Ángeles (L.A.) Al deterioro de los agregados de varias dimensiones inferiores a 3.75 cm (1 ½"), el cual se basa en las normas ASTM C 131.

A) EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Balanza con una apróx de 1 g.
- Estufa con una temperatura constante de 110°C y un error ± 5 °C.

- Tamiz.
- Máquina (L.A.)
- La fuerza de fricción consiste en bolas de acero o fundición con medida de diámetro que oscila entre 4.638 y 4.763 cm, y un peso aproximado que va desde 390 gramos hasta 445 gramos.

B) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- El espécimen está compuesto por agregado, el cual ha sido lavado y posteriormente el material se somete a un proceso de secado en un horno a temperatura constante, que se mantiene entre 105°C y 110°C, para asegurar una eliminación eficaz de la humedad. Este agregado se divide en proporción de cada tamaño y luego se vuelven a combinar con una de las distribuciones granulométricas especificadas en la Tabla 2 del estándar MTC E 207-2000.

Figura 21

Medición del peso de las muestras combinadas para la determinación de Abrasión Los Ángeles



Nota. Medición de la muestra en las diferentes combinaciones utilizadas durante la prueba de resistencia al desgaste.

- La cantidad de fuerza de erosión que variará según la distribución granulométrica de ensayo, designada como A, B, C o D, según lo especificado en la Tabla 1 del estándar MTC E 207-2000. En este contexto, hemos seleccionado el estilo B, que utiliza once cuerpos esféricos.

- Se coloca el espécimen junto con la carga abrasiva en la máquina de Los Ángeles, donde se inicia el proceso de prueba para evaluar la resistencia al desgaste del material, donde el cilindro gira entre 30 y 33 rpm durante 500 vueltas, asegurando una velocidad periférica constante.

Figura 22

Introducción del espécimen y la carga desgastante en el aparato Los Ángeles



Nota. Carga abrasiva en el dispositivo de prueba Los Ángeles.

- Después de completar el número predeterminado de giros, se extrae la mezcla del componente del cilíndrico y se realiza un primer retiro del espécimen examinada utilizando el tamiz N° 12. La proporción retenida en el tamiz se enjuaga y se somete a secado en un horno a una temperatura que oscila entre 105°C y 110 °C hasta que alcanza un peso constante, y luego se pesa.
- Si el agregado no presenta costras ni polvo, puede evitarse la necesidad de purificarlo antes y después del ensayo.

C) CÁCULOS

Las instrucciones detalladas para calcular los datos de esta sección se encuentran en el Anexo N° 01.

Se calcula tomando en cuenta la discrepancia dentro del peso inicial y el peso definitivo del espécimen sometida a pruebas, calculada como un porcentaje del peso inicial. Este resultado del ensayo,

denominado coeficiente de desgaste de Los Ángeles, se determina de la siguiente manera:

$$\% \text{ Desgaste} = 100 ((P_1 - P_2) / p_1$$

Dónde:

- P_1 = Peso del espécimen desecada previamente a la prueba.
- P_2 = Peso del espécimen desecada tras completar la evaluación, luego de ser lavada sobre un tamiz de 1.70 mm (N°12).

Tabla 11

Cálculo de los valores del ensayo de abrasión los ángeles

DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES							
PAS A	RETEN E	GRAD O "A" (12)	GRAD O "B" (11)	GRAD O "C" (8)	GRAD O "D" (6)	GRAD O "1" (12)	GRAD O "3" (12)
3"	2 1/2"						
2 1/2"	2"						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"		2400.00				
1/2"	3/8"		2400.00				
3/8"	2						
2	4						
4	8						

Nota. Valores obtenidos de los cálculos realizados en la máquina los Angeles.

Tabla 12

Cálculo del porcentaje de desgaste

% DE DESGASTE	
Cod. De muestra	M - 01
P. inicial	5000
Gradación	B
P. retenido por la malla N° 12	4022
P. que pasa en la malla N° 12	978
% de desgaste	19.56

Nota. Desgaste de los agregados de tamaño inferior a 3.75 cm (1 1/2") mediante la evaluación de resistencia al desgaste de Los Ángeles (L.A.).

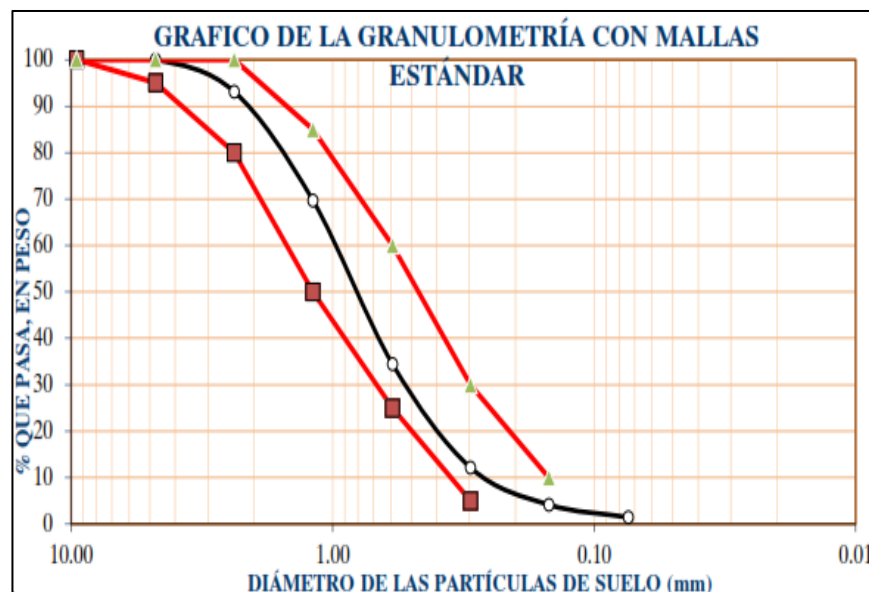
4.1.8. DISEÑO DE MEZCLAS

A) PROPIEDADES FÍSICAS

- **Granulometría:** La granulometría es una medida que describe la granulometría de un material, como suelo, arena o agregados. Este estudio permite entender la proporción de partículas de diferentes tamaños presentes en una muestra. Se expresa generalmente mediante una curva granulométrica o mediante valores estadísticos como el tamaño medio, el índice de dispersión y factor de uniformidad

Figura 23

Gráfico que ilustra la distribución de tamaños de partículas en el agregado fino natural



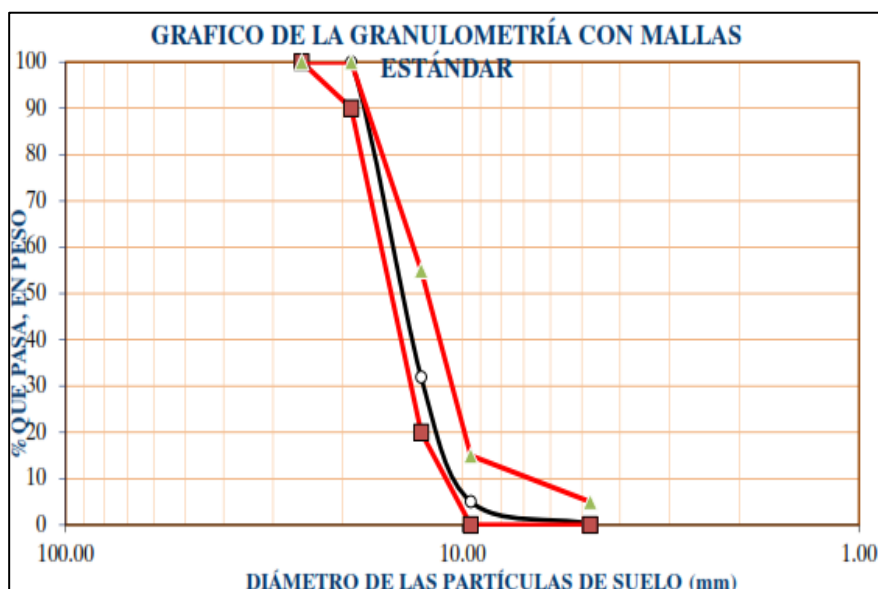
Nota. Granulometría de los agregados.

En la figura 23, se muestra el agregado natural presenta una distribución de partículas que se adecúa a los parámetros estipulados por la normativa (NTP 400.037, 2014), lo que indica que su utilización es adecuada y aceptable.

Módulo de Fineza: De la clasificación granulométrica se derivan de las proporciones acumulativos detenidos en los tamices N° (8, 16, 30, 50 y 100). Estos valores Se añaden los valores y se realiza una división entre 100 para calcular el factor de finura.

Figura 24

Representación gráfica que muestra la clasificación granulométrica del agregado de tamaño ½"



Nota. Granulometría de los agregados finos.

Como se observa en la figura 24, la distribución de tamaños del agregado grueso triturado se ajusta a los valores establecidos en la normativa (NTP 400.037, 2014), lo que garantiza que cumple con los estándares requeridos. No obstante, en ciertos casos, se observa una proximidad notable al límite inferior, lo que sugiere una mayor presencia de partículas grandes. No obstante, su utilización es válida.

Módulo de Fineza: se calculan los valores porcentuales acumulados de material retenido en los tamices de N° (3/4", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50 y 100). Se considera un acumulado del 100%, en el caso de los tamices N°4 a N°100, estos son capaces de retener todo el material que no pasa a través de los tamices de mayor tamaño de forma implícita.

Resultados obtenidos

- Índice de finura del agregado fino = 2.78
- Índice de finura del agregado grueso ½" = 4.60
- **Características físicas**

Tabla 13
Propiedades físicas de los agregados

AGREGADOS NATURALES	Tamaño máx.	Tamaño máx. Nominal	% que pasa por la malla N.º 200
Agr. Fino	-	-	1.37
Agr. Grueso 1/2"	3/4"	1/2"	0.00

Nota. Cálculo de los tamaño máximo y nominal.

- Se selecciona el tamaño mayor de la mezcla con el fin de asegurar una distribución adecuada de la mezcla dentro del molde de 6" x 12", como lo recomienda la normativa. La norma ASTM C31 regula la preparación y el curado de las muestras de concreto en el sitio, especificando que el tamaño mayor del agregado debe cumplir con ciertas especificaciones que no se debe exceder un tercio del diámetro del molde.

A) Determinación de la gravedad específica y absorción de los agregados finos

$$P. E. Nominal = 2.621 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Absorción} = 1.358 \%$$

A medida que aumenta el valor de la densidad, el material será más estable y menos poroso. Asimismo, la densidad debe ser siempre superior a 2.4 para lograr concretos de peso estándar.

B) Determinación de la gravedad específica y absorción de los agregados gruesos 1/2".

$$P. E. nominal = 2.628 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Absorción} = 1.092 \%$$

A medida que aumenta el valor de la gravedad específica, el material se vuelve más estable y menos poroso. Además, para obtener concretos de peso estándar, la gravedad específica debe ser siempre superior a 2.4.

C) Peso unitario seco, suelto y compactado

❖ Agregado fino

P. U. Suelto (g) = 2.13

P. U. Compac. (g) = 2.32

❖ Agregado grueso 1/2"

P. U. Suelto (g) = 1.70

P. U. Compac. (g) = 1.78

D) Contenido de humedad

- Agre. fino = 2.58
- Agre. Grueso 1/2" = 0.59

4.1.9. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES

El propósito de este estudio es examinar cómo el concreto se comporta en flexión cuando se le añaden fibras de PET de tipo A y B en proporciones del 0.05%, 0.10% y 0.15%. Se desarrollaron tres mezclas distintas para dos tamaños de agregados (1/2" y 3/4") con el propósito de alcanzar una resistencia de 210 kg/cm².

El método a emplear seguirá las pautas establecidas por el ACI 211.1, el cual describe dos enfoques para preparar mezclas de concreto normal y compacto.

- 1.- Según una estimación de la carga del concreto por volumen unitario.
- 2.- En función de la determinación del espacio total requerido por los componentes del concreto.

Las técnicas mencionadas ofrecen una estimación inicial de las medidas de los elementos requeridas para preparar el concreto, las cuales deben ser validadas mediante pruebas de mezclas en el laboratorio o en el sitio y ajustadas según sea necesario para alcanzar

las propiedades deseadas tanto según el ACI 211.1, el diseño de mezclas de concreto cubre tanto el concreto en estado fresco se divide en ocho etapas.

1. Selección del asentamiento deseado.
2. Selección del tamaño máximo de los componentes pétreos.
3. Determinación del volumen de agua necesario y de la presencia de aire.
4. Elección de la proporción entre agua y cemento.
5. Determinación de la dosis de cemento requerido.
6. Cálculo de la cantidad de agregados tanto gruesos como finos.
7. Adaptación por el nivel del contenido de agua del agregado.
8. Realización de modificaciones en los ensayos de mezcla según sea esencial.

Información sobre los materiales

A) ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

Tabla 14
Absorción de los agregados

TAMAÑO DE GRAVA	VALOR
Abs. A. fino (%)	= 1.358 %
Abs. A. grueso (%)	= 1.092 %

Nota. Cálculo de las absorciones de los agregados.

B) CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla 15
Contenido de humedad de los agregados

TAMAÑO DE GRAVA	VALOR
A. fino	= 2.58
A. grueso	= 0.59

Nota. Cálculo del porcentaje de agua en los agregados.

C) PESO UNITARIO

Tabla 16

Peso unitario de los agregados

TAMAÑO DE GRAVA	VALOR
P. U. Suelto/P. U. Compa	
A. fino	= 2.13/2.32
A. grueso	= 1.70/1.78

Nota. Cálculo de la densidad aparente de los agregados.

D) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Tabla 17

Tamaño máximo nominal de los agregados

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"
Tamaño máx. Nominal	3/4"

Nota. Cálculo del tamaño máx. nominal de los agregados (1/2").

E) MÓDULO DE FINEZA

Tabla 18

Módulo de fineza de los agregados

TAMAÑO DE GRAVA	VALOR
A. fino	= 2.78
A. grueso 1/2"	= 4.60

Nota. Cálculo de la fineza de los agregados.

F) PESO ESPECÍFICO

Tabla 19

Peso específico de los agregados

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"
P. E. Cemento (g/cm ³)	3.09
P. E. Agre. Fino (g/cm ³)	2.61
P. E. Agre. Grueso (g/cm ³)	2.64

Nota. Cálculo de la densidad relativa, el volumen unitario y las propiedades físicas de los agregados.

G) DETERMINACIÓN DEL PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (F'_{CR}).

Hay dos enfoques para determinar la resistencia media: uno implica el uso de información necesaria para calcular la medida de dispersión del espécimen, y el otro se aplica cuando no hay datos disponibles para tal cálculo. Dado que este trabajo de investigación no cuenta con datos previos, se aplicará el segundo enfoque en todos los diseños.

Tabla 20

La resistencia promedio a la compresión requerida se determina cuando no se dispone de datos para calcular la desviación estándar de la muestra

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, MPA	RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN, MPA
$F_c < 20$	$F_{cr} = F_c + 7.0$
$20 \leq F_c \leq 35$	$F_{cr} = F_c + 8.5$
$F_c > 35$	$F_{cr} = 1.10 F_c + 5.0$

Nota. ACI 318.05 - Tabla 5.3.2.2. o Norma E.060.

En nuestro estudio, emplearemos un rango de resistencia de 20 a 35 MPa, dado que la fortaleza de nuestro diseño es de 210 kg/cm², equivalente a 20.594 MPa.

H) ELECCIÓN DEL NIVEL DE CONSISTENCIA

La mezcla de concreto será preparada con una textura dúctil, con un rango de deformación entre 3" y 4" (75 mm a 100 mm) si se compacta mediante vibración; y de 5" o menos de (12.5 cm) si se compacta mediante varillado según (Rivva López, 1992).

Para todos los niveles de resistencia y categorías, se exige que la mezcla tenga una textura plástica durante la colocación.

Asentamiento: 3" a 4"

I) VOLUMEN DE AGUA A UTILIZAR

La cantidad de agua por unidad se elige según lo especificado en la Tabla 6.3.3, que establece las indicaciones generales para la mezcla de agua y aire según asentamientos y tamaños máximos de agregados nominales.

Tabla 21*Elección del volumen unitario de agua para agregados de 1/2 pulgada*

AGUA, EN l/m3 PARA LOS TAMAÑOS MAX. NOMINAL DE AGRE. GRUESO Y CONSISTECIA								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado								
1" a 2"	207	190	190	179	166	154	130	11
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	199
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Nota. Se utilizará 216 lt/m3 en volumen unitario de agua seleccionado para agregados de 1/2 pulgada.

J) CONTENIDO DE AIRE EN LA MEZCLA

Tabla 22*Contenido de aire retenido en la mezcla*

TAM. MÁX. NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8"	3%
1/2"	2.5%
3/4"	2%
1"	1.5%
1 1/2"	1%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.1%

Nota. Aire atrapado 2.50%, (Rivva López, 1992).

K) RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

La proporción a/c es uniforme para las tres muestras, sin importar las dimensiones de los agregados; su variación se determina únicamente de acuerdo con la resistencia promedio del concreto.

Tabla 23*Proporciones de agua/cemento*

F'c (kg/cm2) (28días)	PROPORCIÓN DE AGUA/CEMENTO	
	Conc. Sin Aire	Conc. Con Aire
150.00	0.80	0.71
200.00	0.70	0.61
250.00	0.62	0.53
300.00	0.55	0.46
350.00	0.48	0.40
400.00	0.43	
450.00	0.38	

Nota. Relación de agua y cemento, ACI 318.05 - Tabla 6.3.4 (a).

Dado que nuestra resistencia promedio $F'c$ es de 296.68 kg/cm² y no se encuentra en la tabla mencionada, es necesario realizar una interpolación:

25 0 0.62

296.67 X $\Rightarrow x = 0.555$

300 0.55

L) ÍNDICE DE CEMENTO

Se calcula dividiendo el contenido de agua requerida por la proporción (a/c) y el número de sacos de cemento. Posteriormente, el factor cemento se divide por el peso de un saco de cemento para determinar el número de sacos necesarias.

Tabla 24
Índice de cement

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"
F. Cemento (kg)	= 398.17
Cemento (Bls)	= 9.16

Nota. Índice y factor del cemento.

M) VOLUMEN TOTAL DE LA PASTA

Se calcula el volumen total de la mezcla mediante la suma de los volúmenes individuales de cemento, agua y aire en función de cada resistencia. Se establece el volumen por unidad de volumen para cada uno de los elementos de la mezcla, teniendo en cuenta a las tres cantidades ya mencionadas líneas arribas.

Tabla 25
Volumen absoluto de la pasta (1/2")

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA (1/2")			
FAC. Cemento (kg)	398.17	3.11	0.14
Agua (Lt)	260.00	1.00	0.22
Aire (%)	2.50	100.00	0.03
Vol. De la mezcla			0.39

Nota. Determinación del volumen de la mezcla.

N) VOLUMEN DE AGREGADOS

El cálculo del volumen se realiza restando de la pasta a 1. Se utiliza 1 como referencia, ya que las proporciones del concreto se determinan para 1 metro cúbico.

Tabla 26
Volumen de los agregados

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"
Vol. Abs. De los agregados	0.62

Nota. Cálculo del volumen de absorción de los agregados (1/2").

O) ÍNDICE DE FINURA DE LA MEZCLA

Para determinar el índice de finura, hay dos métodos disponibles: uno según las directrices del ACI que emplea la proporción entre el volumen de agregado grueso y la masa total del hormigón, y otro basado en una tabla creada por Stanton Walker.

Tabla 27
Índice de finura de la mezcla de agregados

Tamaño máx. Nominal del Agre.	MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS PO BOLSA DE CEMENTOS			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.36

Nota. Cálculo del tamaño máx. nominal de los agregados (1/2").

Como se puede ver en la tabla la cantidad de sacos de cemento no están directamente proporcionados en la determinación de la proporción de cemento, por lo que es necesario estimar esos datos para obtener lo siguiente:

Tabla 28

El valor del módulo de fineza que asegura la trabajabilidad deseada en función de los contenidos de cemento especificados en sacos por metro cúbico

TAMAÑO DE GRAVA	1/2"
Módulo de fineza	4.70

Nota. Cálculo del índice de finura del agregado (1/2").

P) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

Las siguientes ecuaciones serán empleadas en casos de tener agregados naturales sin mezclas:

Dónde:

- **Rf** = Indica del % fino.
- **Rg** = Indica del % grueso.
- **Mg** = Corresponde a la finura del agregado grueso.
- **Mf** = Indica la finura del agregado fino.
- **M** = Representa la finura de la mezcla.

Tabla 29

Porcentaje de participación del agregado fino y grueso (tamaño de 1/2 pulgada)

AGRE. 1/2"	% AG.
Mg.	6.95
Mf.	2.86
M.	4.7
Rf.	0.55
Rg.	0.45

Nota. Valores del porcentaje de participación de los agregados.

Q) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN TOTAL

La cantidad de espacio ocupada por los agregados se calcula considerando rf y rg para determinar la proporción de cada agregado en relación con estos valores el volumen total de los agregados en estado absoluto.

Tabla 30
Volumen absoluto de los agregados ($\frac{1}{2}$ ")

PROP. AGREG. 1/2"	Rf y Rg		Vol. A. F. y A.G.	Vol. Absoluto
% AG	Rf	0.55	0.348	0.62
	Rg	0.45	0.285	

Nota. Cálculo del volumen de absorción de los agregados ($\frac{1}{2}$ ").

R) PESOS DE LOS AGREGADOS DESPUÉS DEL SECADO

Para calcular la masa por unidad de se calcula el volumen de los agregados multiplicando el volumen por la densidad correspondiente en cada situación:

Tabla 31
Masas secas de los agregados (tamaño de $\frac{1}{2}$ ")

PROP. AGREG. 1/2"	Agregado	Vol. A. F. y A.G.	Peso Espec.	Peso seco (kg)
% AG	A. fino	0.348	2.61	955.28
	A. grueso	0.285	2.62	787.02

Nota. Cálculo de las masas secas de los agregados ($\frac{1}{2}$ ").

S) VALORES PRELIMINARES DE DISEÑO

Tabla 32
Valores de diseño preliminar ($\frac{1}{2}$ ")

AGRE. 1/2"	% AG.
Cemento	389.19
Agua	216.00
A. Fino	955.28
A. Grueso	787.02

Nota. Valor de los diseños preliminares de los agregados ($\frac{1}{2}$ ").

T) AJUSTES POR CONTENIDO DE HUMEDAD

Antes de aplicar la corrección debido a la humedad, es necesario separar el agregado natural del reciclado en la fracción gruesa.

Tabla 33
Separación de los finos y agregados gruesos ($\frac{1}{2}$ ")

PROP. AGREG. 1/2"	Agregado	Peso seco (kg)
% AG	A. fino	955.28
	A. grueso	787.02

Nota. Valor de la separación de los agregados ($\frac{1}{2}$ ").

Tabla 34
Aporte de agua (1/2")

PROP. AGREG. 1/2"	Agregado	Peso seco (kg)	Absorción	Cont. Hum.	Aporte de Agua
% AG	A. fino	955.28	1.338	2.58	-12.45
	A. grueso	787.02	1.062	0.59	-7.50

Nota. Valor del contenido de agua en los agregados.

Tabla 35
Aporte de agua real (1/2")

PROP. AGREG. 1/2"	Agregado	Peso seco (kg)	Cont. Hum.	Pes. Hum.	Aporte de Agua	Aporte de Agua
% AG	A. fino	955.28	2.58	957.86	-19.95	239.78
	A. grueso	787.02	0.59	787.61		

Nota. Valor del aporte de agua real para los agregados.

U) PROPORCIONES DEFINITIVAS

Los resultados se muestran en las tablas siguientes en kilogramos y litros.

Tabla 36
Proporciones definitivas en kg. y lt. (1/2")

AGRE. 1/2"	% AG.
Cemento	389.19
Agua	236.71
A. Fino	955.28
A. Grueso	787.02

Nota. Valores definitivos de los agregados.

4.1.10. PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE CONCRETO

El método empleado Para asegurar la correcta preparación y curado de las muestras de concreto en el laboratorio, es necesario seguir las pautas definidas en la normativa NTP 339.183, lo que permite obtener resultados fiables y consistentes en las pruebas.

A) EQUIPAMIENTO O INSTRUMENTOS

- **Model:** Los contenedores y las cubiertas para las muestras de hormigón deben ser elaborados con acero que no absorba ni reaccione con el cemento Portland o cualquier otro tipo de cemento hidráulico presente en la mezcla. Estos recipientes deben ajustarse a las medidas y tolerancias indicadas en las normativas correspondientes. Además, deben conservar sus dimensiones y forma en todas las condiciones de uso, y su capacidad de impermeabilidad será evaluada en función de su habilidad para retener el agua que contienen. En nuestro estudio, utilizamos moldes prismáticos con dimensiones de 15x15x60 cm.

Figura 25

Recipientes para muestras de concreto



Nota. Muestra de los moldes que se usaron para elaborar las muestras.

- **Varillas de compactación de muestras:** Se pueden utilizar dos tipos de varillas de compactación según la técnica de prueba. Estas varillas deben ser de acero, tener un corte transversal circular recto y un borde curvado para compactar, con un diámetro igual al de la varilla. Para nuestro estudio, se empleó una varilla con un diámetro de 1.6 cm (5/8") y una longitud aprox. de 60.0 cm (24").

- **Martillo de goma:** Tendrá un peso de 0.6 kg con una tolerancia de ± 0.20 kg, lo que equivale a un rango de 1.25 ± 0.50 lb.
- **Envase para recoger y mezclar muestras:** Si se utiliza una mezcladora, se debe permitir que el recipiente reciba toda la descarga y permita un remezclado con una pala o espátula. En nuestro estudio, se empleó un buggy para este propósito.
- **Mezcladora de concreto:** Se requiere que esté motorizada y el equipo de mezcla debe estar compuesto por un tambor giratorio, un mezclador que pueda ser vertical o inclinado, un recipiente adecuado que garantice una mezcla uniforme, o, alternativamente, una máquina con una paleta giratoria que facilite la correcta combinación de los materiales. En nuestro estudio, utilizamos una mezcladora motorizada con un tambor giratorio.

B) Moldes

- **Molde prismático:** Las dimensiones de las muestras para el ensayo deben ajustarse a lo especificado, según el procedimiento establecido en la especificación, ya sea a través del método de ensayo correspondiente o siguiendo las prácticas estándar aplicables, se garantiza la correcta ejecución de los estudios de laboratorio necesarios.
- **Relación entre las dimensiones del espécimen y el tamaño del agregado:** Las muestras deben mantener una proporción entre sus lados de 1 a 3, y además, es posible emplear viguetas prismáticas con dimensiones de 0.15 m x 0.15 m x 0.45 m (6 pulgadas x 6 pulgadas) con una medida de longitud 3 veces superior a su grosor, según lo estipulado en la NTP 339.078. Para nuestro estudio, se fabricarán muestras de 0.15x0.15x0.60 m que cumplen con dicho requisito.
- **Determinación de los materiales necesarios para las viguetas:** Para calcular los materiales necesarios para las viguetas, primero se

tuvo en cuenta el volumen de cada molde. Luego, se añadió el volumen total de las fibras de PET en diferentes porcentajes, siguiendo una serie de procedimientos específicos que se detallan a continuación:

- Después de calcular la cantidad de materiales por metro cúbico, calculamos la cantidad exacta de cada material necesario para una vigueta, aplicando el método de proporciones para asegurar que la mezcla sea precisa y adecuada para el volumen específico.

Tabla 37

Volumen de concreto para una vigueta utilizando agregado de ½"

		Peso (kg)	Volumen (m3)
Lado 1 0.150 – Lado 2 0.150 Longitud 0600 Volumen 0.0135 	Agua	3.31	0.00331
	Cemento	5.300	0.0053
	Ag. Grueso	10.49	0.01049
	Ag. Fino	12.69	0.01269
	Pet	-	-
	Total	31.79	0.03179

Nota. Muestra de las dimensiones del molde que se uso para elaborar los moldes.

- Seguido de esto, se detallan la proporción final de los componentes para cada lote de 4 viguetas, especificando las cantidades correspondientes a cada porcentaje de mezcla, con el fin de asegurar la precisión en la producción de cada vigueta, teniendo en cuenta un 0 % y un 25 % de desperdicio para ensayos de asentamiento y pérdida de sustancias adheridos al equipo de mezcla, entre otros aspectos.
- Combinación para viguetas rectangulares de 60 centímetros de longitud por 15 centímetros de ancho sin desperdicio.

Tabla 38
Proporciones definitivas para las muestras

MUESTRA (N.º)	MATERIAL	AGREGADO	PE T (%)	CAMEN TO (kg)	A. FINO (kg)	A. GRUESO (kg)	CANTIDAD
1	Patrón	1/2"	0	389.19	955.28	787.02	15
2	Fibra	1/2"	0.2	389.19	955.28	787.02	15
3		1/2"	0.6	389.19	955.28	787.02	15
4		1/2"	0.8	389.19	955.28	787.02	15

Nota. Tabla de las proporciones que se deben de usar para elaborar cada molde.

C) Preparación de los moldes

- **Temperatura:** Antes de proceder con la mezcla del concreto, es necesario que los materiales estén a temperatura ambiente, idealmente entre 20 °C y 30 °C (68 °F a 86 °F), a menos que se indique lo contrario.
- **Cemento:** Guardar el cemento en un entorno seco y en recipientes que protejan contra el contenido hídrico.
- **Agregados:** Con el objetivo de evitar la separación del material, es necesario dividir las secciones separadas en tamaños convenientes y, para cada lote, volver a combinarlos los materiales en cantidades adecuadas para obtener la gradación del agregado necesaria.

D) Método de mezcla

Combinar los componentes del hormigón utilizando una máquina apropiada o manualmente, en lotes de magnitud suficiente para permitir un excedente del 10%, tras el proceso de moldeo de las muestras de pruebas. Es crucial mantener la misma orden de mezcla y los pasos entre lotes, a menos que se esté llevando a cabo una investigación para analizar cómo esas variaciones podrían afectar los resultados.

- **Mezclado en equipo mecánico:** Antes de iniciar la rotación del equipo mezclador, se agrega el material grueso y una porción del

agua utilizada en la mezcla y, si es necesario, la solución del aditivo. Se pone en marcha la mezcladora y luego se añade el compuesto formado por agregado, cemento, agua y aditivo, todo mientras el trompito está en actividad. Después de que todos los componentes estén dentro del trompito, se mezcla el hormigón durante 3 minutos, seguido de un reposo de 3 minutos y luego se realiza una mezcla final durante 2 minutos. Durante el periodo de reposo, se cubre la parte superior o abierta del equipo de mezclar, con el objetivo de minimizar la evaporación. Se toman precauciones para asegurar que toda la mezcla sea descargada de manera proporcional. Para evitar la separación de los componentes, cuando se transporta el hormigón combinado a un recipiente en condiciones limpias y húmedas y se remezcla con una lampa hasta conseguir una mezcla consistente.

Figura 26
Preparación de la mezcla con el trompito



Nota. En la imagen se puede apreciar el proceso de preparación de la mezcla que se utilizará más adelante para llenar los moldes.

- **Concreto preparado:** Elegir las porciones del lote de concreto mezclado que se usarán para la formación de muestras de modo que reflejen adecuadamente las proporciones y la condición del concreto en ese momento.

Figura 27

Lote de concreto preparado en una sola vez



Nota. La imagen exhibe el proceso de vertido de la mezcla en el molde.

E) Preparación de muestras.

- **Ubicación para moldear:** Moldear las muestras lo más cerca posible de su lugar de almacenamiento durante las primeras 24 horas. En caso de que no sea factible moldearlos en el área de depósito, deben trasladarse Justo después de su obtención. Las muestras deben colocarse encima de una base firme y estable, sin vibraciones ni interferencias. Se debe evitar cualquier golpe, impacto o desplazamiento de los moldes al mover las muestras al área del depósito.
- **Moldeo:** Verter el hormigón en los moldes aplicando una cuchara o una pala, asegurándose de que cada carga esté completamente llena y representativa de la mezcla. Es posible que sea necesario mezclar nuevamente el concreto en el envase con la pala o la cuchara para evitar la segregación durante el vertido en los moldes. Al verter el concreto, mover la pala o la cuchara alrededor del borde superior del molde para lograr una distribución uniforme y reducir la segregación del agregado grueso. Antes de consolidar el concreto, distribuirlo

uniformemente con la ayuda de una varilla compactadora. Añadir solo la cantidad justa para completar el molde después de compactar, evitando agregar muestras no representativas para completar el llenado del molde.

Figura 28

Se lleva a cabo la verificación del concreto con fibras PET durante la primera capa de vaciado



Nota. En la imagen se muestra la combinación de concreto junto con el polietileno dentro de uno de los moldes.

- **Acabados:** Después de compactar, para nivelar la superficie del molde, se puede usar una varilla de compactación o una paleta de madera, dependiendo de la consistencia del concreto. Es importante asegurarse de que el material quede bien distribuido. Si es necesario, para conseguir un acabado más suave y uniforme, se puede añadir una capa fina de pasta de cemento Portland sobre los cilindros recién moldeados.

Figura 29

Se realiza el vaciado completo, incluyendo la muestra patrón con fibras PET



Nota. La totalidad de la mezcla se ha vertido en las muestras.

- **Curado:** El proceso de curado de la muestra consiste en asegurarse de que el concreto se mantenga en un ambiente con la humedad y temperatura adecuadas. Esto ayuda a que el material se cure correctamente y desarrolle las propiedades necesarias para garantizar su resistencia y durabilidad con el tiempo

Salvo indicación contraria, todos los especímenes deben ser sometidos a un curado del concreto debe llevarse a cabo en condiciones de humedad controlada y a una temperatura constante de 23 °C con una variación de ± 2 °C, desde que se moldea hasta el momento en que se realiza el ensayo, para asegurar que el material adquiera las propiedades necesarias de manera adecuada. Después de los 48 h. de curado, es necesario almacenar los especímenes en un ambiente libre de vibraciones. Para las muestras que han sido desmoldados, el curado húmedo implica que deben permanecer libres de agua en la superficie en todo momento. El curado adecuado puede lograrse utilizando espacios con condiciones controladas de humedad o tanques diseñados para mantener el agua, utilizados durante el proceso de curado, siguiendo las directrices establecidas en la normativa NTP 334.077.

Figura 30
Curado de las muestras



Nota. Ubicación de los moldes en la piscina para su adecuado procedimiento de curado.

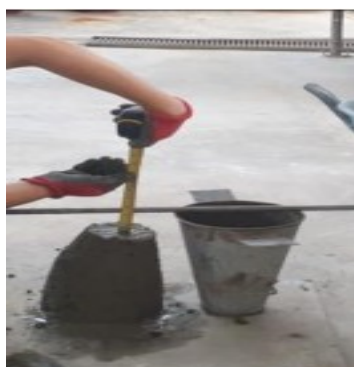
4.1.11. ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO FRESCO

❖ Asentamiento NTP 339.035

Primero, se coloca una cantidad de concreto fresco en un molde cónico truncado, conocido como Cono de Abrams, y se compacta usando una varilla. Luego, se retira el molde con cuidado para que el concreto se asiente. La diferencia de altura entre la posición inicial y la final, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se anota como el desplazamiento

Figura 31

Determinación del grado de asentamiento durante la prueba del concreto fresco



Nota. Medición del nivel de asentamiento durante la prueba del concreto fresco.

4.1.12. PRUEBAS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO QUE HA ALCANZADO SU ESTADO ENDURECIDO

❖ Pruebas para determinar la resistencia a la flexión de las viguetas

La evaluación de la resistencia a la flexión, conforme a la norma (ASTM C 78 / NTP 339.078), implica la aplicación de cargas verticales ubicadas en las secciones centrales de las viguetas, con el propósito de calcular el módulo de rotura (M_r), asegurando que la falla se produzca en la zona central o a una distancia no mayor al 5% de la longitud de la viga. Las muestras de prueba deben ser fabricadas en posición horizontal sobre superficies planas. Las muestras utilizadas deben ser rectos, verticales y lisos, con medidas no inferiores a 5.00 cm de longitud por 1.50 cm de ancho, cumpliendo con variaciones permitidas de 0.3 cm

en las secciones y 0.2 cm en las longitudes., según lo establecido en las normativas ASTM C31 / NTP 339.033. Además, se debe evitar la presencia de irregularidades y superficies ásperas, corrigiéndolas según lo indicado en la normativa ASTM C 617 / NTP 339.037, mediante técnicas como el lijado, desgaste con esmeril o refrentado.

- **Procedimiento:**

- a) Después de transcurridos los periodos de 7, 14 o 28 días, extraer los especímenes dentro de la cámara de curado con humedad y reparar cualquier irregularidad o arista que presenten en su superficie, respetando las tolerancias permitidas por la normativa aplicable.
- b) Medir los lados de las viguetas, preferiblemente tomando dos medidas en cada lado.
- c) Marcar las líneas de referencia para posicionar los soportes en las viguetas siguiendo las indicaciones de la fotografía II-100, conforme a los estándares ASTM C78 / NTP 339.078.
- d) Colocar las muestras en la máquina de flexión, rotando sobre uno de sus flancos en relación con la orientación del molde original, asegurando que las losas de soporte estén centradas en los puntos de referencia señalados.

Figura 32

Posicionamiento de las viguetas en el equipo de prueba



Nota. Ubicación de las viguetas en el equipo de ensayo, seguido por la ejecución de la ruptura de la muestra.

- e) Aplicar la carga a una velocidad de 0.9 MPa/min y 1.2 MPa/min, de forma constante y sin golpes.

Figura 33

Aplicación de fuerza en las viguetas



Nota. Fractura de las muestras.

- f) Después de la prueba de las viguetas, es necesario confirmar que la fractura haya ocurrido en la parte intermedia para que el cálculo del módulo de rotura sea válido. Se constata que en ninguna ocasión se observó que las fracturas ocurrieran fuera de la sección central. En consecuencia, se empleó la siguiente fórmula.

$$Mr = PL/bh^2$$

Dónde:

- **Mr** = Módulo de resistencia a la flexión.
- **P** = Carga máx. de fractura.
- **L** = Espaciado entre puntos de apoyo en la base.
- **B** = Ancho de la viga.
- **H** = Altura de la viga.

Figura 34

Confirmación de fracturas en la región central de las viguetas



Nota. Muestras después de la aplicación de la fuerza de ruptura.

4.1.13. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

A) Resultado obtenido tras el proceso de fraguado del hormigón para llevar a cabo pruebas de flexión

Tabla 39

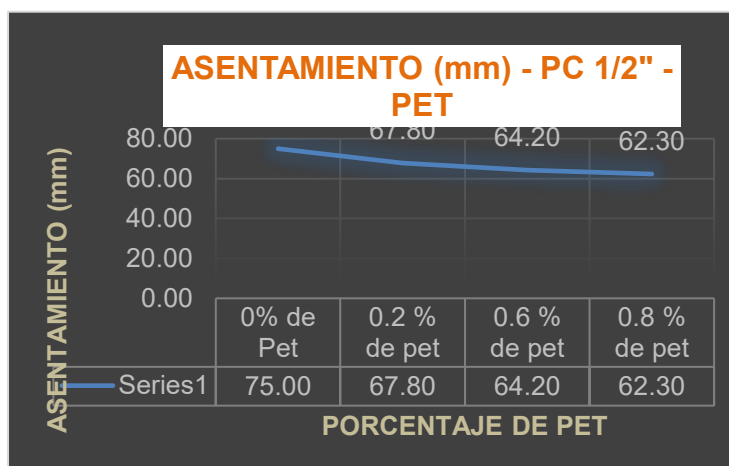
Acomodo o nivelación del hormigón

TAMAÑO DE AGREGADO	ASENTAMIENTO PARA CADA PROPORCIÓN (mm)			
	0% de Pet	0.2 % de pet	0.6 % de pet	0.8 % de pet
1/2"	75.00	67.80	64.20	62.30

Nota. La medida de asentamiento para cada muestra.

Figura 35

Representación gráfica de la evolución del asentamiento en función del tiempo para un agregado de tipo (pet+ piedra 1/2)"



Nota. Gráfico de la medida de asentamiento para cada muestra.

Tal como se nota, conforme aumenta la cantidad de fibra PET en el hormigón aumenta, el grado de asentamiento disminuye, lo que puede complicar la manipulación del hormigón fresco. Por consiguiente, se sugiere la utilización de aditivos plastificantes para contrarrestar este efecto.

4.1.14. HALLAZGOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL HORMIGÓN UNA VEZ QUE HA ALCANZADO SU ESTADO DE ENDURECIMIENTO

A) Resultados de las pruebas de resistencia a la flexión llevadas a cabo en las viguetas

Seguidamente, se presentan los resultados de los módulos de rotura de las viguetas, calculados con la fórmula que se describe en el primer capítulo, figura I-4. Estos resultados se enfocan en las viguetas que sufrieron fracturas en el tercio central de la luz, permitiéndonos estudiar cómo se comportaron bajo carga en esa zona específica.

- Resultados de las pruebas de resistencia a la flexión a los 7 días de curado, utilizando distintos porcentajes de Fibra (PET + piedra 1/2%), incluyendo 0.00%, 0.2%, 0.6% y 0.8%.

Tabla 40

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0 % de pet

0 % DE PET - 1/2" - 7 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm²)	Pro. Mr (Kgf/cm²)
1	-	1/2"	36.49	36.72
2	-	1/2"	36.55	
3	-	1/2"	36.71	
4	-	1/2"	36.79	
5	-	1/2"	37.05	

Nota. Resultado de las Ensayos de resistencia a la flexión tras 7 días de curado, utilizando una mezcla sin adición de polietileno.

Tabla 41

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0.2 % de pet

0.2 % DE PET - 1/2" - 7 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2) —
1	0.2	1/2"	38.51	39.00
2	0.2	1/2"	38.65	
3	0.2	1/2"	38.75	
4	0.2	1/2"	38.96	
5	0.2	1/2"	40.15	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 7 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.2%.

Tabla 42

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0.6 % de pet

0.6 % DE PET - 1/2" - 7 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2) —
1	0.6	1/2"	39.65	40.49
2	0.6	1/2"	39.98	
3	0.6	1/2"	40.79	
4	0.6	1/2"	40.98	
5	0.6	1/2"	41.05	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 7 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.6%.

Tabla 43

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 07 días con 0.8 % de pet

0.8 % DE PET - 1/2" - 7 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2) —
1	0.8	1/2"	33.65	35.23
2	0.8	1/2"	34.58	
3	0.8	1/2"	35.21	
4	0.8	1/2"	35.98	
5	0.8	1/2"	36.72	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 7 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.8%.

- Resultados de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días de curado, utilizando distintos porcentajes de Fibra (PET + piedra 1/2%), incluyendo 0.00%, 0.2%, 0.6% y 0.8%.

Tabla 44

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0 % de pet

0 % DE PET - 1/2" - 14 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2)
1	-	1/2"	41.19	41.81
2	-	1/2"	41.55	
3	-	1/2"	41.81	
4	-	1/2"	41.97	
5	-	1/2"	42.55	

Nota. Resultado de las pruebas de ensayos de flexión después de 14 días de curado, utilizando una mezcla sin adición de polietileno.

Tabla 45

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0.2 % de pet

0.2 % DE PET - 1/2" - 14 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2)
1	0.2	1/2"	43.55	43.86
2	0.2	1/2"	43.72	
3	0.2	1/2"	43.85	
4	0.2	1/2"	43.95	
5	0.2	1/2"	44.23	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 14 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.2%.

Tabla 46

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0.6 % de pet

0.6 % DE PET - 1/2" - 14 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2)
1	0.6	1/2"	45.21	46.57
2	0.6	1/2"	45.72	
3	0.6	1/2"	45.89	
4	0.6	1/2"	45.93	
5	0.6	1/2"	50.12	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 14 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.6%.

Tabla 47

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 14 días con 0.8 % de pet

0.8 % DE PET - 1/2" - 14 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2)
1	0.8	1/2"	35.69	37.84
2	0.8	1/2"	36.93	
3	0.8	1/2"	37.85	
4	0.8	1/2"	38.99	
5	0.8	1/2"	39.75	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 14 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.8%.

- Resultados de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días de curado, utilizando distintos porcentajes de Fibra (PET + piedra 1/2%), incluyendo 0.00%, 0.2%, 0.6% y 0.8%.

Tabla 48

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0 % de pet

0 % DE PET - 1/2" - 28 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2)
1	-	1/2"	44.16	44.96
2	-	1/2"	44.59	
3	-	1/2"	44.87	
4	-	1/2"	45.22	
5	-	1/2"	45.98	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 28 días de curado, utilizando una mezcla sin adición de polietileno.

Tabla 49

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0.2 % de pet

0.2 % DE PET - 1/2" - 28 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2)
1	0.2	1/2"	47.28	48.17
2	0.2	1/2"	47.69	
3	0.2	1/2"	47.93	
4	0.2	1/2"	48.59	
5	0.2	1/2"	49.35	

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 28 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.2%.

Tabla 50

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0.6 % de pet

0.6 % DE PET - 1/2" - 28 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2) —
1	0.6	1/2"	48.56	49.22
2	0.6	1/2"	48.89	—
3	0.6	1/2"	48.95	—
4	0.6	1/2"	49.56	—
5	0.6	1/2"	50.12	—

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 28 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.6%.

Tabla 51

Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión a los 28 días con 0.8 % de pet

0.8 % DE PET - 1/2" - 28 DÍAS				
MUESTRA N°	% DE PET	AGR.	Mr (Kgf/cm2)	Pro. Mr (Kgf/cm2) —
1	0.8	1/2"	43.27	44.02
2	0.8	1/2"	43.59	—
3	0.8	1/2"	43.85	—
4	0.8	1/2"	44.48	—
5	0.8	1/2"	44.92	—

Nota. Resultado de las pruebas de resistencia a la flexión después de 28 días de curado, utilizando una mezcla añadiendo el polietileno de 0.8%.

B) Resumen de las resistencias a la flexión a los 7, 14 y 28 días para el tipo de material denominado (Polietileno + piedra 1/2").

Tabla 52

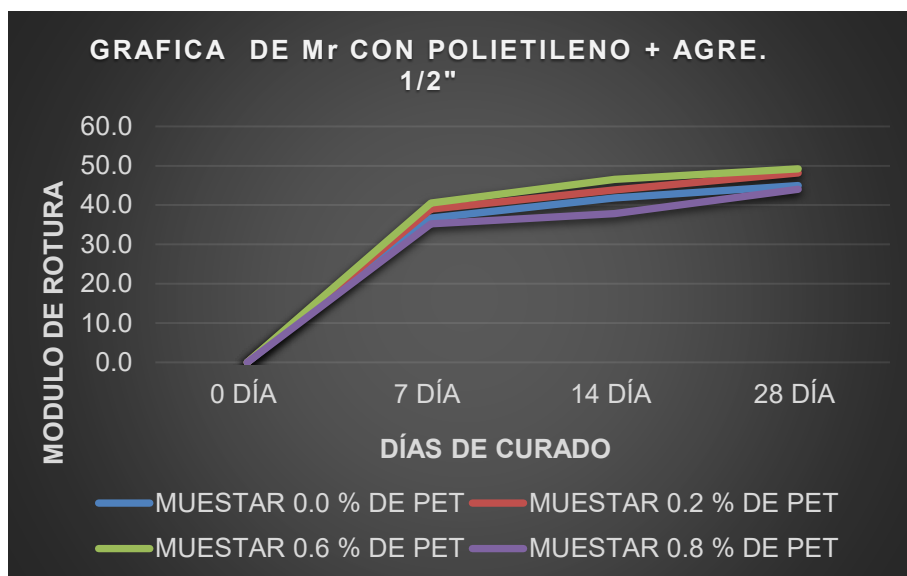
Resumen de las capacidades de resistencia a la flexión del material conocido como (polietileno + piedra 1/2")

DESCRIPCIÓN	% DE PET	0 DÍA	7 DÍA	14 DÍA	28 DÍA
PET + AGREGADO 1/2"	0.0	0.0	36.72	41.81	44.96
	0.2	0.0	39.00	43.86	48.17
	0.6	0.0	40.49	46.57	49.22
	0.8	0.0	35.23	37.84	44.02

Nota. Sumario de los resultados de las pruebas de flexión luego de 7, 14 y 28 días de curado, utilizando una mezcla con adición de polietileno de (0.0%, 0.2%, 0.6% y 0.8%).

Figura 36

Progreso de las resistencias a la flexión utilizando diferentes concentraciones de polietileno, específicamente 0.0%, 0.2%, 0.6% y 0.8%, en el material denominado (pet+ piedra ½")



Nota. Gráfica de la síntesis de los resultados de las pruebas de flexión después de 7, 14 y 28 días de curado, utilizando una mezcla con adición de polietileno de (0.0%, 0.2%, 0.6% y 0.8%).

En la figura 26, se nota que las muestras con un 0.05% de fibra PET tipo (B+p. ¾") a los 7, 14 y 28 días logran alcanzar niveles de módulos de rotura superiores al concreto normal con una resistencia característica de $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$; además, se puede notar que los especímenes con un 0.6% de fibra PET, superan a las muestras con 0.05%. Sin embargo, las muestras con un 0.8% de fibra PET, tienden a situarse inferiores a los valores del concreto convencional para los períodos de 7, 14 y 28 días.

4.1.15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico es el proceso de recopilar, organizar, analizar e interpretar datos para obtener conclusiones significativas y tomar decisiones informadas. Implica utilizar métodos estadísticos y técnicas para describir y resumir datos, detectar patrones, relaciones o tendencias en los datos, y realizar inferencias sobre una población más amplia basándose en una muestra de datos recopilados. El análisis estadístico se utiliza en una amplia gama de campos.

Este capítulo se dedica exclusivamente a presentar tablas que contienen Evaluación estadística y pruebas de hipótesis para determinar las resistencias a la flexión del concreto tras 28 días de curado.

Se incluyen en las tablas de análisis estadístico la evaluación de la calidad del concreto conforme a los lineamientos de la norma ACI 214-77. Estas evaluaciones se basan en los valores de las desviaciones estándares y los coeficientes de variación correspondientes a cada porcentaje de fibra PET a los 7, 14 y 28 días."

Por otro lado, en las tablas de pruebas de hipótesis muestran las condiciones detalladas bajo las cuales se rechazan o aceptan las hipótesis nulas y alternativas. Esto se determina comparando la estadística de pruebas (tp) con los valores críticos de la tabla, establecidos según el grado de libertad.

C) Análisis estadístico de la resistencia a flexión

Tabla 53

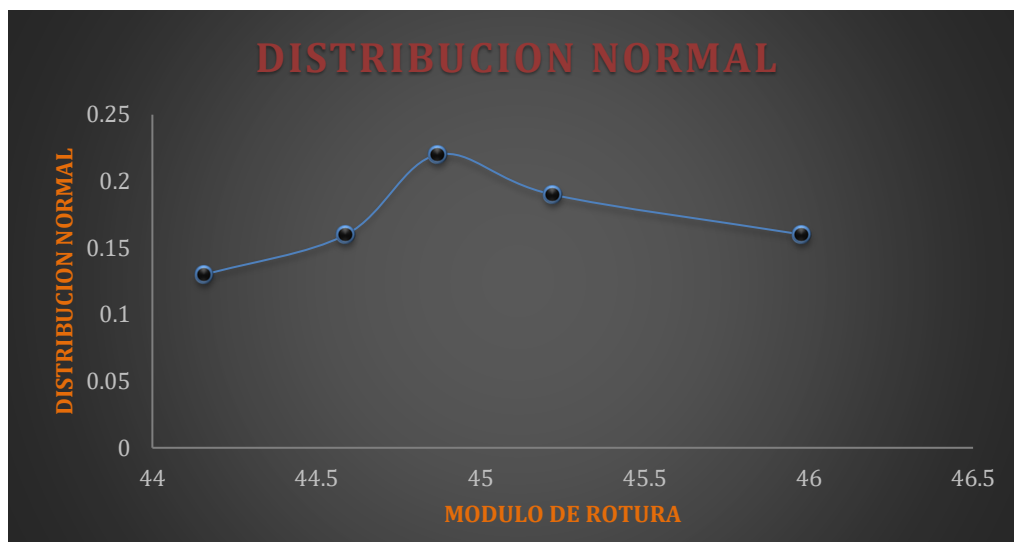
Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (+ piedra ½")

MUESTRA	Mr	Xi - u	(Xi - u) ²	Pro. Mr
Agregado de 1/2" Ensayo a: Flexión 0.0 % de polietileno Días de análisis: 28	44.16	-0.80	0.65	44.96
	44.59	-0.37	0.14	
	44.87	-0.09	0.01	
	45.22	0.26	0.07	
	45.98	1.02	1.03	
Total	224.82		1.89	
Resultado:				
N.º de muestra	5			
Media (u)	44.96			
$\sum (x_i - u)^2$	1.89			
Desviación estándar = σ	0.69			
Varianza $V = \sigma^2$	0.47			
Coef. De variación = CV	0.02			

Nota. Cálculo de la desviación estándar, la varianza y el coeficiente de variación para los datos recopilados después de 28 días de curado sin incluir el polietileno.

Figura 37

Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (+ piedra ½")



Nota. Diagrama de la distribución normal de la resistencia a la flexión después de 28 días de curado sin la inclusión de polietileno.

Clasificación de los datos en el aseguramiento de calidad del concreto de acuerdo con las pautas definidas en la norma ACI

Figura 38

Captura de la Tabla 3.5 - STANDARDS OF CONCRETE CONTROL

TABLE 3.5-STANDARDS OF CONCRETE CONTROL					
Overall variation					
Class of operation	Standard deviation for different control standards, psi (kgf/cm²)				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General construction testing	below 400 (28.1)	400 to 500 (28.1) (35.2)	500 to 600 (35.2) (42.2)	600 to 700 (42.2) (49.2)	above 700 (49.2)
Laboratory trial batches	below 200 (14.1)	200 to 250 (14.1) (17.6)	250 to 300 (17.6) (21.1)	300 to 350 (21.1) (24.6)	above 350 (24.6)
Within-test variation					
Class of operation	Coefficient of variation for different control standards, percent				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control testing	below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	above 6.0
Laboratory trial batches	below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	above 5.0

Nota. Tabla de calificación del concreto, (Tabla 3 – 5 – STANDARDS OF CONCRETE CONTROL).

De acuerdo con los datos de la tabla, se obtienen los valores de la desviación estándar y el coeficiente de variación, los cuales son:

Tabla 54

Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto sin presencia de polietileno, (+ piedra ½")

$\Theta =$	0.69	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	$\Theta <$ 14.10
CV=	1.53	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	CV < 2

Nota. Evaluación de la resistencia a la flexión del concreto después de 28 días sin la presencia de polietileno.

Tabla 55

Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.2 % + piedra ½")

MUESTRA	M_r	$X_i - u$	$(X_i - u)^2$	Pro. M_r
Agregado de 1/2"	47.28	-0.89	0.79	48.17
Ensayo a: Flexión	47.69	-0.48	0.23	
0.2 % de polietileno Días	47.93	-0.24	0.06	
de análisis: 28	48.59	0.42	0.18	
	49.35	1.18	1.40	
Total	240.84		2.65	

Resultado:

N.º de muestra 5

Media (u) 48.17

$\sum (x_i - u)^2$ 2.65

Desviación estándar = Θ 0.81

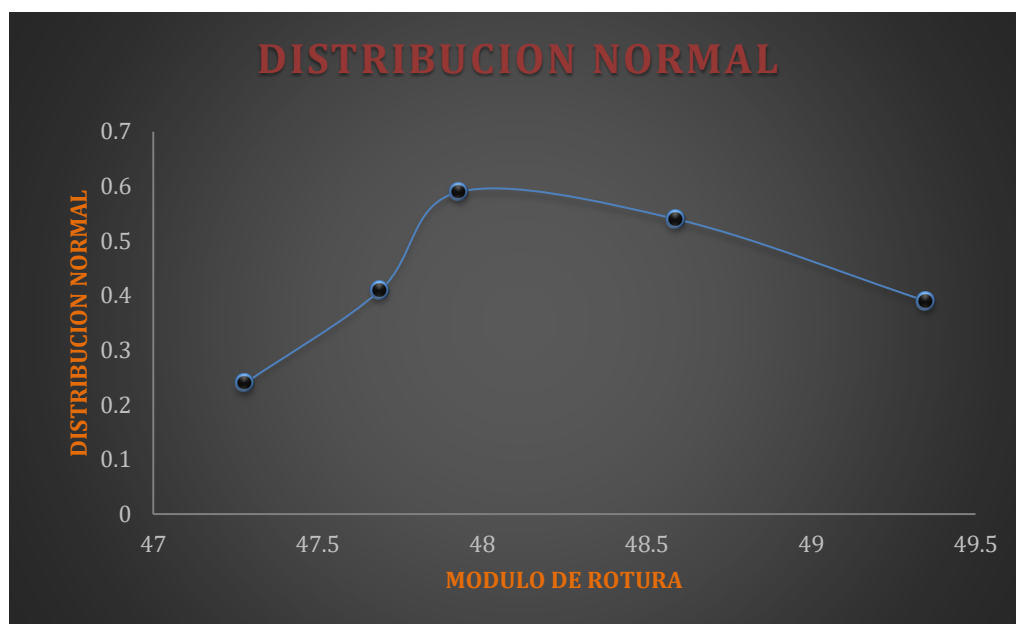
Varianza $V = \Theta^2$ 0.66

Coef. De variación = CV 1.69

Nota. Cálculo de la desviación estándar, la varianza y el coeficiente de variación para los datos recopilados después de 28 días de curado incluyendo el polietileno a 0.2%.

Figura 39

Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (0.2% + piedra ½")



Nota. Diagrama de la distribución normal de la resistencia a la flexión después de 28 días de curado incluyendo el polietileno a 0.2%.

Figura 40

Captura de la Tabla 3.5 - STANDARDS OF CONCRETE CONTROL

TABLE 3.5-STANDARDS OF CONCRETE CONTROL					
Overall variation					
Class of operation	Standard deviation for different control standards, psi (kgf/cm ²)				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General construction testing	below 400 (28.1)	400 to 500 (28.1) (35.2)	500 to 600 (35.2) (42.2)	600 to 700 (42.2) (49.2)	above 700 (49.2)
Laboratory trial batches	below 200 (14.1)	200 to 250 (14.1) (17.6)	250 to 300 (17.6) (21.1)	300 to 350 (21.1) (24.6)	above 350 (24.6)
Within-test variation					
Class of operation	Coefficient of variation for different control standards, percent				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control testing	below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	above 6.0
Laboratory trial batches	below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	above 5.0

Nota. Tabla de calificación del concreto, (Tabla 3 – 5 – STANDARDS OF CONCRETE CONTROL).

De acuerdo con la información de la tabla, se obtienen los valores de la desviación estándar y el coeficiente de variación, los cuales son:

Tabla 56

Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.2 % + piedra ½")

$\Theta =$	0.81	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	$\Theta <$ 14.10
CV=	1.69	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	CV < 2

Nota. Evaluación de la resistencia a la flexión del concreto después de 28 días incluyendo el polietileno a 0.2%.

Tabla 57

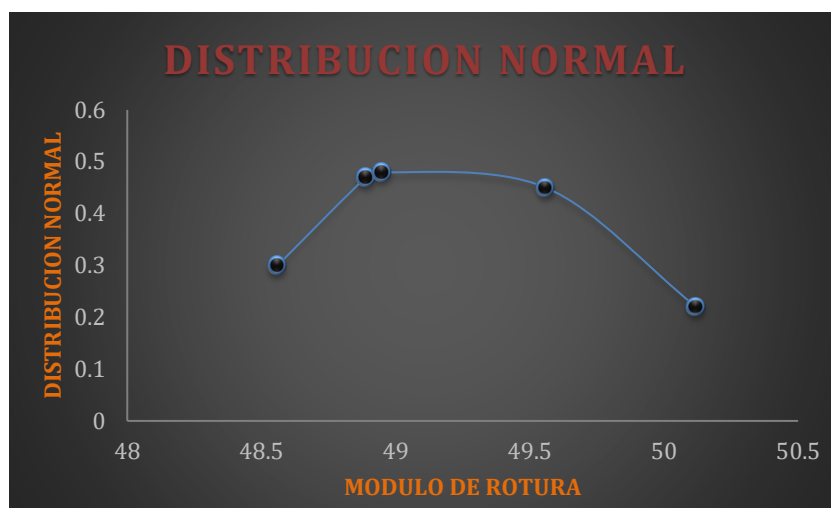
Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.6 % + piedra ½")

MUESTRA	Mr	Xi - u	(Xi - u) ²	Pro. Mr
Agregado de 1/2" Ensayo a: Flexión 0.6 % de polietileno Días de análisis: 28	48.56	-0.66	0.43	49.22
	48.89	-0.33	0.11	
	48.95	-0.27	0.07	
	49.56	0.34	0.12	
	50.12	0.90	0.82	
Total	246.08		1.54	
Resultado:				
N.º de muestra	5			
Media (u)	49.22			
$\sum (x, -u)^2$	1.54			
Desviación estándar = Θ	0.62			
Varianza V = Θ^2	0.39			
Coef. De variación = CV	1.26			

Nota. Cálculo de la desviación estándar, la varianza y el coeficiente de variación para los datos recopilados después de 28 días de curado incluyendo el polietileno a 0.6%.

Figura 41

Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (0.6% + piedra ½")



Nota. Diagrama de la distribución normal de la resistencia a la flexión después de 28 días de curado incluyendo el polietileno a 0.6%.

Figura 42

Captura de la Tabla 3.5 - STANDARDS OF CONCRETE CONTROL

TABLE 3.5-STANDARDS OF CONCRETE CONTROL					
Overall variation					
Class of operation	Standard deviation for different control standards, psi (kgt/cm ²)				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General construction testing	below 400 (28.1)	400 to 500 (28.1) (35.2)	500 to 600 (35.2) (42.2)	600 to 700 (42.2) (49.2)	above 700 (49.2)
Laboratory trial batches	below 200 (14.1)	200 to 250 (14.1) (17.6)	250 to 300 (17.6) (21.1)	300 to 350 (21.1) (24.6)	above 350 (24.6)
Within-test variation					
Class of operation	Coefficient of variation for different control standards, percent				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control testing	below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	above 6.0
Laboratory trial batches	below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	above 5.0

Nota. Tabla de calificación del concreto, (Tabla 3 – 5 – STANDARDS OF CONCRETE CONTROL).

Como muestra la tabla, se obtienen los valores de la desviación estándar y el coeficiente de variación, los cuales son:

Tabla 58

Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.6 % + piedra ½")

$\Theta =$	0.62	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	$\Theta < 14.10$
CV=	1.26	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	CV < 2

Nota. Evaluación de la resistencia a la flexión del concreto después de 28 días incluyendo el polietileno a 0.6%.

Tabla 59

Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.8 % + piedra ½")

MUESTRA	Mr	$Xi - u$	$(Xi - u)^2$	Pro. Mr
Agregado de 1/2" Ensayo a: Flexión 0.8 % de polietileno Días de análisis: 28	43.27	-0.75	0.57	44.02
	43.59	-0.43	0.19	
	43.85	-0.17	0.03	
	44.48	0.46	0.21	
	44.92	0.90	0.81	
Total	220.11		1.80	

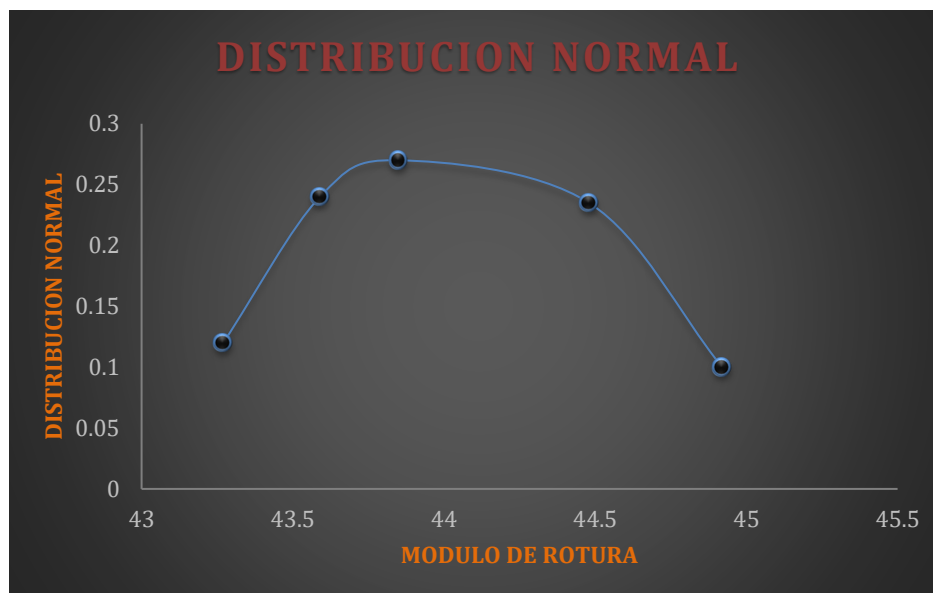
Resultado:

N.º de muestra	5
Media (u)	44.02
$\sum (x, -u)^2$	1.80
Desviación estándar = Θ	0.67
Varianza $V = \Theta^2$	0.45
Coef. De variación = CV	1.52

Nota. Cálculo de la desviación estándar, la varianza y el coeficiente de variación para los datos recopilados después de 28 días de curado incluyendo el polietileno a 0.8%.

Figura 43

Distribución normal de la resistencia a flexión a los 28 días para el concreto sin la presencia de polietileno, (0.8% + piedra ½")



Nota. Diagrama de la distribución normal de la resistencia a la flexión después de 28 días de curado incluyendo el polietileno a 0.8%.

Figura 44

Captura de la Tabla 3.5 - STANDARDS OF CONCRETE CONTROL

TABLE 3.5-STANDARDS OF CONCRETE CONTROL					
Overall variation					
Class of operation	Standard deviation for different control standards, psi (kgf/cm ²)				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General construction testing	below 400 (28.1)	400 to 500 (28.1) (35.2)	500 to 600 (35.2) (42.2)	600 to 700 (42.2) (49.2)	above 700 (49.2)
Laboratory trial batches	below 200 (14.1)	200 to 250 (14.1) (17.6)	250 to 300 (17.6) (21.1)	300 to 350 (21.1) (24.6)	above 350 (24.6)
Within-test variation					
Class of operation	Coefficient of variation for different control standards, percent				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control testing	below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	above 6.0
Laboratory trial batches	below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	above 5.0

Nota. Tabla de calificación del concreto, (Tabla 3 – 5 – STANDARDS OF CONCRETE CONTROL).

De la tabla se puede apreciar los valores obtenidos de la desviación estándar y el coeficiente de variación, los cuales son:

Tabla 60

Evaluación estadística de la resistencia a la flexión a los 28 días para el concreto con la presencia de polietileno, (0.8 % + piedra ½")

$\Theta =$	0.67	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	$\Theta <$ 14.10
CV=	1.52	Se categoriza como:	EXCELENTE	Dado que	CV < 2

Nota. Evaluación de la resistencia a la flexión del concreto después de 28 días incluyendo el polietileno a 0.8%.

D) Planificación experimental del estudio

El esquema experimental de la investigación implica llevar a cabo pruebas experimentales predefinidas con el propósito de recopilar datos que serán posteriormente analizados utilizando métodos estadísticos para abordar preguntas específicas dentro de la investigación. En este estudio, se empleó la teoría de la prueba t de Student, la cual permite extraer conclusiones sobre las medias de un conjunto con un número determinado de grados de libertad, ya sea $n-1$ o $n_x + n_y - 2$.

Según Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008), se plantearon las siguientes hipótesis para este propósito.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS A FLEXIÓN

A) Prueba de hipótesis para comparar las resistencias a la flexión entre muestras con 0.0% y 0.2% de fibra de (polietileno + piedra $\frac{1}{2}$ ") después de 28 días.

• DATOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS

Tabla 61

Datos estadísticos del concreto con 0.0% de polietileno y el concreto con 0.2% de polietileno a los 28 días

	Grupo Control	Grupo Experimental
% de polietileno (PET)	0.00%	0.20%
N° de muestras	5	5
Media (u)	44.96	48.17
Desviación estándar (Θ)	0.69	0.81

Nota. Datos estadísticos de la resistencia a los 28 días para el concreto sin polietileno y para el concreto con un 0.2% de polietileno.

❖ HIPÓTESIS

- $U_1 = (R. F.)$ Resistencia a la flexión del grupo de control
- $U_2 = (R. F.)$ Resistencia a la flexión del grupo de experimental

❖ HIPÓTESIS NULA

H_0 : si $U_2 \leq U_1$ si $t_p > t$ No acepta al (H_0)

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.2% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, no muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$ después de 28 días.

❖ HIPÓTESIS ALTERNA

H_a : si $U_2 > U_1$ Aceptar la (H_a)

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.2% de fibra de polietileno en relación al volumen de la muestra, muestra un

aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de 28 días.

- **NIVEL DE SIGNIFICANCIA**

$$\alpha = 0.05 \quad t = -1.9432$$

- **ESTADÍSTICO DE PRUEBA**

El valor del estadístico del ensayo t de Student, con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad para muestras de datos inferiores a 30, es:

En comparación con el concreto estándar con una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de 28 días.

$$s_p = \frac{\sqrt{(\eta_1 - 1)\theta_1^2 + (\eta_2 - 1)\theta_2^2}}{n_1 + n_2 - 2} = 1.24$$

$$t_p = \frac{\mu_2 - \mu_1}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = 1.287$$

- **COMPARACIÓN**

$$t = -1.943 \quad t < t_p$$

$$t_p = 1.287 \quad -1.943 < 1.287$$

- **CONCLUSIÓN**

Dado que la afirmación ($t < t_p$) 0 ($-1.943 < 1.287$) es verdadera, se descarta la hipótesis nula $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$, lo que lleva a la conclusión de que:

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.2% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de 28 días.

B) Prueba de hipótesis para comparar las resistencias a la flexión entre muestras con 0.0% y 0.6% de fibra de (polietileno + piedra 1/2'') después de 28 días.

- DATOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS**

Tabla 62

Datos estadísticos del concreto con 0.0% de polietileno y el concreto con 0.06% de polietileno a los 28 días

	Grupo Control	Grupo Experimental
% de polietileno (PET)	0.00%	0.60%
N° de muestras	5	5
Media (u)	44.96	49.22
Desviación estándar (Θ)	0.69	0.62

Nota. Datos estadísticos de la resistencia a los 28 días para el concreto sin polietileno y para el concreto con un 0.6% de polietileno.

- HIPÓTESIS**

U_1 = R. F. del grupo de control.

U_2 = R. F. del grupo de experimental.

- HIPÓTESIS NULA**

Ho: si $U_2 \leq U_1$ si $t_p > t$ No acepta al (Ho)

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.6% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, no muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$ después de 28 días.

- HIPÓTESIS ALTERNA**

Ha: si $U_2 > U_1$ Aceptar la (Ha)

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.6% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$ después de 28 días.

- **NIVEL DE SIGNIFICANCIA**

$$a = 0.05 \quad t = -1.9432$$

- **ESTADÍSTICO DE PRUEBA**

El valor del estadístico de prueba t de Student, con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad para muestras de datos inferiores a 30, es:

En comparación con el concreto estándar con una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de 28 días.

$$s_p = \frac{\sqrt{(n_1-1)\theta_1^2 + (n_2-1)\theta_2^2}}{n_1+n_2-2} = 1.27$$

$$t_p = \frac{\mu_2 - \mu_1}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = 3.793$$

- **COMPARACIÓN**

$$t = -1.943 \quad t < t_p$$

$$t_p = 3.793 \quad -1.943 < 3.793$$

- **CONCLUSIÓN**

Dado que la afirmación ($t < t_p$) o ($-1.943 < 3.793$) es verdadera, se descarta la hipótesis nula $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$, lo que lleva a la conclusión de que:

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.6% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de 28 días.

C) Prueba de hipótesis para comparar las resistencias a la flexión entre muestras con 0.0% y 0.8% de fibra de (polietileno + piedra 1/2") después de 28 días.

- DATOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS**

Tabla 63

Datos estadísticos del concreto con 0.0% de polietileno y el concreto con 0.8% de polietileno a los 28 días

	Grupo Control	Grupo Experimental
% de polietileno (PET)	0.00%	0.80%
N° de muestras	5	5
Media (u)	44.96	44.02
Desviación estándar (Θ)	0.69	0.67

Nota. Datos estadísticos de la resistencia a los 28 días para el concreto sin polietileno y para el concreto con un 0.8% de polietileno.

- HIPÓTESIS**

U_1 = R. F. del grupo de control.

U_2 = R. F. del grupo de experimental.

- HIPÓTESIS NULA**

Ho: si $U_2 \leq U_1$ si $t_p > t$ No acepta al (Ho)

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.8% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, no muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'_c = 210\text{kg/cm}^2$ después de 28 días.

- HIPÓTESIS ALTERNA**

Ha: si $U_2 > U_1$ Aceptar la (Ha)

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.8% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia

de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ después de 28 días.

- **NIVEL DE SIGNIFICANCIA**

$$\alpha = 0.05 \quad t = -1.9432$$

- **ESTADÍSTICO DE PRUEBA**

El valor del estadístico de prueba t de Student, con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad para muestras de datos inferiores a 30, es:

En comparación con el concreto estándar con una resistencia de $F'c = 210\text{ kg/cm}^2$ después de 28 días.

$$s_p = \frac{\sqrt{(\eta_1 - 1)\theta_1^2 + (\eta_2 - 1)\theta_2^2}}{n_1 + n_2 - 2} = 1.22$$

$$t_p = \frac{\mu_2 - \mu_1}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = -2.560$$

- **COMPARACIÓN**

$$t = -1.943 \quad t < t_p$$

$$t_p = -2.560 \quad -1.943 < -2.560$$

- **CONCLUSIÓN**

Dado que la afirmación ($t < t_p$) o ($-1.943 < -2.560$) es falsa, se descarta la hipótesis nula $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$, con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad de 95% concluyendo que:

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.8% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, no muestra un aumento en comparación con el concreto normal con una resistencia de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ después de 28 días.

D) Hipótesis de nulidad y alternativa para las capacidades de resistencia a la flexión.

Hipótesis nula (H_0): La adición de fibras de polietileno de alta densidad no influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, Huánuco - 2024.

Hipótesis alternativa (H_1): La adición de fibras de polietileno de alta densidad si influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, Huánuco – 2024.

• CONCLUSIÓN

Dado que las afirmaciones ($t < t_p$) 0 ($-1.943 < 1.287$) y ($t < t_p$) 0 ($-1.943 < 3.793$) obtenidos de la tabla 62 y 63, son verdaderas, se descarta la hipótesis nula $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$, lo que lleva a la conclusión de que:

La resistencia a la flexión del concreto, cuando se le añade un 0.2% y 0.6% de fibra de polietileno en proporción al volumen de la muestra, muestra un aumento en comparación con el concreto normal con el 107.14% y 109.48%, con una resistencia de $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de 28 días, como se puede apreciar en las tablas 62 y 63.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos y al comparar con la investigación realizada por Ruiz (2021), se concluye que la inclusión de fibras de polipropileno en proporciones del 5%, 10% y 12% modificó las propiedades del concreto en relación con el diseño original. Se notó una disminución en el asentamiento a medida que aumentaba la cantidad de fibras, así como una disminución en la resistencia a la compresión. En particular, la adición de fibras de polipropileno hizo que el asentamiento del concreto se redujera en un 7.5%, 21.25% y 41.25%, respectivamente, en comparación con el diseño sin fibras.

En su investigación titulada, Alvarado Osorio & Meza Beraun (2020), evaluaron el impacto de añadir macrofibras de polipropileno en proporciones de 2.2%, 2.6%, 3% y 3.4% al concreto. Tiene como resultado que su hipótesis fue parcialmente confirmada. La primera hipótesis específica sugería que la resistencia a compresión del concreto aumentaría ligeramente con un 3% de macrofibras de polipropileno. Aunque se observó un incremento en la resistencia a compresión del 13.892% en el grupo 1 con un 3% de fibras, esto no se replicó en el grupo 2.

En el grupo 1, el concreto mostró un aumento máximo en resistencia a compresión con un 3% de adición de macrofibras de polipropileno. En el grupo 2, la resistencia a la flexión mostró picos de incremento del 9.080% y 9.313% con un 2.2% y 3.4% de macrofibras, respectivamente. Sin embargo, estos resultados no establecen un porcentaje óptimo debido a la variabilidad en la calidad de las piedras del concreto, que puede causar fallas explosivas y afectar la resistencia a flexión.

En esta investigación, se concluye que la adición de fibras de polipropileno en proporciones de 0.2%, 0.6%, y 0.8% alteró las propiedades

del concreto en comparación con el diseño original. Se observa un aumento la resistencia a flexión a medida que se incrementaba la cantidad de fibras.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 28 días de curado es de 44.96 kg/cm², lo que equivale al 93.32% en relación con el concreto con una adición de 0.2% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 48.18 kg/cm². Esto indica un aumento en la resistencia a la flexión del 6.68%.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 28 días de curado es de 44.96 kg/cm², lo que equivale al 91.34% en relación con el concreto con una adición de 0.6% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 49.22 kg/cm². Esto indica un aumento en la resistencia a la flexión del 8.66%.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 28 días de curado es de 44.96 kg/cm², lo que equivale al 102.14% en relación con el concreto con una adición de 0.8% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 44.02 kg/cm². Esto indica un descenso en la resistencia a la flexión del 2.14%.

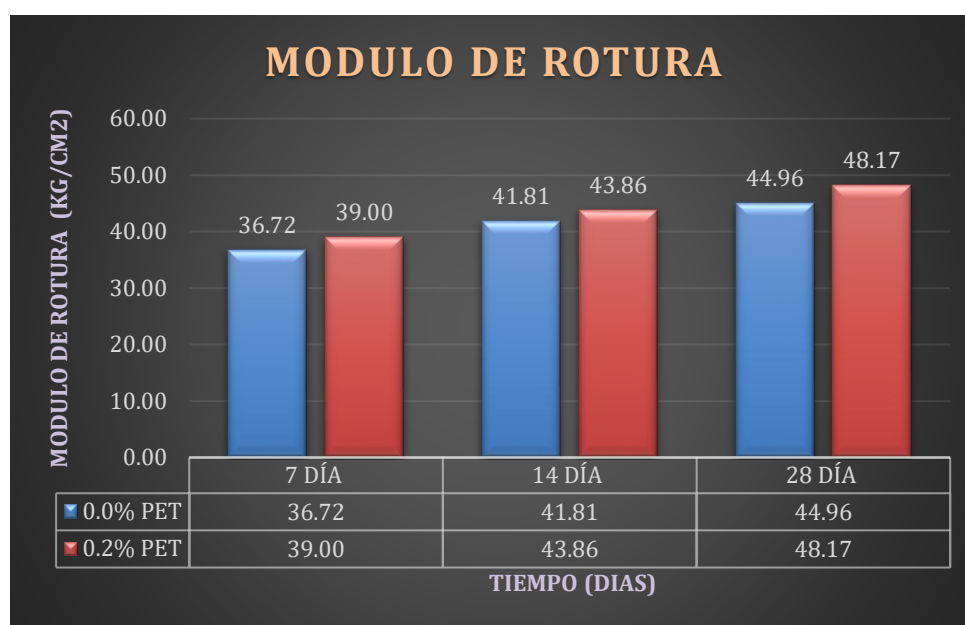
De acuerdo con los resultados generales obtenidos, estos se caracterizan por tener relación con lo que sostiene Ruiz (2021). Este autor se enfoca en la incorporación de fibras de polipropileno en Concreto $F'_c = 280$ kg/cm² para Pavimento, concluyó que la adición de fibras de polipropileno en proporciones de 5%, 10%, y 12% alteró las propiedades del concreto en comparación con el diseño original, redujo el asentamiento del concreto en un 7.5%, 21.25% y 41.25%, respectivamente, en comparación con el diseño sin fibras. Por otro lado, Alvarado & Meza (2020), evaluaron el impacto de añadir macrofibras de polipropileno en proporciones de 2.2%, 2.6%, 3% y 3.4% al concreto, la cual obtuvo en su primera hipótesis específica el aumento a la resistencia a compresión del 9.080%, 9.125%, 13.892% y 9.313% respectivamente. Mientras que en nuestra tesis llegamos a la conclusión de aumento en la resistencia a la flexión del 8.66% y 6.68% como se puede apreciar en las figuras 45 y 46. Con base en lo expuesto anteriormente y tras

analizar los resultados, podemos concluir que la adición de fibras de polietileno a la concreta mejora su resistencia tanto a la flexión como a la compresión. Además, se observa un aumento proporcional de estas resistencias en función de la cantidad de polietileno incorporado, tal como se demostró en la investigación.

A) Concreto estándar - concreto mejorado con un 0.2% (en relación al volumen del espécimen) de fibra de polietileno.

Figura 45

Impacto gradual de un 0.2% de fibra de polietileno (PET), en la resistencia a la flexión



Nota. La gráfica muestra la comparación entre los promedios de los módulos de rotura del concreto con 0.0% y 0.2% de polietileno.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 7 días de curado es de 36.72 kg/cm², lo que equivale al 94.15% en relación con el concreto con una adición de 0.2% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 39.00 kg/cm². Esto refleja un incremento en la resistencia a la flexión del 5.75%.

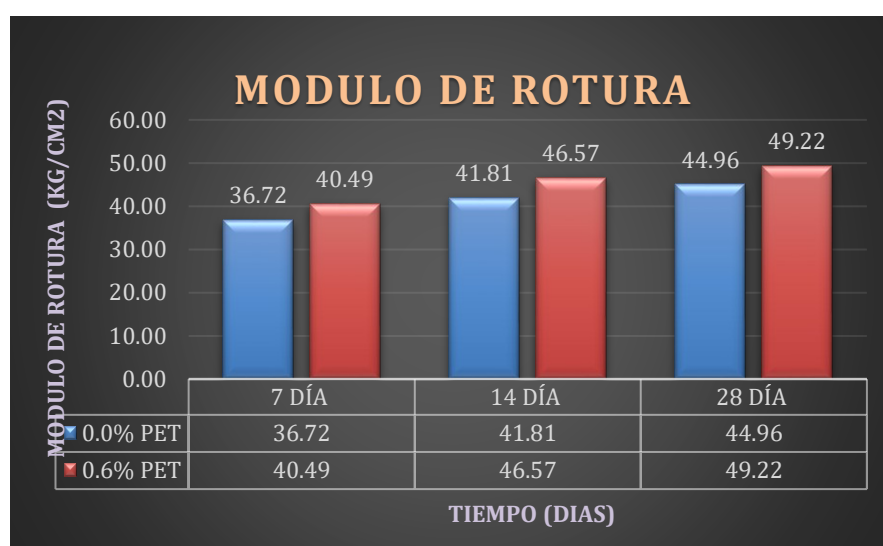
El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 14 días de curado es de 41.81 kg/cm², lo que equivale al 95.33% en relación con el concreto con una adición de 0.2% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 43.86 kg/cm². Esto indica un aumento en la resistencia a la flexión del 4.67%.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 28 días de curado es de 44.96 kg/cm², lo que equivale al 93.32% en relación con el concreto con una adición de 0.2% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 48.18 kg/cm². Esto indica un aumento en la resistencia a la flexión del 6.68%.

B) Concreto estándar - concreto mejorado con un 0.2% (en relación al volumen del espécimen) de fibra de polietileno.

Figura 46

Impacto gradual de un 0.6% de fibra de polietileno (PET), en la resistencia a la flexión



Nota. La gráfica muestra la comparación entre los promedios de los módulos de rotura del concreto con 0.0% y 0.6% de polietileno.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 7 días de curado es de 36.72 kg/cm², lo que equivale al 90.69% en relación con el concreto con una adición de 0.2% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 40.49 kg/cm². Esto refleja un incremento en la resistencia a la flexión del 9.31%.

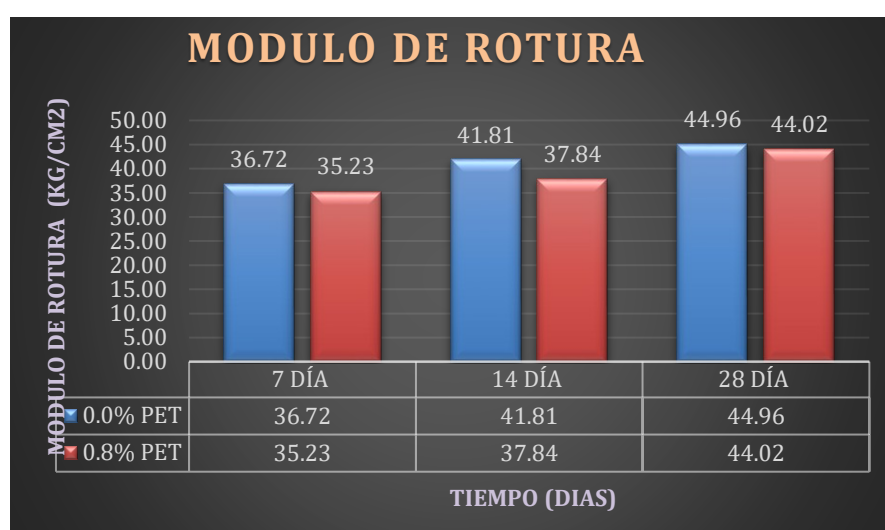
El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 14 días de curado es de 41.81 kg/cm², lo que equivale al 89.78% en relación con el concreto con una adición de 0.2% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 46.57 kg/cm². Esto indica un aumento en la resistencia a la flexión del 10.22%.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 28 días de curado es de 44.96 kg/cm², lo que equivale al 91.34% en relación con el concreto con una adición de 0.2% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 49.22 kg/cm². Esto indica un aumento en la resistencia a la flexión del 8.66%.

C) Concreto estándar - concreto mejorado con un 0.8% (en relación al volumen del espécimen) de fibra de polietileno.

Figura 47

Impacto gradual de un 0.8% de fibra de polietileno (PET), en la resistencia a la flexión



Nota. La gráfica muestra la comparación entre los promedios de los módulos de rotura del concreto con 0.0% y 0.8% de polietileno.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 7 días de curado es de 36.72 kg/cm², lo que equivale al 104.23% en relación con el concreto con una adición de 0.8% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 35.23 kg/cm². Esto refleja un descenso en la resistencia a la flexión del 4.23%.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 14 días de curado es de 41.81 kg/cm², lo que equivale al 110.49% en relación con el concreto con una adición de 0.8% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 37.84 kg/cm². Esto indica un descenso en la resistencia a la flexión del 10.49%.

El módulo de rotura (M_r) promedio del concreto estándar después de 28 días de curado es de 44.96 kg/cm², lo que equivale al 102.14% en relación con el concreto con una adición de 0.8% de polietileno (PET), que tiene un M_r promedio de 44.02 kg/cm². Esto indica un descenso en la resistencia a la flexión del 2.14%.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el laboratorio al comparar la resistencia a la flexión del concreto normal con una resistencia característica de $F'_c=210$ kg/cm² reforzado con fibras de polietileno (PET), demostraron que para los porcentajes de 0.2% y 0.6% del volumen del espécimen, se observaron mejoras en la resistencia del concreto endurecido, aumentando en 5.7% y 9.40% respectivamente. Sin embargo, para un porcentaje de 0.8%, se observó una disminución del 2.14% a los 28 días. Esto lleva a la conclusión de que a medida que se incrementa el porcentaje de fibra PET, la resistencia a la flexión tiende a disminuir, siendo el porcentaje óptimo en esta investigación el 0.6% de fibra de polietileno (PET).

A partir de las pruebas de laboratorio, se calculó la resistencia a la flexión del concreto normal con una resistencia característica de $F'_c=210$ kg/cm² a los 28 días, que fue de 44.96 kg/cm² y con la adición de un 0.2% de fibras de polietileno es de 48.17 kg/cm², confirmado la influencia significativamente en la resistencia a la flexión.

A partir de las pruebas de laboratorio, se calculó la resistencia a la flexión del concreto normal con una resistencia característica de $F'_c=210$ kg/cm² a los 28 días, que fue de 44.96 kg/cm² y con la adición de un 0.6% de fibras de polietileno es de 49.22 kg/cm², confirmado la influencia significativamente en la resistencia a la flexión.

A partir de las pruebas de laboratorio, se calculó la resistencia a la flexión del concreto normal con una resistencia característica de $F'_c=210$ kg/cm² a los 28 días, que fue de 44.96 kg/cm² y con la adición de un 0.8% de fibras de polietileno es de 44.02 kg/cm², confirmado que no influye significativamente en la resistencia a la flexión.

RECOMENDACIONES

Se recomienda fabricar fibras con diferentes dimensiones con el fin de identificar un tamaño óptimo que posicione a la Fibra PET como un aditivo efectivo para mejorar la resistencia a la flexión, lo que permitiría ingresar al mercado de la construcción de manera más exitosa.

Estudiar diferentes métodos de aplicación de las fibras de polietileno de alta densidad en el concreto para determinar el más efectivo en términos de distribución uniforme y mejora de las propiedades del concreto.

Explora posibles aplicaciones prácticas de los hallazgos de tu investigación en la industria de la construcción. Por ejemplo, podrías sugerir cómo los resultados podrían utilizarse para optimizar el diseño y la construcción de estructuras de concreto en Huánuco u otras regiones con características similares.

Realiza un análisis económico para evaluar el costo-beneficio de la adición de fibras de polietileno de alta densidad en comparación con otros métodos de mejora de la resistencia a la flexión del concreto de baja resistencia. Esto podría ayudar a determinar la viabilidad económica de utilizar este enfoque en proyectos de construcción reales.

Es aconsejable estar familiarizado con las resistencias promedio requeridas, como se indica en la tabla 5.3 del Reglamento Nacional de Edificaciones E.060, así como con las características del concreto. Esto permitirá clasificarlo como aceptable o no, en función de las resistencias que exhiba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, F., & Meza, S. (2020). Análisis y comparación de la resistencia mecánica del concreto al añadir macrofibras de polipropileno con agregados de la cantera San Miguel de Huácar frente a la cantera de agregados Figueroa Huánuco - 2019. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*, 235. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6028>
- Atarfil Geomembranas. (21 de abril de 2021). Polietileno de alata densidad. Recuperado el 07 de Marzo de 2022, de <https://www.atarfil.com/noticia/polietileno-alta-densidad-hdpe/>
- Bilurbina Alter, L., Liesa, F., & Bilurbina, L. (1990). *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión*. Marcombo. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=DzVLB11fofUC&pg=PA25&dq=polietileno+de+alta+densidad&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwim8ZSKyrD2AhWFGbkGHc-ICHUQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=polietileno%20de%20alta%20densidad&f=false>
- Cemento Lima S.A.A. (Mayo de 2012). *Manual de construcción*. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Manual-de-Construccion.pdf>
- Cervantes, A. (2019). *Caracterización mecánica del concreto hidráulico usando fibras de polipropileno para la resistencia a la compresión*. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4685/TIC00179C48.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comité ACI 318. (Enero de 2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*. Obtenido de american concrete institute: https://ingenieria-civil.github.io/chile/normas/NormaACI318_05espa_ol.pdf
- Envaselia. (s.f.). *Qué es el polietileno de alta densidad HDPE ó PEAD*.

Recuperado el 8 de March de 2022, de Envaselia:
<https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-o-pead-id18.htm>

Estrada. (2022). Gran potencial para solucionar problemas ambientales. *CEPAL*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/comunicados/gran-potencial-solucionar-problemas-ambientales>

Fawcett, E., & Gibson, G. (1933). El descubrimiento del Polietileno. Obtenido de <https://blog.ratioform.es/2014/10/06/die-entdeckung-von-polyethylen/#:~:text=En%201933%2C%20fue%20sintetizado%20com,o,experimento%2C%20el%20resultado%20fue%20alarmante.>

Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Brujas. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=9UDXP4U7aMC&pg=PA46&dq=viabilidad+de+una+investigaci%C3%B3n+cient%C3%ADfica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiFvqC-prb2AhUdH7kGHWh1BXYQ6AF6BAgGEAl#v=onepage&q=viabilidad%20de%20una%20investigaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica&f=false>

Guerrero, C., Lozano, T., Gonzáles, V., & Arroyo, E. (s.f. de abril-junio de 2003). Morfología y propiedades de politereftalato de etilen-glicol y polietileno de alta densidad. *CIENCIA UANL*, VI(2), 203-211. Obtenido de http://eprints.uanl.mx/1297/1/morfologia_politereftalato.pdf

Gutiérrez, L. (Marzo de 2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. (Vol. Segunda edición). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/fino%20y%20grueso.pdf>

Guzmán. (2021). El plástico, que ya ha atragantado nuestros océanos, terminará por asfixiarnos a todos si no actuamos rápidamente. *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2021/10/1498752>

Harmesen, T. E. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. PUCP,

Fondo Editorial. Obtenido de
https://books.google.com.pe/books?id=Gr3Ga9__NB4C&pg=PA9&dq=componentes+del+concreto&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiE4f21mdX1AhVPHrkGHfaJDNwQ6AF6BAgIEAl#v=onepage&q&f=false

Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.

Jaramillo Jiménez, J. O. (2004). *Análisis clásico de estructuras*. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de
<https://books.google.com.pe/books?id=mwohfYq9zC8C&pg=PA53&dq=que+es+la+flexion+en+el+concreto&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwirgcCv8Lb2AhXrDrkGHaEmBxIQuwV6BAgHEAc#v=onepage&q=que%20es%20la%20flexion%20en%20el%20concreto&f=false>

Ledezma, F., & Yauri, W. (2023). Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica. *Revista Científica Ciencias Ingenieriles*. Obtenido de <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/ricci/article/view/224>

Marcial. (2020). Contaminación por plásticos. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI. *ECODES*. Obtenido de <https://ecodes.org/hacemos/cultura-para-la-sostenibilidad/salud-y-medioambiente/observatorio-de-salud-y-medioambiente/contaminacion-por-plasticos-uno-de-los-mayores-desafios-ambientales-del-siglo-xxi>

Mehta, P. K. (1998). *Concreto: estructura, propiedades y materiales*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64487273/CONCRETO_ESTRUCTURA_PROPIEDADES_Y_MATERIALES%20PDF%20PORTLAND.pdf?1600721093=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConcreto_Estructura_propiedades_y_materi.pdf&Expires=1646706018&Signature=XAKvK62

- Montoya Vallecilla, J. O. (2017). *Elementos de concreto reforzado I*. Ediciones Unibagué. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1d70DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=Elementos+de+concreto+reforzado+I&ots=1FUDD0fcdK&sig=nXWcyb6wTfcXH6Ogm9LskiCzc08#v=onepage&q=Elementos%20de%20concreto%20reforzado%20I&f=false>
- Nijiro. (2022). Huánuco creció 3.9% en el primer semestre del 2022, superando al promedio nacional. *IPE*. Obtenido de <https://www.ipe.org.pe/portal/huanuco-crecio-3-9-en-el-primer-semestre-del-2022-superando-al-promedio-nacional/>
- Parker, L. (2020). Obtenido de NATIONAL GEOGRAPHIC: <https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2020/10/contaminacion-por-plastico-problema-y-posibles-soluciones>
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú. Obtenido de <https://issuu.com/jj1989/docs/145311372-topicos-de-tecnologia-de->
- Quevedo. (2018). Diseño de mezclas de concreto: conceptos básicos. *360 En concreto*. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/disenio-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>
- Rochel, R. (2007). *Hormigón reforzado* (Vol. Primera edición). Fondo Editorial Universidad EAFIT. Obtenido de https://docs.google.com/document/d/1i-NtTtkoDYTbIM73T8_mArEEb6h4S0nl6oLeP_ijpqc/edit
- Rondon, Szantó, Francisco, Contreras, & Gálvez. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *CEPAL*. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a5f80abc-8063-4e19-b871-e954f1db5bf6/content>
- Ruiz, J. (2021). Influencia de la Adición de Fibra de Polipropileno en Concreto $F'c = 280\text{kg/cm}^2$ para Pavimento, Calle Puente, Distrito De Morropón-Piura. *Universidad Cesar Vallejo*, 85. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80996/Ruiz_RJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez Pineda de las Infantas, M. T. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. AMV Ediciones. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=Pxrlhy9UbZkC&pg=PA84&dq=elaboracion+del+polietileno+de+alta+densidad&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiV1_nq0LX2AhXaH7kGHZ1cAY4Q6AF6BAgJEAl#v=onepage&q&f=false

Silva, L. (2014). Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8337>

Torres, D. (2018). Determinación de la resistencia residual promedio (análisis postfisuración) del concreto reforzado con fibra sintética de pet+pp. *Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/533e3e84-b769-49d5-afb3-e4cfc081cc29>

Universidad de Barcelona. (s.f. de s.f. de s.f). *Polietileno de alta densidad*. Obtenido de MATERIALS: <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/polietileno-de-alta-densidad>

Valderrama Mendoza, S. R. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial San Marcos.

Vidaud , & Frómeta . (2015). Obtenido de Una aproximación a los concretos reforzados con fibras: <https://imcyc.com/revistacyt/pdf/julio2015/tecnologia.pdf>

Yuni, J. A., & Urbano, C. A. (2006). *Técnicas Para Investigar 2*. German Marcelo Ferrero. Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=XWIkBfrJ9SoC&pg=PA31&dq=tecnicas+e+instrumentos+de+recoleccion+de+datos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi-nKGeuL_2AhWVK7kGHdDXAFAQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=tecnicas%20e%20instrumentos%20de%20recoleccion%20de%20datos&f=false

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Sánchez Lucas, V. (2026). *La influencia de la adición de fibras de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión para un concreto de baja resistencia $f'c=210$ kg/cm, Huánuco - 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0430-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 05 de marzo de 2024

Visto, el Oficio N° 285-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA UN CONCRETO DE BAJA RESISTENCIA F'C=210 KG/CM, HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 883-2022-D-FI-UDH, de fecha 02 de mayo de 2022, perteneciente a la Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS se le designó como ASESOR(A) al Mg. Hamilton Denniss Abal García, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 285-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA UN CONCRETO DE BAJA RESISTENCIA F'C=210 KG/CM, HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria (Secretario) y Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA UN CONCRETO DE BAJA RESISTENCIA F'C=210 KG/CM, HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhovani Monzano Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA RUC. APLICADO DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCH/EJM/ma.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0985-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 03 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 677-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 486937-0000005041, de la Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS, quien solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 486937-0000005041, presentado por el (la) Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS, quien solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 883-2022-D-FI-UDH, de fecha 02 de mayo de 2022, en la cual se designa como Asesor de Tesis de la Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS al Mg. Hamilton Denniss Abal García, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 883-2022-D-FI-UDH, de fecha 02 de mayo de 2022.

Artículo Segundo. - DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis de la Bach. Vanessa Raquel SANCHEZ LUCAS al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johana Manzano Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC- Asesor- Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/eto

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema General ¿Cómo influye la adición de fibras de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² , Huánuco - 2024?	Objetivo General Determinar la influencia de las fibras de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² , Huánuco - 2024.	Hipótesis General La adición de fibras de polietileno de alta densidad influye significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² , Huánuco - 2024.	Enfoque: Enfoque cuantitativo. Alcance o nivel: Alcance explicativo. Diseño: Será de diseño experimental. Técnica de investigación: Observación y fichas de campo
Problema Específicos PE1: ¿Cuál es la influencia de un 0,2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² ? PE2: ¿Cuál es la influencia de un 0,6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² ?	Objetivo Específicos OE1: Determinar la influencia de un 0,2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² . OE2: Determinar la influencia de un 0,6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² .	Hipótesis Específicas HE1: La adición de un 0,2% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210$ Kg/cm ² . HE2: La adición de un 0,6% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla influyen significativamente en	Instrumentos: Fichas de ensayo emitidas y certificadas por el laboratorio. Población: La población está conformada por 60 vigas de 6" x 6" de sección y de luz tres veces la sección. Muestra: La muestra es no probabilística y estará formada por la misma cantidad de la población, en esta se

PE3: ¿Cuál es la influencia de un 0,8% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$?	OE3: Determinar la influencia de un 0,8% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.	la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$. HE3: La adición de un 0,8% de fibras de polietileno de alta densidad respecto del peso húmedo de la mezcla influyen significativamente en la resistencia a la flexión para un concreto de resistencia $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.	considera a las muestras patrón y las muestras realizadas con la adición de fibras de polietileno de alta densidad.
---	---	--	---

ANEXO 4

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 48

En la imagen se muestra los agregados de la cantera Campo Verde



Figura 49

Obtención de los agregados de la cantera Campo Verde



Figura 50
Moldes que se usaron para las muestras



Figura 51
Verificación de las dimensiones de los moldes



Figura 52
Golpeando la muestra con el martillo de goma



Figura 53
Curado de las muestras

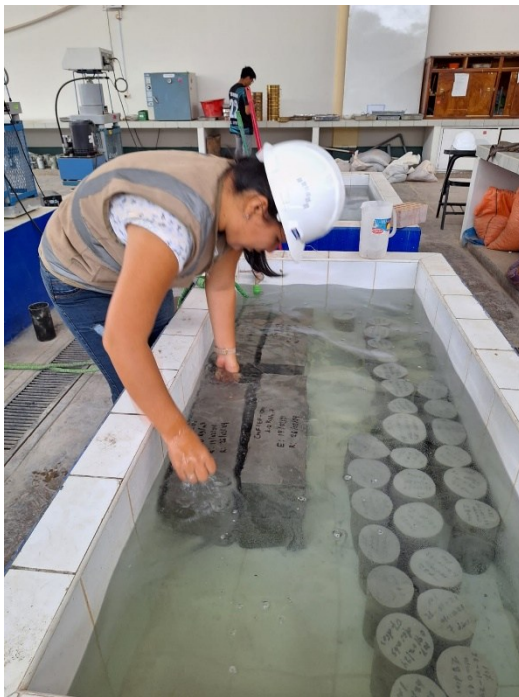


Figura 54
Rotura del molde



Figura 55
Las muestras después de la rotura



ANEXO 6

FICHAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 64

Registro de datos para la prueba de consistencia (Slump), t50 e índice de estabilidad visual (VSI)

PRUEBA DE CONSISTENCIA (SLUMP), T50 E INDICE DE ESTABILIDAD CUSAL (VSI) ASTM C 1611/C 1611M - ACI 237R 07				
Unidad	3	2	1	Promedio
D. más largo de círculo				
D. perpendicular a d1				
Flujo de asentamiento				
T50				
(VSI)				
VSI				
Observaciones				

Tabla 65

Registro de datos para el peso unitario del concreto en estado fresco

PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRECO ASTM C - 138						
envase			Promedio			
Diámetro (m.)						
Altura (m.)						
Descripción	Suelto			Compacto		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
P. del molde (kg.)						
P. del molde + concreto (kg.)						
P. del concreto (kg.)						
Volumen del molde (m3.)						
P. unitario (kg/m3.)						
Promedio peso unitario (kg/m3.)						

Tabla 66*Hoja de recolección de datos para peso unitario del concreto*

PESO UNITARIO DEL CONCRETO NTP 339.646														
Tipo de concreto														
BRIQUETA	REGISTRO	O SUP 1 (cm)	O SUP 2 (cm)	O SUP prom.	O INF1 (cm)	O INF 2 (cm)	O INF prom.	ÁREA (cm2)	H1 (cm)	H2 (cm)	H prom.	Volumen (m3)	Peso (kg)	P.U. (kg/m3)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

Tabla 67*Hoja de recolección de datos para resistencia a la compresión del concreto*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034												
<i>Tipo de concreto</i>												
BRIQUETA	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (días)	O SUP 1 (cm)	O SUP 2 (cm)	O INF1 (cm)	O INF 2 (cm)	O prom.	ÁREA (cm2)	CARGA (kg-f)	FC=CARGA*ÁREA (kg/cm2)
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Hoja de recolección de datos para resistencia a la flexión del concreto

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP339.046

Tabla 69

Hoja de recolección de datos para el módulo de elasticidad del concreto

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034												
Tipo de concreto												
PESO UNITARIO DEL CONCRETO(W_c) = kg/cm ²												
BRIQUETA	REGISTRO	EDAD (días)	O SUP 1 (cm)	O SUP 2 (cm)	O INF1 (cm)	O INF 2 (cm)	O prom.	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	FC=CARGA*ÁREA (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

ANEXO 7

FICHAS DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Ficha de validación del instrumento de investigación por juicio de expertos.

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES						
1.1. Apellidos y nombres del experto:						
1.2. Grado académico del experto:						
1.3. Apellido y nombre del investigador:						
1.4. Título de la investigación:						
1.5. Nombre del instrumento:						
1.6. Autor del instrumento:						
II. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO						
Indicadores de evaluación del instrumento	Valoración cualitativa	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
	Valoración cuantitativa	0	0.5	1	1.5	2
1. Claridad						
2. Objetividad						
3. Actualidad						
4. Organización						
5. Suficiencia						
6. Intencionalidad						
7. Consistencia						
8. Coherencia						
9. Metodología						
10. Conveniencia						
SUB						
TOTAL						
TOTAL						
OPINIÓN DE APLICABILIDAD:						
			LUGAR Y FECHA:			

**FIRMA Y POST FIRMA
DEL EXPERTO**

ANEXO 8

RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS PRISMÁTICAS - PIEDRA CHANCADA 1/2" – 0.0 % DE POLIETILENO



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 012-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL
Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E
TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0
Fecha: 2024 ENERO-17
Código N° 225

Muestra: M_12, Viga de concreto, 28 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
	abajo	central	superior	promedio
Alto, d (mm):	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

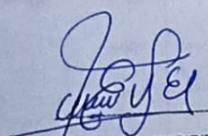
2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	19.455	1,983.857	1.615
Fuarza (Fpc)	18.948	1,932.158	1.625
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.008	0.816	0.164

3).- Resultados:

Módulo de rotura	3.30 Mpa
	33.65 kgf/cm ²



TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica



Ing. Jorge L. Briceño
C.I.P. N° 48194
JEFE LABORATORIOS
FICA - UNHEVAL
MSc. MEYZAN BRICEÑO JORGE L.
Jeje Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura



Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Pillcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST:

FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 008-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL

Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E

TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0

Fecha: 2024 ENERO-17

Código N° 225

Muestra: M_08, Viga de concreto, 14 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
	abajo	central	superior	promedio
Alto, d (mm):	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	20.522	2,092.661	2.058
Fuarza (Fpc)	13.296	1,355.814	2.126
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.005	0.510	0.050

3).- Resultados:

Módulo de rotura	3.50 Mpa
	35.69 kgf/cm ²

CONCRETE TEST

TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica

Ing. Jorge L. Meza Briceño
JEFE DE LABORATORIOS
MSC. MEZAN BRICEÑO JORGE L.
Jeje Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura

DECANO
Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Pilcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST:

FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 004-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL

Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E

TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0

Fecha: 2024 ENERO-17

Código N° 225

Muestra: M_04, Viga de concreto, 07 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
Alto, d (mm)	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10 ⁽⁻¹⁾ kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	24.862	2,535.218	1.297
Fuarza (Fpc)	12.421	1,266.589	1.356
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.642	65.466	0.209

3).- Resultados:

Módulo de rotura	4.30 Mpa
	43.85 kgf/cm ²

C
O
N
C
R
E
T
E

T
E
S
T

TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica

Ing. Jorge L. Briceño
C.I. N° 48194
JEFE DE LABORATORIOS
FICA - UNHEVAL
MSO MEYZAN BRICENO JORGE L.
Jeje Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura

DECANO
DR. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Píllcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601

RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS PRISMÁTICAS - PIEDRA CHANCADA 1/2" – 0.2 % DE POLIETILENO



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 002-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL
Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E
TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0
Fecha: 2024 ENERO-17
Código N° 225

Muestra: M_02, Viga de concreto, 07 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	150.00	150.00	150.00	150.00
Alto, d (mm):	150.00	150.00	150.00	150.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 08
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	20.526	2,093.069	2.657
Fuarza (Fpc)	20.526	2,093.069	2.657
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.005	0.510	0.033



CONCRETE TEST

3).- Resultados:

Módulo de rotura	3.60 Mpa
	36.71 kgf/cm ²



TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios



Ing. Jorge L. Meyzan Briceño
C.I.P. N° 48194
JEFE DE LABORATORIOS
FICA - UNHEVAL



Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

(62) 591079-ANEXO 0601



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 001-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL

Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E

TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0

Fecha: 2024 ENERO-17

Código N° 225

Muestra: M_01, Viga de concreto, 07 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	150.00	150.00	150.00	150.00
Alto, d (mm):	150.00	150.00	150.00	150.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 08
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	5.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	23.260	2,371.859	2.093
Fuarza (Fpc)	20.673	2,108.059	2.127
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.005	0.510	0.687

3).- Resultados:

Módulo de rotura	4.10 Mpa
	41.81 kgf/cm ²

CONCRETE TEST

TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica



MSc. MEYZAN BRICEÑO JORGE L.
Jeje Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura



Dr. MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Píllcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 010-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL
Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E
TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0
Fecha: 2024 ENERO-17
Código N° 225

Muestra: M_10, Viga de concreto, 28 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
	abajo	central	superior	promedio
Alto, d (mm):	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	25.754	2,626.177	1.812
Fuarza (Fpc)	22.415	2,285.693	1.830
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Flc)	0.003	0.306	0.044

3).- Resultados:

Módulo de rotura	4.40 Mpa
	44.87 kgf/cm ²

C
O
N
C
R
E
T
E

T
E
S
T

TOMAS VELAZQUEZ ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica

Ing. Jorge L. Meizán Briceño
CIR N° 48194
JEFE DE LABORATORIOS
FICA - UNHEVAL
Msgr. MEYZAN BRICEÑO JORGE L
Jeje Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura

DECANO
Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Píllcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601
Av. Universitaria 601-607 Píllcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601

RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS PRISMÁTICAS - PIEDRA CHANCADA 1/2" – 0.6 % DE POLIETILENO



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 003-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL
Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E
TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0
Fecha: 2024 ENERO-17
Código N° 225

Muestra: M_03, Viga de concreto, 07 días
Condición: Muestra traidos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	150.00	150.00	150.00	150.00
Alto, d (mm):	150.00	150.00	150.00	150.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 08
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	21.368	2,178.929	2.192
Fuarza (Fpc)	21.368	2,178.929	2.192
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.008	0.816	0.505

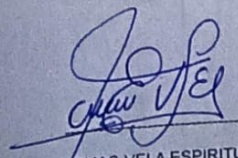
Presentación del test



CONCRETE TEST

3).- Resultados:

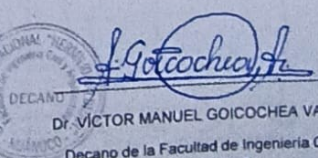
Módulo de rotura	3.80 Mpa
	38.75 kgf/cm ²



TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,



MSc. MEYZAN BRICEÑO JORGE L.
Jeje Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura



DR. VÍCTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 006-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL

Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E

TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0

Fecha: 2024 ENERO-17

Código N° 225

Muestra: M_06, Viga de concreto, 14 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
Alto, d (mm)	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	24.731	2,521.860	1.924
Fuarza (Fpc)	21.713	2,214.109	1.967
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.008	0.816	0.526

3).- Resultados:

Módulo de rotura	4.30 Mpa
	43.85 kgf/cm ²

C
O
N
C
R
E
T
E

T
E
S
T

TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica

JEFE DE LABORATORIOS
ING. JORGE L. MÉNDEZ BRICEÑO
JEFE Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura

DECANO
Dr. VÍCTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Píllcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 005-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL
Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E
TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0
Fecha: 2024 ENERO-17
Código N° 225

Muestra: M_05, Viga de concreto, 14 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
Alto, d (mm)	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	27.479	2,802.078	2.660
Fuarza (Fpc)	27.479	2,802.078	2.660
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.006	0.612	0.090

3).- Resultados:

Módulo de rotura	4.70 Mpa
	47.93 kgf/cm ²

C
O
N
C
R
E
T
E

T
E
S
T

TOMAS VELAZQUEZ ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica

MSC. MEYZAN BRICEÑO JORGE L
Jeje Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura

DECANO
Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Pillcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601

RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS PRISMÁTICAS - PIEDRA CHANCADA 1/2" – 0.8 % DE POLIETILENO



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 009-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL
Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E
TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0
Fecha: 2024 ENERO-17
Código N° 225

Muestra: M_09, Viga de concreto, 28 días
Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
	abajo	central	superior	promedio
Alto, d (mm):	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

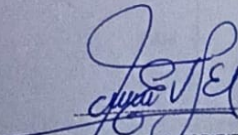
2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

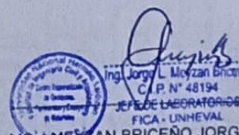
Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	23.016	2,346.978	2.129
Fuarza (Fpc)	19.646	2,003.334	2.156
Fuarza (Fsc)	7.170	731.136	1.597
Fuarza (Ftc)	0.009	0.918	0.054

3).- Resultados:

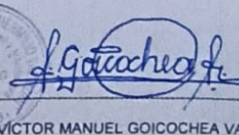
Módulo de rotura	4.00 Mpa
	40.79 kgf/cm ²



TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios



MSc. MELÁN BRICEÑO JORGE L.
JEFE LABORATORIOS
FICA - UNHEVAL



Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

CONCRETE TEST

Presentación del test





UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST: **FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE**
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 011-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL
Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E
TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0
Fecha: 2024 ENERO-17
Código N° 225

Muestra: M_11, Viga de concreto, 28 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
	abajo	central	superior	promedio
Alto, d (mm):	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	26.444	2,696.537	1.886
Fuarza (Fpc)	23.130	2,358.603	1.899
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Fic)	0.007	0.714	0.242

3).- Resultados:

Módulo de rotura	4.50 Mpa
	45.89 kgf/cm ²

CONCRETE TEST

TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica

Ing. Jorge L. Méizán Briceno
I.P. N° 48194
FICA - UNHEVAL
MSc. MEIZAN BRICENO JORGE L.

DECANO
Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Pillcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO

SOLICITANTE: VANESSA RAQUEL SANCHEZ LUCAS

TEST:

FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE
(Simple Beam with Center - Point Loading)

Certificado N° 007-2024 Laboratorio_FICA_UNHEVAL

Maquina: Universal Testing Machine, Modelo: WAW-600E

TUSNE: Resolución Rectoral N° 0557-2023-UNHEVAL

Boleta Venta Electrónica N° 005-0

Fecha: 2024 ENERO-17

Código N° 225

Muestra: M_07, Viga de concreto, 14 días

Condición: Muestra traídos al laboratorio e información proporcionado por el solicitante

1).- Dimensiones de la muestra:

Dimensiones	delante	central	fondo	promedio
Ancho, b (mm)	151.00	151.00	151.00	151.00
	abajo	central	superior	promedio
Alto, d (mm):	152.00	152.00	152.00	152.00
Luz libre entre apoyos, L (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00

Presentación del test



2).- Desarrollo del test:

Fecha de ensayo:	Marzo 2024 - 22
Estándar de referencia:	ASTM C293
Desplazamiento del pistón:	1.000 mm/min
Razón aplicación de la fuerza:	1.0000 x 10(-1) kN/s

Tipos de fuerzas	kN	kgf	ΔL (mm)
Fuerza máxima (Fbc)	28.081	2,863.464	2.372
Fuarza (Fpc)	18.357	1,871.893	2.445
Fuarza (Fsc)	-	-	-
Fuarza (Ftc)	0.009	0.918	0.280

3).- Resultados:

Módulo de rotura	4.80 Mpa
	48.95 kgf/cm ²

CONCRETE TEST

TOMAS VELA ESPIRITU
Especialista laboratorios
Estructuras, Geotécnica,
Hidráulica

MSC. MEYZAN BRICEÑO JORGE L
Jefe Laboratorio Facultad de Ingeniería
Civil y Arquitectura

Dr. VICTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y
Arquitectura

Av. Universitaria 601-607 Pillcomarca, Pabellón VI, Piso 1, Teléfono (062) 591079-ANEXO 0601