

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE F'C=210
KG/CM² CON ADICIONES DE FIBRAS METÁLICAS, NO METÁLICAS Y NATURALES,
USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA EL GAVILÁN EN LA CIUDAD DE
CAJAMARCA”**

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Bach. PÉREZ ESPEJO REYNALDO JAVIER

Asesor:

Dr. Ing. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL

CAJAMARCA – PERÚ

2024



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Pérez Espejo, Reynaldo Javier
DNI: 70760646
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. ing. Mosqueira Moreno, Miguel Angel
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE $F'C=210$ KG/CM² CON ADICIONES DE FIBRAS METÁLICAS, NO METÁLICAS Y NATURALES, USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA EL GAVILÁN EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA
6. Fecha de evaluación: 12/03/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 20
9. Código Documento: oid:3117:339344369
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión:12/03/2024

 FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: Miguel Angel Mosqueira Moreno DNI: 26733060		Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 12/03/2024 12:43:57-0500
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI		

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a nuestro Dios todopoderoso porque me muestra el horizonte a seguir, a la vida por enseñarme que la paciencia es virtud de grandes, que cada persona tiene su momento y que lo importante es seguir adelante siendo buenas personas. A mis padres Rosario de Fátima Espejo Vásquez y Ranulfo Pérez Zamora que los llevo presente a cada momento de mi vida por su apoyo incondicional en todas mis etapas, por su cariño y paciencia, por su ejemplo de bondad y trabajo, ambos serán siempre mi mejor motivo para seguir adelante, siempre estaré agradecido con ustedes por todo, todos mis logros también son los suyos.

A mis hermanos Deycy, Rayner, Erick Duberlí y Laura por su apoyo constante, a mi cuñada Kenia y sobrina Dayra por acogerme en su hogar y brindarme su apoyo.

A mi asesor Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno por la orientación brindada para desarrollar la presente investigación.

Al ingeniero Leiner Guerrero por su gran ayuda y orientación para realizar la investigación y a mis compañeros Nicson Vásquez, Yover Bustamante, Cesar Rubio, Yerser Castrejón por su apoyo para realizar los ensayos respectivos.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía.

A mis padres por su apoyo incondicional, a mis hermanos por su ayuda, sobrinos por llenarme de alegría mis días y a mi hermano gemelo Elías que es mi compañero incondicional a pesar de no estar en esta vida terrenal, va por ti mi ángel.

A mis compañeros, docentes, amigos y a todas las personas que contribuyeron a que esta investigación se realizara.

Reynaldo Javier Pérez Espejo

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Planteamiento de problema	16
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Hipótesis general	17
1.3.1. Variables	17
1.3.1.1. Variable independiente	17
1.3.1.2. Variable dependiente	17
1.4. Justificación de la investigación.....	17
1.5. Alcances y delimitación de la investigación	18
1.6. Limitaciones	18
1.7. Objetivos	18
1.7.1. Objetivo General.....	18
1.7.2. Objetivos Específicos.....	18
1.8. Descripción del contenido de los capítulos	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes Teóricos	20
2.1.1. Internacionales	20
2.1.2. Nacionales.....	21
2.1.3. Locales	22
2.2. Bases Teóricas.....	24
2.2.1. Concreto.....	24
2.2.1.1. Características del concreto	24
2.2.1.2. Materiales que componen el concreto	24
2.2.2. Tipos de concreto.....	37
2.2.2.1. Concreto simple.....	37

2.2.2.2.	Concreto Lanzado.....	37
2.2.2.3.	Concreto Autonivelante.....	37
2.2.2.4.	Concreto reforzado con fibras	38
2.2.3.	Propiedades del concreto fresco.....	41
2.2.3.1.	Manejabilidad	41
2.2.3.2.	Consistencia.....	41
2.2.3.4.	Temperatura.....	41
2.2.3.5.	Peso unitario (Densidad) del concreto.....	42
2.2.4.	Propiedades del concreto en estado endurecido.....	42
2.2.4.1.	Resistencia.....	42
2.2.4.2.	Peso Unitario (Densidad).....	46
2.2.5.	Dosificación en las mezclas de concreto	46
2.2.6.	Especímenes o probetas de concreto.....	48
2.3.	Definición de términos básicos	48
2.3.1.	Agregados	48
2.3.2.	Concreto.....	48
2.3.3.	Resistencia mecánica	48
2.3.4.	Resistencia a la compresión del concreto	49
2.3.5.	Resistencia a la flexión del concreto.....	49
2.3.6.	Fibra de acero.....	49
2.3.7.	Fibra de Polipropileno.....	49
2.3.8.	Fibra de coco.....	49
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN		50
3.1.	Localización del Proyecto	50
3.1.1.	Ubicación geográfica de la investigación	50
3.1.2.	Ubicación geográfica del origen de los agregados	51
3.2.	Tiempo o época que se realizó el estudio.....	52
3.3.	Metodología de la investigación	52
3.3.1.	Tipo, nivel, diseño y enfoque de la investigación.....	52
3.3.1.1.	Tipo.....	52
3.3.1.2.	Nivel	52
3.3.1.3.	Diseño.....	52
3.3.1.4.	Enfoque.....	52
3.3.2.	Población de Estudio.....	53

3.3.3.	Muestra	53
3.3.4.	Unidad de análisis	53
3.3.5.	Unidad de observación.....	53
3.4.	Procedimiento de los ensayos de la investigación	54
3.4.1.	Propiedades de los áridos.....	54
3.4.1.1.	Peso específico y absorción del agregado grueso.....	54
3.4.1.2.	Peso Específico (densidad) y absorción del árido fino.....	55
3.4.1.3.	Granulometría del árido fino y grueso.....	56
3.4.1.4.	Contenido de humedad de los áridos	57
3.4.1.5.	Densidad de masa (Peso unitario) de los áridos	58
3.4.1.6.	Porcentaje de material más fino que pasa por la malla N° 200 por lavado de agregados	60
3.4.2.	Diseño de Mezcla.....	61
3.4.2.1.	Procedimiento para realizar un diseño de mezcla preliminar	61
3.4.2.2.	Procedimiento para ajustar la mezcla de prueba del concreto patrón.....	61
3.4.3.	Fabricación de probetas de concreto.....	63
3.4.4.	Curado de probetas	64
3.4.5.	Densidad (peso unitario) del concreto	64
3.4.6.	Resistencia a compresión el concreto	65
3.4.7.	Resistencia a flexión del concreto.....	65
3.4.8.	Procesamiento para la obtención de los filamentos de coco.....	66
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos y presentación de resultados.....	67
3.5.1.	Técnicas	67
3.5.2.	Instrumentos.....	67
3.5.3.	Presentación de Resultados.....	67
3.5.3.1.	Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	67
3.5.3.2.	Resultados del diseño de mezcla	68
3.5.3.3.	Resultados de las propiedades del concreto fresco.....	69
3.5.3.4.	Resultados de los ensayos al concreto endurecido	72
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		80
4.1.	Análisis y discusión de resultados de los agregados	80
4.1.1.	Granulometría de los áridos fino y grueso.....	80
4.1.2.	Peso unitario de los áridos	80
4.1.3.	Peso específico de los áridos.....	80
4.1.4.	Absorción y contenido de humedad de los agregados	81

4.1.5.	Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) de los agregados	81
4.1.6.	Abrasión del agregado grueso.....	81
4.2.	Análisis y discusión de la elaboración de la mezcla de concreto.....	81
4.3.	Análisis y discusión de las propiedades del concreto en estado fresco.....	82
4.3.1.	Asentamiento o Slump del concreto	82
4.3.2.	Peso unitario o densidad del concreto en estado fresco	82
4.3.3.	Temperatura del concreto en estado fresco.....	82
4.4.	Análisis y discusión de las propiedades del concreto en estado duro	83
4.4.1.	Peso unitario o densidad del concreto en estado duro	83
4.4.2.	Resistencia a la compresión del concreto	83
4.4.3.	Resistencia a la flexión del concreto.....	84
4.5.	Contrastación de la hipótesis planteada en la investigación	85
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		86
5.1.	Conclusiones	86
5.2.	Recomendaciones.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		88
ANEXOS		93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Requisitos de desempeño del concreto para el agua de mezcla	27
Tabla 2.	Tope de sustancias químicas optativas para el agua de mezcla combinada	27
Tabla 3.	Guía para la frecuencia de ensayo con relación a la fuente de agua utilizada para agua de mezcla.....	28
Tabla 4.	Tamices que se utilizan para realizar el análisis de granulometría.....	29
Tabla 5.	Requisitos granulométricos	29
Tabla 6.	Requisitos de granulometría del agregado grueso	31
Tabla 7.	Límites de material fino en el árido fino	36
Tabla 8.	Límites de material fino en el árido grueso	36
Tabla 9.	Edades de ensayo de las probetas cilíndricas y tolerancias permisibles.....	43
Tabla 10.	Coordenadas de la cantera “El Gavilán	51
Tabla 11.	Número de Muestras.....	53
Tabla 12.	Resultados de los ensayos de prueba a compresión	62
Tabla 13.	Reajuste de la relación agua cemento según la Ley de Powers.....	63
Tabla 14.	Propiedades del agregado fino y grueso de la cantera “El Gavilán”	67
Tabla 15.	Materiales para un metro cúbico de concreto patrón.....	68
Tabla 16.	Materiales necesarios corregidos para un metro cúbico de concreto patrón	68
Tabla 17.	Materiales para un metro cúbico de concreto con adición de fibra metálica SikaFiber® CHO 65/35 NB	68
Tabla 18.	Materiales para un metro cúbico de concreto con adición de fibra no metálica de polipropileno Sikacem®-1 Fiber	68
Tabla 19.	Materiales para un metro cúbico de concreto con adición de fibra natural de coco... ..	69
Tabla 20.	Asentamiento del concreto patrón vs concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales.....	69
Tabla 21.	Peso unitario (Densidad) del concreto patrón en estado fresco VS concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales en estado fresco.....	70
Tabla 22.	Temperatura del concreto patrón en estado fresco VS concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales	71
Tabla 23.	Peso unitario (Densidad) del concreto patrón en estado endurecido VS concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales.....	72
Tabla 24.	Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con adición de fibras metálicas de acero de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB a los 28 días de edad	74
Tabla 25.	Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno de la marca Sikacem®-1 Fiber a los 28 días de edad.....	75

Tabla 26.	Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días de edad	76
Tabla 27.	Resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con adición de fibras metálicas de acero de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB a los 28 días de edad	77
Tabla 28.	Resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno de la marca Sikacem®-1 Fiber a los 28 días de edad.....	78
Tabla 29.	Resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días de edad	79
Tabla 30.	Análisis granulométrico del agregado grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202.....	93
Tabla 31.	Peso específico del agua.....	94
Tabla 32.	Factor de calibración (f) del agregado grueso ASTM C29 / NTP 400.017.....	94
Tabla 33.	Peso unitario suelto del agregado grueso NTP 400.017,A.S.T.M.C-29,MTC E205..	95
Tabla 34.	Peso unitario compactado del agregado grueso NTP 400.017,A.S.T.M.C-29,MTC E205.....	95
Tabla 35.	Peso específico agregado grueso - ASTM C-127,MTC E 206,NTP 400.021	95
Tabla 36.	Absorción (%) agregado grueso - ASTM C-127,MTC E 204,NTP 400.021.	96
Tabla 37.	Contenido de humedad (%) agregado grueso - A.S.T.M.C-566,MTC E118,NTP 339.185.	96
Tabla 38.	Ensayo de abrasión del agregado grueso - NTP 400.019,ASTM C-702,MTC E207. 96	
Tabla 39.	Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200 para el agregado grueso - NTP 400.018.....	96
Tabla 40.	Análisis Granulométrico del Agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202.....	97
Tabla 41.	Factor de calibración (f) del agregado fino - ASTM C29,NTP 400.017.....	98
Tabla 42.	Peso unitario suelto del agregado fino NTP 400.017,A.S.T.M.C-29,MTC E 205.....	98
Tabla 43.	Peso unitario compactado del agregado fino NTP 400.017,A.S.T.M.C -29,MTC E-205.	99
Tabla 44.	Peso específico del agregado fino NTP 400.022, A.S.T.M.C-128,AASHTO T84, MTC E-203.....	99
Tabla 45.	Absorción del agregado fino (%) NTP 400.022,A.S.T.M.C-128,AASHTO T84, MTC E 203.	99
Tabla 46.	Contenido de humedad del agregado fino (%) A.S.T.M.C-566,MTC E-118, NTP 339.185.....	100
Tabla 47.	Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200 para el agregado fino - NTP 400.018.....	100
Tabla 48.	Peso Unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales	111

Tabla 49.	Peso Unitario del concreto en estado endurecido para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales.....	112
Tabla 50.	Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 28 días	113
Tabla 51.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de acero SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 15 kg/m^3	113
Tabla 52.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de acero SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 30 kg/m^3	113
Tabla 53.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de acero SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 50 kg/m^3	114
Tabla 54.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 80 g/bolsa de cemento.....	114
Tabla 55.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 100 g/bolsa de cemento.....	114
Tabla 56.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 120 g/bolsa de cemento.....	115
Tabla 57.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 0.5 % del peso del cemento	115
Tabla 58.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1 % del peso del cemento	115
Tabla 59.	Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1.5 % del peso del cemento	116
Tabla 60.	Resistencia a la flexión del concreto patrón a la edad de 28 días.....	116
Tabla 61.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de acero – SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 15 kg/m^3	116
Tabla 62.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de acero – SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 30 kg/m^3	117
Tabla 63.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de acero – SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 50 kg/m^3	117
Tabla 64.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 80 g/bolsa de cemento.....	117
Tabla 65.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 100 g/bolsa de cemento.....	118
Tabla 66.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 120 g/bolsa de cemento.....	118
Tabla 67.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 0.5 % del peso del cemento.....	118
Tabla 68.	Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1 % del peso del cemento.....	119

Tabla 69. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1.5 % del peso del cemento.....	119
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema de fracturas.....	44
Figura 2.	Montaje de la viga y fallas en el ensayo a flexión.....	46
Figura 3.	Procedimiento para diseñar mezclas de concreto	47
Figura 4.	Localización de la investigación.....	50
Figura 1.	Ubicación geográfica de la cantera “El Gavilán”	51
Figura 2.	Gráfica del peso unitario (Densidad) del concreto en estado fresco	70
Figura 3.	Gráfica del peso unitario (Densidad) de los distintos tipos de concreto en estado fresco elaborados	71
Figura 4.	Gráfica del peso unitario (Densidad) del concreto en estado endurecido	73
Figura 5.	Gráfica del peso unitario (Densidad) de los distintos tipos de concreto en estado endurecido elaborados	73
Figura 6.	Resistencia a la compresión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras metálicas de acero a los 28 días.....	74
Figura 7.	Resistencia a la compresión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno a los 28 días.....	75
Figura 8.	Resistencia a la compresión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días.....	76
Figura 9.	Resistencia a la flexión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras metálicas de acero a los 28 días.....	77
Figura 10.	Resistencia a la flexión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno a los 28 días.....	78
Figura 11.	Resistencia a la flexión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días.....	79
Figura 12.	Curva granulométrica del agregado grueso	94
Figura 13.	Curva granulométrica del agregado fino	98
Figura 14.	Acopio de agregados en la cantera El Gavilán.....	132
Figura 15.	Granulometría de los agregados	132
Figura 16.	Peso unitario del agregado fino	133
Figura 17.	Peso unitario del agregado grueso	133
Figura 18.	Peso específico del agregado grueso	134
Figura 19.	Peso específico del agregado fino	134
Figura 20.	Ensayo de humedad de los agregados	135
Figura 21.	Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (N° 200) por lavado en agregados	135

Figura 22. Ensayo a compresión de probetas de prueba	136
Figura 23. Fibra de coco utilizada.....	136
Figura 24. Fibra de Polipropileno utilizada	137
Figura 25. Fibra de acero utilizada.....	137
Figura 26. Elaboración de probetas de concreto	138
Figura 27. Ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco	138
Figura 28. Ensayo de asentamiento del concreto.....	139
Figura 29. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....	139
Figura 30. Ensayo de resistencia a la flexión del concreto	140
Figura 31. Procesamiento para la obtención de la fibra de coco.....	140

RESUMEN

Esta investigación tuvo por objetivo comparar la resistencia mecánica de un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con adiciones de fibras metálicas de acero trefilado de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB en las proporciones 15, 30, y 50 kilogramos por m^3 , fibras no metálicas de polipropileno de la marca Sikacem®-1 Fiber para las proporciones 80, 100 y 120 g/bolsa de cemento y fibras naturales de coco en las dosificaciones 0.5, 1 y 1.5% del peso del cemento, y utilizando agregados de la cantera “El Gavilán”. Se identificaron las características de los áridos, se hizo el diseño de concreto mediante los procedimientos brindados por el método combinación de agregados, se fabricaron en total 40 probetas cilíndricas y 40 prismáticas, 4 para concreto patrón y 4 para cada proporción de cada una de las fibras utilizadas, las cuales se ensayaron después de 28 días sometidas a fuerzas de flexión y fuerzas compresivas. La resistencia a la compresión inicial del concreto base obtenida fue de 228.50 kg/cm^2 y el módulo de rotura fue 20.89 kg/cm^2 . Al comparar concreto base (sin fibras) con el concreto fibroreforzado, se llegó a la conclusión que la fibra que mejor se comportó es la fibra de polipropileno, debido a que ocasionó el incremento significativo de la resistencia a flexión en un 22.36%, 31.01% y 41.33% para las proporciones mencionadas líneas arriba respectivamente, y es la que hace que la resistencia a la compresión disminuya de manera más moderada comparado con las demás fibras, un 5.44%, 10.04% y 13.79% para las tres proporciones respectivamente.

Palabras clave: Resistencia mecánica, concreto, agregados, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, fibras de Acero, fibras de polipropileno, fibras de coco.

ABSTRACT

This research aimed to compare the mechanical strength of concrete with a compressive strength of $f'_c=210$ kg/cm², incorporating additions of steel drawn fibers from the SikaFiber® CHO 65/35 NB brand in proportions of 15, 30, and 50 kilograms per m³, non-metallic polypropylene fibers from the Sikacem®-1 Fiber brand in proportions of 80, 100, and 120 g/bag of cement, and natural coconut fibers at dosages of 0.5, 1, and 1.5% of the cement weight, using aggregates from the "El Gavilán" quarry. Aggregate characteristics were identified, and concrete design was carried out following the procedures provided by the combined aggregates method.. A total of 40 cylindrical and 40 prismatic specimens were manufactured, including 4 for standard concrete and 4 for each proportion of each fiber used. These specimens were tested for flexural and compressive strength after 28 days. The initial compressive strength of the base concrete was 228.50 kg/cm², with a modulus of rupture of 20.89 kg/cm². When comparing the base concrete (without fibers) with fiber-reinforced concrete, it was concluded that the polypropylene fiber exhibited the best performance. It caused a significant increase in flexural strength by 22.36%, 31.01%, and 41.33% for the mentioned proportions, respectively. Additionally, it contributed to a more moderate decrease in compressive strength compared to other fibers, with reductions of 5.44%, 10.04%, and 13.79% for the three respective proportions.

Keywords: Mechanical strength, concrete, aggregates, compression strength, flexural strength, steel fibers, polypropylene fibers, coconut fibers.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento de problema

El material conocido como concreto utilizado desde muchos años atrás, es considerado como aquel material de construcción que el ser humano más ha hecho uso para sus construcciones. (Orozco *et al.*, 2018).

La resistencia del este material a fuerzas compresivas es notable, siendo esta característica su propiedad principal y, en general, el criterio predominante para evaluar su calidad. Sin embargo, exhibe una resistencia relativamente baja a las fuerzas de flexión. (Matallana, 2019, p. 27).

En la actualidad, se emplean diversos materiales que se pueden agregar a las mezclas de concreto con el objetivo de mejorar su rendimiento. Se recurre a aditivos y fibras de tipos variados, tales como provenientes del acero, polipropileno, etc. Es por ello que las fibras desempeñan un papel crucial como elemento reforzador en el concreto, buscando mejorar su resistencia (Rojales *et al.*, 2021), especialmente a fuerzas de flexión.

La forma, textura y gradación de los áridos también desempeñan un rol crucial en la resistencia del concreto endurecido (Torres-Ortega & Saba, 2023). Para este estudio se utilizaron agregados que se han extraído de la cantera El Gavilán de Cajamarca, ya que actualmente y sobre todo en las edificaciones informales se suelen utilizar los agregados provenientes de dicha cantera.

Por consiguiente, se añadieron tres tipos de fibras (metálicas de acero, no metálicas de polipropileno, y naturales de coco), y se comparó su comportamiento con la finalidad de determinar cuál de ellas genera una mayor resistencia mecánica (resistencia a la compresión y flexión).

1.2. Formulación del problema

¿Qué adición de fibra, metálica de acero, no metálica de polipropileno o fibra natural de coco, genera una mayor resistencia mecánica en comparación a un concreto patrón (sin adición fibras) de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con agregados de la cantera “El Gavilán” en la ciudad de Cajamarca?

1.3. Hipótesis general

La adición de fibra no metálica de polipropileno genera una mayor resistencia mecánica en un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados de la cantera “El Gavilán” en la ciudad de Cajamarca, siendo la que mejor se comporta comparada a las fibras metálicas de acero y fibras naturales de coco.

1.3.1. Variables

1.3.1.1. Variable independiente

- Tipo de fibra (metálica, no metálica o natural)

1.3.1.2. Variable dependiente

- Resistencia mecánica del concreto (Resistencia a la compresión y flexión)

1.4. Justificación de la investigación

Este estudio viene a justificarse porque permite conocer cuál fibra, metálica de acero trefilado, no metálica de polipropileno o natural de coco, que se adicionan al concreto, contribuye de mejor manera para obtener una mayor resistencia mecánica; ello permitirá elegir la fibra que mejor convenga para la obtención de concreto de mejores calidades, conociendo así también la dosificación necesaria fibra y de agregados provenientes de la cantera “El Gavilán”.

1.5. Alcances y delimitación de la investigación

Esta investigación buscó comparar la resistencia mecánica de un concreto patrón (sin fibras) de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuando se le adiciona fibras metálicas de acero en las dosificaciones 15, 30 y 50 kg/m^3 , no metálicas de polipropileno en la cantidad de 80, 100 y 120g/bolsa de cemento y fibra naturales de coco en porcentajes 0.5%, 1% y 1.5%.

La fibra metálica de acero utilizada es de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB, la fibra no metálica de polipropileno es de la marca Sikacem®-1 Fiber, ambas se encuentran disponibles en el mercado local y la fibra natural es obtenida del coco, se usó cemento Portland Pacasmayo Tipo I, agregados de la cantera El Gavilán y agua de la universidad.

Se realizaron ensayos de soporte a fuerzas compresivas en probetas cilíndricas de 15 x 30 cm y los ensayos de resistencia a la flexión en vigas de 15 x 15 x 50 cm, a los 28 días

1.6. Limitaciones

No se realizó el análisis químico de los agregados.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

- Comparar la Resistencia Mecánica de un Concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales, usando agregados de la cantera El Gavilán en la ciudad de Cajamarca.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a compresión y módulo de rotura (MR) del concreto patrón a la edad 28 días.

- Determinar la resistencia a la compresión y módulo de rotura (MR) del concreto con adiciones de fibras metálicas a los 28 días.
- Determinar la resistencia a la compresión y módulo de rotura (MR) del concreto con adiciones de fibras no metálica de polipropileno a los 28 días.
- Determinar la resistencia a la compresión y módulo de rotura (MR) del concreto con adiciones de fibra natural de coco a los 28 días.

1.8. Descripción del contenido de los capítulos

Capítulo I. Introducción

Se encuentra el planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis general, justificación, alcances y limitaciones de la investigación, y los objetivos tanto general como específicos.

Capítulo II. Marco teórico

Se detalla los antecedentes internacionales, nacionales y locales, bases teóricas y definición de términos básicos.

Capítulo III: Materiales y métodos

Se describe el procedimiento y los resultados de los ensayos realizados para determinar la resistencia mecánica del concreto.

Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados

Se analiza y discute los resultados de los ensayos realizados tanto para agregados como para el concreto.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

Se describen las conclusiones y se brinda algunas recomendaciones para posteriores investigaciones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Internacionales

Rojas (2015), en Ambato (Ecuador), elaboró un trabajo independiente que lleva por título “Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia en la resistencia a compresión” donde evalúa la resistencia que tiene un concreto a esfuerzo de compresión (con $f'c=210$ kilogramos por m^2), se elabora cilindros de concreto y los ensaya a los 7, 14, 21 y 28 días, a los cuales añade ciertas proporciones de fibra de coco y quita la misma proporción de agregado fino, en la investigación se muestra también el proceso para obtener las hebras de coco. Se utilizan las proporciones de 0.5% y 1.5% de fibra de coco, y las longitudes de 2cm y 5cm de fibra, se evalúan primero las propiedades de los agregados para posteriormente encontrar las características del concreto que contiene fibras cuando esté en condiciones plásticas y también cuando este ya haya fraguado, comparado con un concreto base que no contiene filamentos de coco. La resistencia a cargas de compresión disminuye con la incorporación de filamentos de coco, cuando se usa la proporción 1.5% de fibra y con filamentos de 5cm de largo, esta misma resistencia llega al 92% de la resistencia base, concluyendo que es la proporción que mejor se comporta, esta investigación resalta por sobre todo el segundo uso que se le da a la fibra de coco.

Carrillo *et al.* (2017), en Bogotá (Colombia), en su trabajo de investigación que lleva por título, “Propiedades mecánicas a flexión del concreto reforzado con fibras de acero bajo ambientes corrosivos” de la Universidad Militar Nueva Granada, llevaron a cabo la evaluación de cómo afecta dos entornos corrosivos a corto plazo y la cuantía de fibras metálicas de acero a la propiedad del concreto de resistir a esfuerzos de flexión. Realizaron la prueba de 54 testigos de concreto reforzado en dosificaciones de 30 y 60 kilogramos por m^3 . Se expusieron cilindros y vigas a la

acción de un medio acuoso y una solución de NaCl al 3.5% (ambientes corrosivos), en el lapso de 60 días. Se compararon los resultados con aquellos cilindros y vigas que no se estuvieron en normales condiciones es decir sin alteración. Se concluye que durante esta fase inicial de corrosión, los iones de cloruro presentes (NaCl al 3.5%) provocan que la capacidad de resistir a esfuerzos flexionantes del concreto disminuya teniendo una pérdida aproximada del 10% y una disminución del 11% en la tenacidad en flexión. Sin embargo, en la fase inicial de la corrosión, la exposición a la solución salina resulta que la capacidad de deflexión del concreto fortalecido con filamentos de acero aumente.

2.1.2. Nacionales

Rodriguez y Rodriguez (2023), en la ciudad de Trujillo, en su tesis “Evaluación de la resistencia a la compresión, tracción y flexión del concreto reforzado con SikaFiber® CHO 65/35 NB en elementos horizontales sobre terreno, trujillo, 2023” evaluó el soporte del concreto que tiene por $f'c=210$ kilogramos por cm^2 reforzado con filamentos de acero trefilado de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB, para lo cual en primer lugar se realiza la caracterización de los áridos extraídos de la cantera “El Milagro” Trujillo, se fabricaron 72 testigos cilíndricos y 12 tipo vigas, realizándose ensayos a fuerzas compresivas, flexionantes y de, se llega a la deducción de que los filamentos de acero utilizadas van a ayudar en gran medida para que la resistencia a esfuerzo de flexión aumente, llegando a 37% mas en comparación a un concreto base, sin embargo el uso de estas fibras pueden hacer que la resistencia a esfuerzos compresivos y traccionantes se vean afectadas.

Baca y Vela (2020), en la localidad de Cusco, realizaron una tesis denominada “Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas sikacem®-1 Fiber – Cusco 2019”, en ella se propone añadir fibra de polipropileno de la marca sikacem®-1 Fiber en las dosificaciones de 100g y 200g por paquete de 42.5kg de cemento, a un

concreto autocompactante, que previamente se diseñó utilizando los procesos detallados por la norma ACI 237R-07. Se evaluaron las propiedades como densidad de masa, capacidad de resistencia a esfuerzos compresivos, resistencia a esfuerzos flexionantes y módulo de elasticidad, para lo cual se elaboraron 90 especímenes, dando por resultado que estas fibras ayudan a mejorar levemente las propiedades mecánicas del concreto, resultando que aptitud de resistir a esfuerzos compresivos aumenta en 11.39%, la resistencia a flexión aumenta en 12.47%, lo que concluye que para este contexto el uso de la fibra de polipropileno es favorable para el concreto autocompactante.

2.1.3. Locales

Ramos (2019), en Cajamarca, elaboró una investigación titulada “Análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de polipropileno y acero”, donde experimentalmente hace un estudio para poner en evaluación la resistencia mecánica de un concreto que tiene por $f'c=250$ kilogramos por cm^2 , cuando se le añade filamentos de acero que tienen por nombre SikaFiber® CHO 65/35 NB en las proporciones 15 kilogramos, 30 kilogramos y 45 kilogramos de fibra por m^3 de concreto, filamentos de polipropileno de la marca Sikafiber PE en la proporción de 400, 600 y 800 gramos por cada m^3 de mezcla de concreto y la combinación de ambos en proporción 1 de filamentos de acero y 2 de filamentos de polipropileno, usa áridos extraídos de la cantera “Margarita” de Chilete y cemento de la compañía Pacasmayo de marca fortimax 3 tipo MS; realizó la determinación de las propiedades de los áridos para una posterior determinación de componentes de la mezcla. Se elaboraron 60 testigos, evaluando los mismos a los 7,14 y 28 para determinar la capacidad de resistencia a esfuerzos compresivos y en 28 días se determinaron las capacidad de aguante a esfuerzos flexionantes y tracción, concluyendo que los filamentos de acero hacen que la capacidad de resistir a esfuerzos de compresión disminuya en

7.152%, la capacidad de resistir a esfuerzos flexionantes aumente un 23.066% y la resistencia a la tracción también aumente en 19.329%; la fibra de polipropileno hace que aumente en 5.705% la capacidad de soporte a compresión, 11.333% la capacidad de resistencia a esfuerzos compresivos y 12.278% la capacidad de resistir a fuerzas de tracción, el combinar ambos filamentos permite el aumento de 9.639% de la resistencia a la compresión, 15.192% la capacidad de aguante a esfuerzos flexionantes y 16.382% la capacidad de resistir fuerzas de tracción, la investigadora concluye afirmando que usar filamentos de polipropileno favorece en mayor grado para incrementar la capacidad del concreto de resistir a esfuerzos.

Ortiz (2015), en Cajamarca, en su investigación que lleva por nombre "Determinación de la influencia de la fibra de acero en el esfuerzo a flexión del concreto para un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ", realiza el estudio cuando se adiciona en tres proporciones diferentes los filamentos de acero de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB (30, 50 y 70kg por m^3 de concreto), evaluando su capacidad para soportar esfuerzos flexionantes, usó material de cantería de Tartar chico, cemento tipo I y un plastificante comercial marca Sikament 290N con dosificaciones 0.8% de lo que pesa el cemento. El investigador elabora 135 probetas (35 de forma cilíndrica y 100 vigas), los cuales fueron sometidos a esfuerzos compresivos y flexionantes en la máquina después de 28 días. Concluyendo que la fibra de acero permite aumentar la capacidad de soporte a esfuerzos compresión en 5%, 6% y 13.5% y el incremento de 47.61%, 87.86%, 118.07% la capacidad de soporte a fuerzas flexionantes para las proporciones líneas arriba mencionadas respectivamente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concreto

Considerada creación humana que simula una roca, utilizando sus capacidades de resistir y duración en el ámbito constructivo. (Matallana, 2019)

Muchos lo llaman hormigón, pero en Perú esta definición no es muy usada para referirse al mismo. Se trata de una combinación de materiales aglomerantes y agregados finos y gruesos. Se suele usar cemento portland y agua como medios conglomerantes (NTP 339.047, 2019).

2.2.1.1. Características del concreto

Aceros Arequipa (2022) menciona que existen diversas características que permiten que el concreto sea una sustancia especial, entre ellos se tiene:

a) Ventajas

- Tiene una elevada resistencia a fuerzas de compresión
- Es sorprendentemente fácil colocarlo en entibados de diversas formas, cuando este no ha fraguado.
- Resiste al ataque del fuego y resiste a la infiltración de agua.

b) Deficiencias

Tiene poca resistencia a la flexión. Por sí solo, presenta una limitación en su uso en vigas y otros soportes estructurales expuestos a este tipo de esfuerzos.

2.2.1.2. Materiales que componen el concreto

Aceros Arequipa (2022) menciona que el concreto es una piedra artificial que está hecho por dos componentes principalmente, ligantes o aglomerantes y los agregados. Entre los aglomerantes se tiene al cemento y agua. Se tiene áridos finos (arena) y gruesos (pueden ser, grava, piedra

chancada, entre otros). Por indicaciones técnicas y para mejorar o modificar las propiedades de este, puede añadirse otras sustancias, como aditivos fibras, etc.

2.2.1.2.1 Cemento Portland

El concreto es una sustancia con características aglutinantes, lo que posibilita la unión de los agregados para crear un nuevo material sólido con resistencia y durabilidad intrínsecas (Matallana, 2019).

Según la NTP 334.001 (2019), este está elaborado por medio de la molienda de clinker de Portland, en cuya composición está presente principalmente el silicato cálcico hidratado y generalmente tiene más de una forma de sulfato de calcio agregado cuando se está moliendo en el proceso de molimiento.

a) Composición

La NTP 334.009 (2020), indica que los ingredientes principales para un cemento Portland son los siguientes:

- Clinker de cemento Portland
- Sulfato de calcio o agua, o ambos
- Adiciones calcáreas
- Adiciones inorgánicas de proceso
- Adiciones orgánicas de proceso

b) Tipos

Nuestra norma técnica peruana 334.009 (2020), nos detalla que existen 6 tipos:

Tipo I: Este cemento es de uso genérico, cuando no se necesite otras características particulares.

Tipo II: Para uso general, pero puntualmente cuando se pretende obtener moderada resistencia a sulfatos.

Tipo II (MH): Presenta las mismas características al Tipo II, pero se añade una característica más, se utiliza cuando se quiere un moderado calor de hidratación.

Tipo III: Este cemento será utilizado en tanto desee que el concreto resista bastante al inicio.

Tipo IV: Será usado este tipo en tanto se quiere un ligero calor de hidratación.

Tipo V: Para cuando se quiere una resistencia considerable al ataque de sulfatos.

2.2.1.2.2 Agua para el concreto

Constituye alrededor del 15% en volumen del concreto, desempeñando dos funciones fundamentales: facilitar la hidratación del cemento para activar sus propiedades conglomerantes y hacer que la mezcla sea fluida, asegurando que el concreto sea manejable en su estado fresco (Matallana, 2019).

Según la NTP 339.088 (2019) para elaborar concreto de cemento Portland se puede utilizar distintas fuentes de agua y/o la combinación de estas como agua de mezcla; se puede utilizar tanto agua potable, como agua no potable, así mismo se puede utilizar el agua proveniente de las operaciones de producción del concreto, esta última es el agua que se puede recuperar de los procesos de producción de un concreto, que puede incluir el agua utilizada en el lavado del camión que tiene la mezcla, el agua de lluvia recopilada en un recipiente en la planta donde se elabora el concreto, asimismo como aquella agua que contiene ingredientes del concreto. Para ello, la norma mencionada nos muestra algunas tablas en donde nos da ciertas especificaciones para ensayar las fuentes de agua para mezcla.

Tabla 1. Requisitos de desempeño del concreto para el agua de mezcla

	Límites
Resistencia a la compresión, % mínimo con relación a la muestra control a 7 días ^A	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto al control, horas: minutos ^A	De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde

^A Las comparaciones estarán basadas en proporciones fijas para una mezcla de concreto o mortero. La mezcla de control se hace con el 100% de agua potable o agua destilada. La mezcla de ensayo se debe realizar con el agua de la mezcla que se está evaluando

Fuente: (NTP 339.088, 2019).

Tabla 2. Tope de sustancias químicas optativas para el agua de mezcla combinada

	Límites	Métodos de Ensayo
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm ^B		
A. Cloruro como Cl ⁻ , ppm		
1 En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera	500 ^C	NTP 334.086
2 Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes	1000 ^C	NTP 334.086
B. Sulfatos como SO ₄ , ppm	3000	NTP 334.086
C. Álcalis como (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), ppm	600	NTP 334.086
D. Sólidos totales por masa, ppm	50 000	ASTM C1603

^A Los límites de especificación de esta tabla no están prohibidos de ser especificados como elementos individuales o en conjunto de acuerdo con la sección sobre Información de pedido de la NTP 334.114

^B ppm es la abreviación de partes por millón

^C Cuando el productor pueda demostrar que estos límites para el agua de mezcla pueden ser excedidos, se registrarán los requerimientos para el concreto Norma Técnica E-060 del Reglamento de Edificación. Para condiciones que permiten utilizar cloruro de calcio (CaCl₂) como aditivo acelerador, se permitirá que el comprador pueda prescindir de la limitación del cloruro.

^D Métodos de ensayo NTP 334.086 incluye referencia y métodos de ensayo alternativos para medir la concentración de cloruros, sulfatos, álcalis y en soluciones preparadas a partir de la disolución de materiales de cemento. Utilizar los métodos de ensayo aplicables en la NTP 334.086 para medir estos constituyentes. El laboratorio que realiza estas pruebas no está obligado a cumplir los requisitos en materia de calificación de la NTP 334.086. Se permiten métodos instrumentales y métodos químicos húmedos alternativos que se señalan en la NTP 334.086 que miden la concentración de estas especies químicas en solución. Cuando se utilizan métodos alternativos, el método de ensayo utilizado se incluirá en el informe.

Fuente: (NTP 339.088, 2019).

Tabla 3. Guía para la frecuencia de ensayo con relación a la fuente de agua utilizada para agua de mezcla

FUENTES DE AGUA	Densidad del agua combinada (g/mL)	Frecuencia de Ensayo		
		Densidad ASTM C1603	Tabla 1	Tabla 2
Potable	N/A	N/A	N/A	N/A
No Potable ^A	N/A	N/A	Cada 3 meses; después de 46 meses ensayos anualmente	
Concreto	< 1.01	Diariamente	Cada 6 meses; después de 26 meses ensayos anualmente	
Producción ^A	1.01-1.03		Mensualmente; después de 4 ensayos cada 3 meses	
	>1.03		Mensualmente; después de 8 ensayos cada 3 meses	

^A La frecuencia de ensayo se aplica al agua de mezcla combinada cuando está totalmente o parcialmente compuesta de las fuentes listadas

N/A: No aplicable

Fuente: (NTP 339.088, 2019).

2.2.1.2.3 Agregados o áridos

Los áridos utilizados para producir concreto pueden ser descritos como una cantidad de materiales, comúnmente inertes, que resulta de la combinación de agregados naturales o aquellos que fueron obtenidos al realizar la trituración de rocas de tamaño más grande. Estos componentes, al ser utilizados conjuntamente con la pasta (agua más cemento), dan lugar al concreto. Los áridos no se limitan exclusivamente a piedras naturales, ya que también pueden incluir productos manufacturados como agregados livianos, o materiales reciclados como ladrillos triturados, escoria y concreto, entre otros (Matallana, 2019).

Según la NTP 400.011 (2020), los áridos que van a ser utilizados para la elaboración de concreto se clasifican finos y gruesos, existen requisitos de granulometría para poder clasificarlos en uno de estos tipos, para realizar esto se tienen que emplear diversos tamices con aberturas distintas, para lo cual dicha norma nos brinda la siguiente información.

Tabla 4. Tamices que se utilizan para realizar el análisis de granulometría

Agregado	Tamices Normalizados
Fino	150 μm (Nº 100)
	300 μm (Nº 50)
	600 μm (Nº 30)
	1,18 mm (Nº 16)
	2,36 mm (Nº 8)
	4,75 mm (Nº 4)
Grueso	9,50 mm (3/8)
	12,5 mm (½)
	19,0 mm (¾)
	19,0 mm (¾)
	37,5 mm (1 1/2)
	50,0 mm (2)
	63,0 mm (2 1/2)
	75,0 mm (3)
	90,0 mm (3 ½)
	100,0 mm (4)

Fuente: (NTP 400.011, 2020).

a) Agregado Fino

La norma NTP 400.037 (2018) describe que el árido fino resulta mediante fragmentación natural o artificial de la roca, este tiene que ingresar por una malla estándar de 3/8 de pulgada y se retiene en la malla 200, asimismo la norma mencionada nos indica que existen requisitos establecidos que tiene que cumplir el árido fino para formar parte del concreto.

En lo que concierne a granulometría el requerimiento es lo que se detalla a continuación.

Tabla 5. Requisitos granulométricos

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No.4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μm (No. 30)	25 a 60
300 μm (No. 50)	5 a 30
150 μm (No. 100)	0 a 10
75 μm (No. 200)	0 a 3,0 ^{A,B}

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

^B Para agregado fino artificial u otros reciclados, si el material más fino que el tamiz 75 μm (No. 200) consiste en polvo de trituración, a abrasión y máximo 7% para concreto no sujeto a abrasión.

Fuente: (NTP 400.037, 2018).

b) Agregado Grueso

La NTP 400.037 (2018) menciona que este árido podrá ser grava, piedra chancada, hormigón (concreto) chancado, hormigón (concreto) reciclado o una combinación de estos. Para el agregado grueso también se tendrá ciertos requisitos para que este pueda ser usado en la elaboración de concreto, los cuales deberán cumplirse como lo detallado en la tabla 6 para el análisis granulométrico.

Tabla 6. Requerimiento granulométrico para el agregado grueso

HUSO	TAMAÑO NOMINAL	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°50
		(100mm)	(90mm)	(75mm)	(63mm)	(50mm)	(37.5mm)	(25mm)	(19mm)	(12.5mm)	(9.5mm)	(4.75mm)	(2.36mm)	(1.18mm)	(300µm)
1	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	2 pulg a 1 pulg	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	2 pulg a N°4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	1 1/2 pulg a 3/4 pulg	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	1 1/2 pulg a N°4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	1 pulg a 1/2 pulg	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	1 pulg a 3/8 pulg	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	1 pulg a N°4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	3/4 pulg a 3/8 pulg	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	...
67	3/4 pulg a N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	1/2 pulg a N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	3/8 pulg a N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5
89	3/8 pulg a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9 ^A	N°4 a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: (NTP 400.037, 2018)

El árido grueso que se utilizará para elaborar concreto debe tener cierta resistencia mecánica, como lo es la resistencia a la abrasión que no deberá ser mayor que 50% (NTP 400.037, 2018).

c) Propiedades de los áridos

c.1) Propiedades Físicas de los áridos

c.1.1) Granulometría

Hace referencia a la gradación y dimensión de las partículas que tienen los agregados (Matallana, 2019).

El agregado se separa mediante una serie de tamices, para así determinar cómo están distribuidas las partículas según su tamaño (NTP 400.012, 2018).

Con el ensayo de análisis granulométrico se va a determinar además las siguientes características de los agregados.

- Tamaño máximo (TM)

Es el tamiz (con abertura más pequeña) por el que pasa toda la muestra, esto sería el 100% del árido grueso, se determina mediante el ensayo de granulometría (NTP 400.037, 2018).

- Tamaño máximo nominal (TMN)

Malla (con abertura más pequeña) de la serie de tamices utilizados, que produce el primer retenido entre el 5% y 10% de la muestra de árido grueso (NTP 400.037, 2018).

Módulo de Fineza o módulo de finura del agregado (MF)

La utilidad del índice de finura radica en establecer la fineza o grosor de una arena (Matallana, 2019).

Este es un factor que se obtiene mediante la sumatoria del valor porcentual acumulado del material retenido en las mallas que se mencionan a continuación y toda esta suma se divide entre 100: malla número 100, número 50, número 30, número 16, número 8, número 4, malla de 3/8pulg, 3/4pulg, 1 1/2pulg, 3pulg, 6pulg (NTP 339.047, 2019).

El MF del árido fino debe tener un valor entre 2.3 y 3.1 (NTP 400.037, 2018).

c.1.2) Peso unitario de los áridos

Conocido también como peso volumétrico, masa unitaria, o últimamente distinguido como densidad de masa. Es la relación entre la masa (peso) del árido grueso o fino que tiene gran número de partículas y el volumen que vienen a ocupar dichas partículas agrupadas en un recipiente cuyo volumen ya es conocido (Matallana, 2019).

La NTP 400.017 (2011) indica que se refiere a la cantidad de material por unidad de volumen, considerando tanto el volumen de las partículas individuales del agregado como el volumen de los espacios vacíos entre dichas partículas, se expresa en kg/m^3 .

Peso Unitario Suelto:

Se calcula al dividir el peso del material con el volumen que ocupa, cuando se procede a llenar el recipiente por completo, sin realizar ninguna compactación. Este indicador es importante cuando se va a manejar los agregados, por ejemplo, cuando se transporta el mismo se sabe el volumen que va a ocupar, o cuando va a ser almacenado (Matallana, 2019).

Peso Unitario compactado

Matallana (2019) menciona que esta característica se emplea para calcular el volumen absoluto que los agregados van a ocupar en el diseño de mezclas, ya que estarán sujetos a compactación durante la colocación en la estructura. Se logra conseguir esta propiedad cuando se realiza la compactación de la muestra con el fin de mejorar la disposición de las partículas.

c.1.3) Peso Específico del agregado

Conocido también como densidad relativa o gravedad específica, relaciona la masa del agregado y la masa de agua de mismo volumen absoluto (Jimenez, *et al.*, 2017).

- Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD):

Se refiere al peso de la mezcla de agregado que ha sido secada en una estufa, expresado en relación con el volumen de partículas del árido. Esto abarca tanto el volumen de poros con permeabilidad y aquellos no permeables presentes al interior de las partículas, excluyendo, sin embargo, espacios no ocupados entre las partículas (NTP 400.021, 2013).

- Densidad relativa Saturada Superficialmente Seca (SSD)

Se trata del peso del agregado que ha sido saturado superficialmente y secado, expresado en relación con el volumen de las partículas del árido. Esto abarca tanto el volumen de poros con permeabilidad y aquellos no permeables, así como los poros saturados con agua adentro de las partículas, se excluye, sin embargo, los espacios no ocupados entre las partículas (NTP 400.021, 2013).

- Densidad Relativa Aparente

Se refiere al peso de la parte impermeable de las partículas del árido por cada unidad de volumen (NTP 400.022, 2013).

c.1.4) Porosidad y Absorción

Matallana (2019), menciona que la porosidad está vinculada a la naturaleza de la roca de origen del agregado, y es una de las características de las partículas de los áridos que ejerce una influencia significativa. resultando crucial para evaluar la calidad del agregado, ya que cuando la cantidad de poros va aumentando, el agregado natural tiende a ser menos denso, menos resistente, menos

duradero y presenta una mayor capacidad de absorción de agua, esta última característica depende directamente de la porosidad del árido.

La norma NTP 400.022 (2013), dice que es el aumento de la masa del árido ocasionado por la entrada de agua en los poros de las partículas en un tiempo determinado, excluyendo el sobre la superficie externa de las partículas, esta se muestra como % de la masa en estado seco.

c.1.5) Contenido de humedad

Es el porcentaje de la masa de agua en los poros, o agua libre, en una masa específica de material en relación con la masa del material sólido. La determinación de estas masas se realiza a una temperatura estándar de 110 ± 5 °C. Durante el proceso de secado, la pérdida de peso se considera como agua. El contenido de agua se calcula utilizando lo que pesa el agua y lo que pesa el árido en estado seco. Su utilidad radica en representar la proporción de espacios vacíos de aire, agua y sólidos que hay en un volumen específico del material (ASTM D-2216, 1998).

c.1.6) Porcentaje de Finos

En agregados a utilizarse en la fabricación de mortero y concreto, se denomina al material y/o contenido de polvo que ingresa por la malla normalizada de $75\mu\text{m}$ (N° 200) (NTP 400.018, 2013).

Se usan los pasos mencionados en la NTP 400.018 para poder conseguir mediante vía húmeda la cuantía de dicho material fino. La prueba implica analizar la capa superficial que un agregado pueda tener debido a la presencia de material fino, y su capacidad de perjudicar el rendimiento de concretos o morteros en los que se pueda utilizar. Para llevar a cabo esta evaluación, el agregado es sometido a sedimentación y tamizado en condiciones húmedas (NTP 400.018, 2013).

La NTP 400.037 (2018), detalla los topes de material fino, que a continuación se muestra..

Tabla 7. Límites de material fino en el árido fino

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (max)
Terrones de arcilla y partículas friables	3,0
Material más fino que la malla normalizada 75 µm (Nº 200):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0 ^A
Otros concretos	5,0 ^A

Fuente: (NTP 400.037, 2018)

Tabla 8. Límites de material fino en el árido grueso

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (max)
Terrones de arcilla y partículas friables	5,0
Material más fino que la malla normalizada 75 µm (Nº 200):	1,0 ^A

Fuente: (NTP 400.037, 2018).

La misma norma menciona que se autorizará la utilización de los áridos que no cumplan con estos límites definidos en las tablas, siempre y cuando se disponga de investigaciones que garanticen que dicho material generará concreto con la resistencia necesaria (NTP 400.037, 2018).

c.2) Propiedades Mecánicas de los agregados

c.2.1) Dureza o resistencia a la degradación o desgaste o abrasión

La resistencia del agregado al roce y al desgaste diario es esencial, especialmente en los casos de concretos que están sujetos a esfuerzos de roce y abrasión de manera continua, como lo ocurrido en carreteras y suelos industriales (pisos). La evaluación de esta propiedad se realiza mediante el ensayo de resistencia al desgaste realizada en la máquina de Los Ángeles, conforme a las normas NTP 400.019, ASTM C 131 y MTC E207. Este ensayo considera la gradación y el tamaño del material, por lo que se requiere realizar un ensayo granulométrico preliminar para determinar la gradación que mejor represente al agregado. La gradación determina el peso de las muestras y el tamaño de agregado a ensayar, así como la carga abrasiva (número de esferas) y el número de revoluciones a las que se somete el árido grueso en la máquina Los Ángeles. Se expresa como un

porcentaje de desgaste, que luego se compara con el valor establecido por la especificación (Matallana, 2019).

La NTP 400.037 (2018) nos menciona que el porcentaje de desgaste no debe exceder de 50% para el agregado grueso que se pretenda utilizar para la producir concreto con masa normal.

2.2.2. Tipos de concreto

2.2.2.1. Concreto simple

Considerada combinación del cemento, agregados (arena y grava) y agua y prescinde de armadura o refuerzo interno, puede ser visto como una roca artificial creada por el ser humano, es un material durable y resistente, características que hacen que el ser humano utilice este material para construcciones (Matallana, 2019, p. 23). A este concreto es el que mas estudios se ha realizado añadiéndole fibras.

2.2.2.2. Concreto Lanzado

También denominado como Shotcrete, proyectado o gunitado, se elabora utilizando agregados de tamaño reducido y se proyecta contra una superficie utilizando una manguera impulsada por aire comprimido, alcanzando así velocidades elevadas, este material presenta diversas aplicaciones con ventajas en proyectos subterráneos, toda superficie horizontal, vertical e inclinada y en techos (Matallana, 2019, p. 169), a este tipo de concreto también se le puede agregar fibras para mejorar sus propiedades.

2.2.2.3. Concreto Autonivelante

Este tipo es un tipo de mezcla que, al ser vertida, se distribuye de manera uniforme en todos los espacios del encofrado, envuelve el acero y se compacta gracias a su propio peso, prescindiendo de la vibración. Esto proporciona a la estructura una superficie final lisa (Matallana, 2019, p. 160).

Existen estudios donde buscan potenciar las características de este tipo de concreto añadiéndole fibras.

2.2.2.4. Concreto reforzado con fibras

Conocido como Fiber Reinforced Concrete por sus siglas en inglés (FRC), se emplean en superficies de aeropuertos, carreteras, estructuras de puentes y suelos industriales (Campoy *et al.*, 2021). Es simplemente concreto elaborado con cemento hidráulico y que incorpora fibras cortas discontinuas, dispersas y con orientación aleatoria (Harmsen, 2017).

Según Harmsen (2017) la incorporación de cantidades precisas de filamentos en el concreto aumenta la durabilidad de este ya que mejora de manera significativa varios aspectos de su rendimiento, entre ellos:

- Controla la fisuración causada por la contracción de fraguado y por la deformación cuando el concreto está en estado plástico.
- Mejora la tenacidad, la capacidad de resistir a impactos y resistencia a las cargas dinámicas.
- Incrementa la capacidad de resistir a esfuerzos de tracción.
- Aumenta la ductilidad del concreto, mejorando consecuentemente su resistencia sísmica.

Existen diversos tipos de fibras que se han utilizado para elaborar concreto, entre las cuales podemos distinguir tres grandes grupos, fibras metálicas (fibras minerales), fibras no metálicas (sintéticas o artificiales) y fibras naturales (Harmsen, 2017).

2.2.2.4.1. Fibras metálicas

Fibra de acero trefilado

Son fragmentos, filamentos de tamaño reducido y sección pequeña, estos son incorporados al concreto para otorgarle propiedades particulares (Villanueva & Yaranga, 2015).

Se aplica en elementos de alto rendimiento como pavimentos industriales, pistas de aeropuertos, túneles y taludes, contribuyendo a potenciar la mejora de las características del concreto (Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (PSI), 2020).

Características:

Según Sika Perú (2021) las fibras de acero trefilado brindan las siguientes ventajas

- Mejora la capacidad del concreto para resistir impactos, fatiga y fisuración.
- Incrementa la capacidad dúctil de concreto y absorción de energía.
- No impacta en los periodos de fraguado.
- Las fibras al estar pegadas aseguran que el concreto se distribuya uniformemente.

2.2.2.4.2. Fibras no metálicas

Fibra de Polipropileno

El polipropileno conocido también con las siglas PP es un plástico compacto y duradero, opaco y muy resistente al calor ya que se reblandece a temperaturas superiores a los 150°C. Se utiliza como material para bisagras porque tiene buena resistencia al impacto, tiene baja densidad y su buena flexibilidad le permiten soportar múltiples flexiones. También tiene una excelente resistencia a los productos corrosivos (Rodríguez, 2015).

Esta fibra sintética, compuesta por multifilamentos de polipropileno, se emplea como refuerzo secundario en concretos y morteros con el objetivo de disminuir la formación de grietas en el estado endurecido. Este tipo de fibra es compatible con una variedad de aditivos y tipos de concreto, sin que cause cambios en las propiedades del concreto. Su aplicación abarca en elementos prefabricados, túneles, minería, estacionamientos, refuerzos secundarios, concreto proyectado o shotcrete y sistemas como losacero (Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (PSI), 2020).

Características

Sika Perú (2019) nos muestra las siguientes características para las fibras de polipropileno.

- Disminuye la formación de grietas debidas a la retracción y evita su propagación.
- Aumenta de manera significativa la tenacidad del concreto.
- Mejora la aptitud para resistir impactos, haciendo que sea menos frágil.
- En cantidades más elevadas, apoya para que aumente la capacidad de soporte de esfuerzos de tracción y compresión del concreto.

2.2.2.4.3. Fibras naturales

Fibra de Coco

El coco, proveniente del cocotero, *Cocos Nucifera*, es una fruta tropical que se desarrolla en las zonas tropicales de Asia o América, gracias a las condiciones climáticas ideales en esas áreas. Este fruto, además de ser parte importante de la industria alimentaria, ha encontrado aplicaciones en diversos sectores como la agricultura, ganadería, cosmética, decoración, artesanía e incluso en la construcción ecológica, debido a sus numerosas propiedades. La estructura del coco comprende la copra, la parte interna de carne blanca, esta se encuentra protegida por una cáscara dura y una capa fibrosa de la cual se extraen los filamentos de coco. De este modo, esta fibra surge como un subproducto derivado del procesamiento de la cáscara del coco (Martín, 2020).

Características

Martín (2020) detalla las siguientes características y ventajas para la fibra de coco.

- Ofrece un adecuado equilibrio entre retención de agua y capacidad de aireación, previniendo la proliferación de hongos.
- El método de obtención de la fibra no genera contaminación atmosférica.
- La producción de esta fibra no implica el consumo de energía.

- La fibra de coco es una elección favorable para fortalecer el concreto, especialmente cuando este estará expuesto a fuerzas de flexión.

2.2.3. Propiedades del concreto fresco

2.2.3.1. Manejabilidad

Matallana (2019), dice que a esta propiedad también se le conoce como trabajabilidad y se refiere a una característica que describe la comodidad para ser manejado, para su transporte, colocación y consolidación con el menor esfuerzo y logrando la máxima uniformidad, también permite el acabado sin experimentar segregación.

2.2.3.2. Consistencia

Según la NTP 334.001 (2019) la consistencia es el nivel de fluidez de una mezcla específica de acuerdo con un procedimiento establecido previamente.

2.2.3.3. Asentamiento:

Medición de la consistencia que se muestra como la caída de la masa en estado plástico, posterior al retiro del molde metálico en que se realizó el ensayo (NTP 334.001, 2019).

2.2.3.4. Temperatura

Es otra característica importante y esta no deberá generar problemas como una pérdida rápida de la consistencia, aumento del riesgo de fisuras debido a contracciones cuando está en estado plástico durante el secado, disminución del tiempo de fraguado inicial y final que dificulte su manipulación en estado fresco, no deberá causar un fraguado muy rápido o la formación de juntas frías, es por ello que la temperatura del concreto será máximo 30°C al momento de vaciar, salvo que la autoridad o la supervisión apruebe una temperatura del concreto mayor, asimismo el concreto debe mantenerse por encima de los 10°C (Norma e.060, 2019).

2.2.3.5. Peso unitario (Densidad) del concreto

La expresión "peso unitario" era utilizada anteriormente para referirse a la propiedad del concreto que se describe como la masa por unidad de volumen (NTP 339.046, 2019).

Es la relación de la masa y el volumen ocupado por el concreto, este valor varía de acuerdo a la masa y la dosificación de cada uno de sus componentes. En el caso de concretos de densidad normal, su rango puede oscilar entre $2,000 \text{ kg/m}^3$ y $2,600 \text{ kg/m}^3$. La densidad desempeña un papel crucial en los cálculos estructurales, ya que se utiliza para determinar el peso propio de la estructura. Los concretos livianos se logran empleando agregados ligeros, como piedra pómez o aquellos obtenidos mediante procesos industriales de termoexpansión (generalmente arcillas expandidas). Estos concretos livianos se utilizan especialmente para propósitos de aislamiento térmico o acústico, y su densidad de equilibrio se sitúa entre $1,440$ y $1,840 \text{ kg/m}^3$. Por otro lado, los concretos pesados se obtienen al emplear agregados de alta densidad, como barita, limaduras de hierro o acero, siendo utilizados principalmente cuando se requiere protección contra radiaciones. La densidad de estos concretos pesados supera los $2,600 \text{ kg/m}^3$ (Matallana, 2019). El método para determinar la densidad se detalla en la NTP 339.046.

2.2.4. Propiedades del concreto en estado endurecido

2.2.4.1. Resistencia

Se refiere a aquella característica para resistir fuerzas de diversos tipos y magnitudes. El soporte a los esfuerzos mecánicos abarca la facultad de aguantar a esfuerzos compresivos, flexionantes, de tracción, corte, abrasión y erosión, principalmente (Matallana, 2019).

a). Resistencia a la Compresión

Es la facultad para soportar el aplastamiento, que es común en todos los materiales utilizados para construir todo tipo de estructuras (Hernández *et al.*, 2018).

Está expresada en kg/cm^2 o en lbs/pul^2 (p.s.i) ($1\text{p.s.i} = 0.07 \text{ kg/cm}^2$) o en megapascales. ($10.197 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ Mpa}$). Para evaluar esta capacidad, se fabrican cilindros de muestra utilizando las mezclas empleadas en la estructura. Estos cilindros suelen tener 30 cm de alto y 15cm de valor diametral. Se construyen en tres capas, y en cada estrato se les varilla 25 veces (NTP 339.183, 2021).

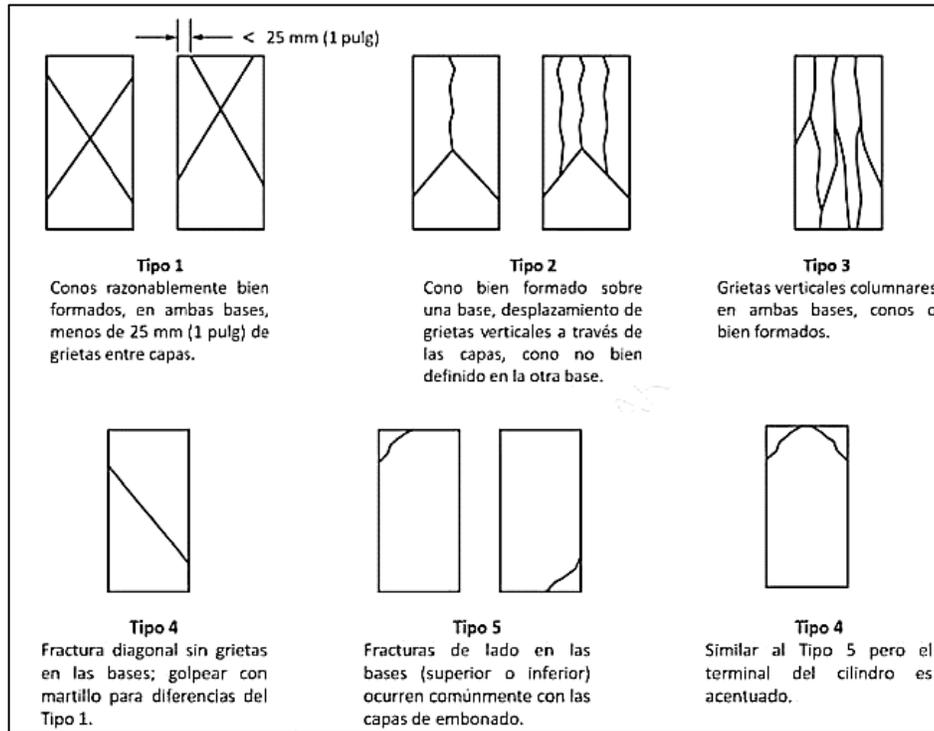
Los pasos para hacer cilindros en el laboratorio están detallados en la NTP 339.183. Las pautas a seguir para someter los testigos cilíndricos a la compresión se muestran en la NTP 339.034, donde se brinda también datos importantes como la tolerancia de tiempo para ensayar las probetas y se detallan los tipos de fallas que se presentan al someter los testigos a la compresión.

Tabla 9. Edades de ensayo de las probetas cilíndricas y tolerancias permisibles

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0,5 \text{ h}$ ó $2,1 \%$
3 d	$\pm 2 \text{ h}$ ó $2,8 \%$
7 d	$\pm 6 \text{ h}$ ó $3,6 \%$
28 d	$\pm 20 \text{ h}$ ó $3,0 \%$
90 d	$\pm 48 \text{ h}$ ó $2,2\%$

Fuente: (NTP 339.034, 2021).

Figura 1. Esquema de fracturas



Fuente: (NTP 339.034, 2021).

b). Resistencia a la Flexión

También denominada módulo de rotura (MR), desempeña un papel esencial para las estructuras básicas elaboradas con concreto, como losas de pavimentos y los pisos industriales. Se determina cuando a una viga estándar de concreto se somete a esfuerzos flexionantes, colocando la fuerza en el tercio medio (Matallana, 2019).

La NTP 339.183 (2021) menciona que para determinar esta resistencia, se emplean vigas con una sección de 15 cm(base), 15 de altura y de 50 cm de largo, este reglamento muestra también el camino para fabricarlas.

La NTP 339.078 (2022), especifica la fórmula para cuando la falla aparece en el tercio medio

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

La NTP 339.078 (2022) también detalla la fórmula a usar en caso de que la falla se produzca fuera del tercio medio, pero no se encuentre separada de este por más de una longitud equivalente al 5% de la luz.

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

Mr = Módulo de rotura (Kg/cm²).

P = Carga máxima de rotura (Kg)

L = Luz libre entre apoyos (cm)

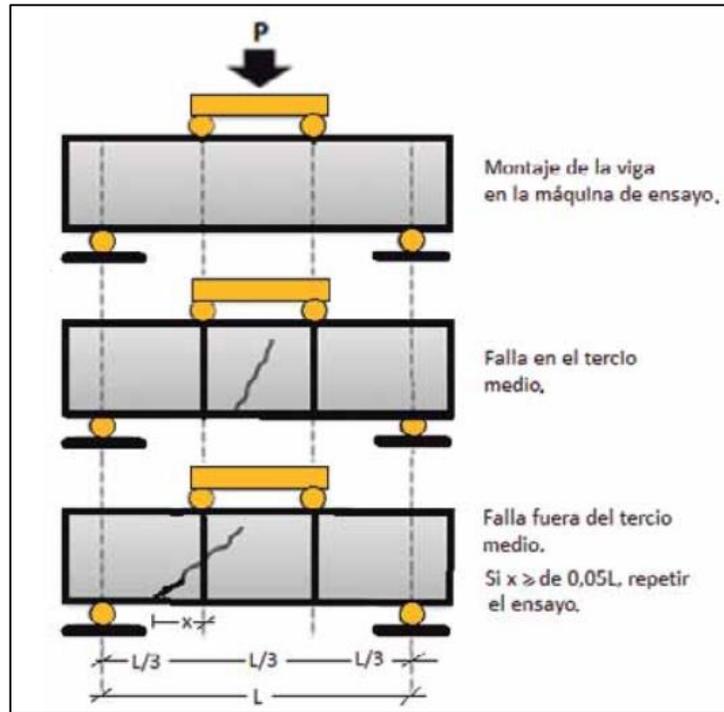
b = Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm)

h = Altura promedio de la viga en la sección de falla (cm).

a = Distancia media entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga (cm).

La NTP 339.078 (2022), detalla también que si la falla se produce afuera del tercio medio de la viga y distante en más del 5% de la medida de la luz, el ensayo debe ser desechado. Las unidades del MR son (kg/cm²), o libras por pulgada cuadrada (lbs/pul² o p.s.i) o en megapascuales. (Mpa).

Figura 2. Montaje de la viga y fallas en el ensayo a flexión



Fuente: (Matallana, 2019).

2.2.4.2. Peso Unitario (Densidad)

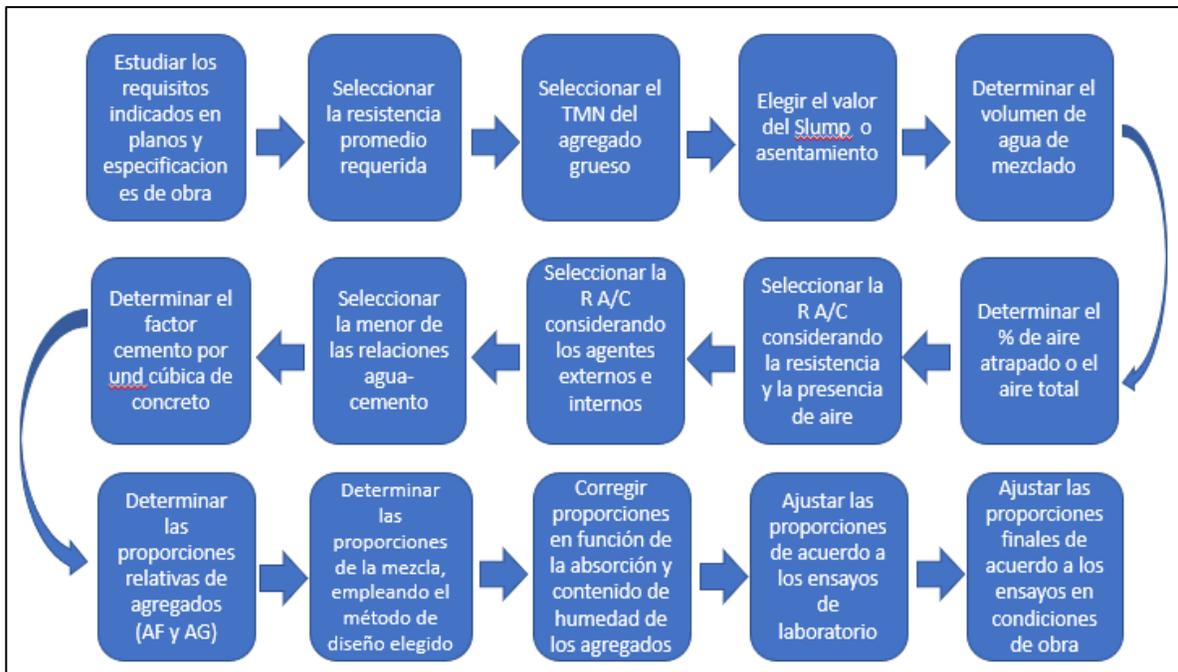
Matallana (2019) menciona que la densidad del concreto se describe como la masa dividida por el volumen, y varía según si el concreto está en estado fresco o endurecido. La densidad es mayor en el estado fresco, ya que parte del agua se evapora. La disparidad entre ambos estados es de alrededor del 7%.

2.2.5. Dosificación en las mezclas de concreto

El propósito de la dosificación de mezclas es definir las características necesarias del concreto y encontrar la proporción más económica de cemento, agregado grueso y arena para producir un material resistente, manejable, durable. Aunque existen diversos métodos para dosificar concretos, ninguno es preciso, todos implican un proceso de ensayo y error. En estos métodos, se dosifica la mezcla, se realiza una prueba y luego se realizan ajustes en cuanto a asentamiento o resistencia

según sea necesario. Se han desarrollado varios métodos para el diseño de mezcla, y uno de los más reconocidos y ampliamente utilizado en la región de Norteamérica y Latinoamérica es el propuesto por el Comité ACI 211.1 del Instituto Americano del Concreto. Este método presenta dos enfoques para seleccionar y ajustar proporciones, tanto para concreto de densidad normal con o sin aditivos y materiales cementantes adicionales. (Matallana, 2019). Este método fue mejorado derivando al método módulo de fineza de la combinación de agregados.

Figura 3. Procedimiento para diseñar mezclas de concreto



Fuente: (Matallana, 2019).

Como se menciona líneas arriba, siempre se realizan los ajustes necesarios para que el concreto obtenga la resistencia requerida, para ajustar la mezcla se puede dar también por resistencia, la cual está dada por la ley de Powers, que vincula la propiedad del concreto de resistir a fuerzas compresivas, el nivel de hidratación y la relación a/c. Se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$R = 2380 \times X^3$$

$$X = \frac{0.647 x \alpha}{0.319 x \alpha + \frac{a}{c}}$$

Donde:

R: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X: Relación Gel / Espacio

α : Grado de hidratación

a/c: Relación agua – cemento

2.2.6. Especímenes o probetas de concreto

Se trata de ejemplares empleados habitualmente para verificar las resistencias y así evaluar su calidad, siendo común tomar múltiples muestras para una investigación, pueden tomar diferentes formas según el esfuerzo al que será sometido, siendo las más comunes las probetas cilíndricas y prismáticas (Structuralia, 2022).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Agregados

De forma granulosa, puede ser agregado fino como la arena, grueso como la grava y/o piedra chancada, u otros tipos, que se emplean junto con aglomerante y agua para crear concreto o mortero (NTP 339.047, 2019).

2.3.2. Concreto

Combinación de cemento con agua y los áridos tanto finos, como gruesos (NTP 339.047, 2019).

2.3.3. Resistencia mecánica

Característica del concreto de tolerar diversos tipos de fuerzas, como compresión, flexión, entre otros (Matallana, 2019).

2.3.4. Resistencia a la compresión del concreto

Aptitud del concreto para aguantar esfuerzos compresivos (Hernández et al., 2018).

2.3.5. Resistencia a la flexión del concreto

Aptitud para aguantar esfuerzos de flexionantes (Hernández et al., 2018).

2.3.6. Fibra de acero

Es un refuerzo metálico que se puede describir como un conjunto de filamentos de acero, cuya función principal es integrarse de manera uniforme con el concreto con el fin de prolongar su durabilidad (Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (PSI), 2020).

2.3.7. Fibra de Polipropileno

Variedad de fibra sintética, compuesta por multifilamentos de polipropileno, se emplea para reforzar al concreto y mortero. Su función principal es mitigar la formación de grietas durante la fase endurecida del concreto, siendo aplicada en diversas estructuras como elementos prefabricados, túneles, minería, estacionamientos, losas, concreto lanzado, entre otros (Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (PSI), 2020).

2.3.8. Fibra de coco

Son filamentos que se obtienen a manera de derivado del procesamiento de la cáscara del coco (Martín, 2020).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

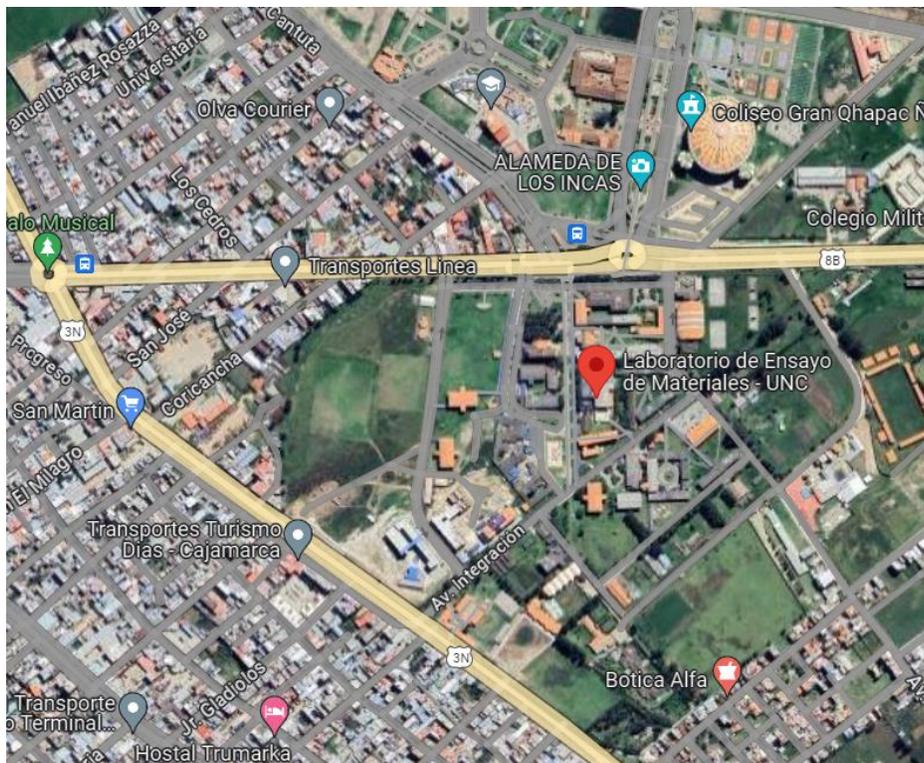
3.1. Localización del Proyecto

3.1.1. Ubicación geográfica de la investigación

El estudio se hizo en el laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz” perteneciente a la facultad de ingeniería de la UNC cuya dirección es Av. Atahualpa N.º 1050, Cajamarca, Perú.

COORDENADAS UTM -17S - (WGS-84)	
ESTE	NORTE
776616.80	9207012.20
COORDENADAS GG, MM, SS - (WGS-84)	
LONGITUD	LATITUD
78°29'43.6"	7°10'1.9"

Figura 4. Localización de la investigación



Fuente: (Google maps).

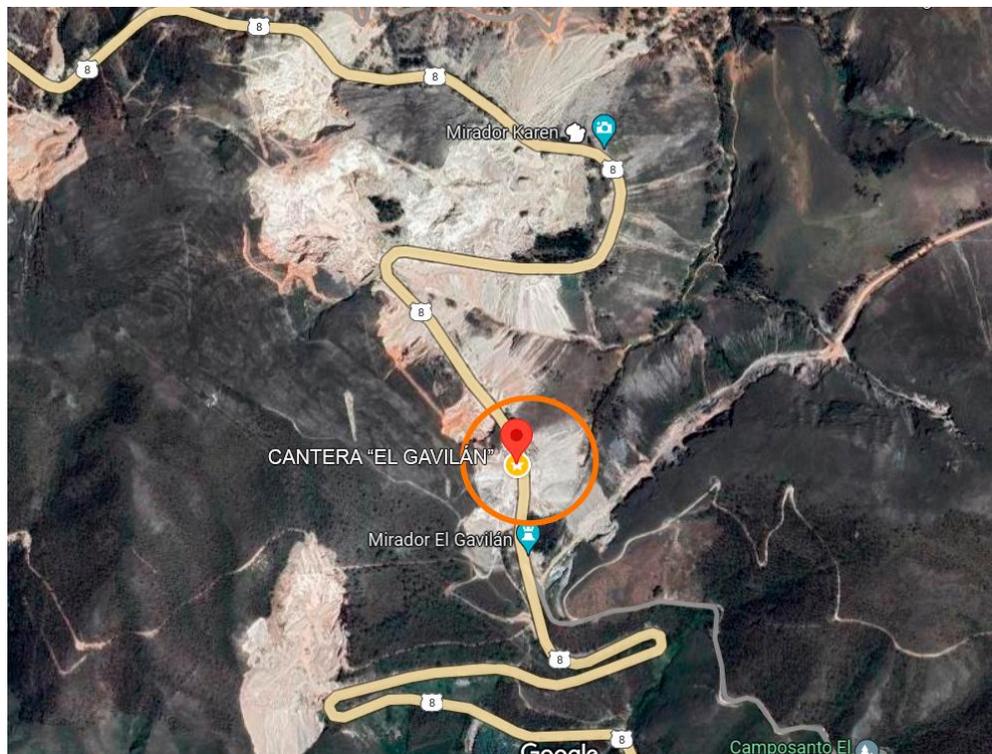
3.1.2. Ubicación geográfica del origen de los agregados

Estos se obtuvieron de la cantera “El Gavilán”, una de las canteras más conocidas y utilizadas por la población cajamarquina, y que se encuentra a 3250 m.s.n.m, en las faldas del cerro Ventanilla cerca al Abra El Gavilán, al margen derecho de la carretera Cajamarca-Pacasmayo. Las coordenadas donde se ubica dicha cantera son:

Tabla 10. Coordenadas de la cantera “El Gavilán”

COORDENADAS UTM -17S - (WGS-84)	
ESTE	NORTE
779436.80	9198437.70
COORDENADAS GG, MM, SS - (WGS-84)	
LONGITUD	LATITUD
78°28'10.2"	7°14'40.4"

Figura 1. Ubicación geográfica de la cantera “El Gavilán”



Fuente: (Google maps)

3.2. Tiempo o época que se realizó el estudio

Los especímenes de concreto utilizados para la investigación, se elaboraron entre los días 20 y 27 de diciembre del año 2023, en temporada húmeda, con precipitaciones de moderada intensidad.

3.3. Metodología de la investigación

3.3.1. Tipo, nivel, diseño y enfoque de la investigación

3.3.1.1. Tipo

Aplicada porque su finalidad fue resolver un problema, enfocándose en comparar la resistencia mecánica de un concreto base cuando se le adiciona fibras metálicas, no metálicas y naturales.

3.3.1.2. Nivel

Correlacional, porque busca la relación del tipo y cantidad de fibra y como influyen en la resistencia mecánica del concreto.

3.3.1.3. Diseño

Es un estudio de diseño experimental, porque se comparó el efecto que tiene el adicionar fibras metálicas, no metálicas y naturales en la resistencia mecánica del concreto.

3.3.1.4. Enfoque

Cuantitativo, porque se hacen ensayos para ver en cuánto varía la resistencia mecánica del concreto cuando se le añade una cantidad de fibras metálicas, no metálicas y naturales.

3.3.2. Población de Estudio

Las probetas de concreto base y concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas naturales empleadas en el estudio.

3.3.3. Muestra

Se optó por realizar un muestreo por conveniencia, teniendo en cuenta la cantidad, la variación de los resultados y los costos de inversión.

Tabla 11. Número de Muestras

ESPECIMENES		FACTOR DE ANALISIS		
		DÍAS	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
TIPO DE CONCRETO	DOSIFICACIÓN			
CONCRETO PATRON	sin fibras	28 días	4	4
CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS DE ACERO	15 Kg/m ³ de concreto	28 días	4	4
TREFILADO	30 Kg/m ³ de concreto	28 días	4	4
	50 Kg/m ³ de concreto	28 días	4	4
CONCRETO CON FIBRAS NO METÁLICAS DE POLIPROPILENO	80 g/bolsa de cemento	28 días	4	4
	100 g/bolsa de cemento	28 días	4	4
	120 g/bolsa de cemento	28 días	4	4
CONCRETO CON FIBRAS NATURALES DE COCO	0.5% Peso del cemento	28 días	4	4
	1% Peso del cemento	28 días	4	4
	1.5% Peso del cemento	28 días	4	4

3.3.4. Unidad de análisis

Resistencia mecánica del concreto con adiciones de fibras metálicas de acero trefilado, fibras no metálicas de polipropileno y fibras naturales de coco.

3.3.5. Unidad de observación

Conjunto de probetas de concreto elaboradas.

3.4. Procedimiento de los ensayos de la investigación

3.4.1. Propiedades de los áridos

3.4.1.1. Peso específico y absorción del agregado grueso

La norma que se consultó fue la NTP 400.021 y el procedimiento seguido fue el siguiente:

- La muestra fue seleccionada, luego se dispuso a secar la muestra en un horno a una temperatura de 110 °C, posteriormente se dejó que esta se enfríe durante un periodo de 1h a 3 h a temperatura de ambiente hasta que se pueda manipular.
- La muestra se sumergió dentro de un depósito con agua por 24 h, se sacó del recipiente y se colocó en una manta con capacidad de absorber el agua para luego hacerle rodar, hasta percatarse que la película de agua visible se elimine, se colocó en la balanza y se registró la masa en estado saturado de agua y seco superficialmente (SSS).
- Se colocó la muestra SSS dentro de la cesta de alambre que está suspendida y sujeta a una balanza, se sumergió hasta cubrirla y se registró su masa aparente en el agua, la cual estaba a 21°C.
- Por último, se procedió a llevar la muestra a la estufa a 110°C de temperatura, se dejó 24 h, se retiró y se dejó enfriar para luego registrar su masa.

Cálculo:

Densidad Relativa (Peso Específico) (OD)

$$Peso\ específico(OD) = \frac{A}{B - C}$$

Densidad relativa (Peso Específico) de masa saturada superficialmente seca (SSD)

$$Peso\ específico\ saturado\ superficialmente\ seco(SSD) = \frac{B}{B - C}$$

Densidad relativa (peso específico) aparente

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Absorción del agregado

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{B - A}{A} \right) \times 100$$

Donde:

A=masa de la muestra seca al horno en aire (g)

B=masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco (g)

C=masa aparente de la muestra saturada en agua (g)

3.4.1.2. Peso Específico (densidad) y absorción del árido fino

Se consultaron las NTP 400.022, MTC E205, ASTM C128 para realizar los ensayos y se siguieron los siguientes pasos.

- Se colocó una muestra a un horno a 110°C, se sacó, se dejó enfriar y se saturó la muestra en agua por un lapso de 24h, seguidamente se eliminó el exceso de agua teniendo cuidado de que no se pierdan finos y luego se esparció la muestra para que una corriente caliente de aire pase por ella hasta lograr que esta se encuentre en la condición saturada superficialmente seca (SSS), hecho que se pudo constatar con la prueba del molde y barra compactadora.
- Se pesó un picnómetro de 500cm³ repleto de agua hasta la marca del total.
- Se vació un poco del agua del picnómetro y se introdujo 500g del árido fino en estado SSS, seguidamente se llenó con agua hasta por poco llegar a la señal de los 500 cm³, se procedió a agitar, invertir y rodar el picnómetro para de esta manera eliminar aquellas burbujas de aire, se realizó un ajuste de la temperatura mediante la inmersión en agua del picnómetro hasta que alcance unos 23°C.

- Se llenó el frasco con agua a la capacidad de 500 cm³, y se registró masa del picnómetro, más la muestra y más el agua.
- Por último, se colocó en un recipiente el agregado fino que estaba en el picnómetro teniendo cuidado de no perder parte de él, se colocó en el horno a 110 °C, se dejó enfriar y se pesó la muestra.

Cálculo

Densidad relativa (Peso específico) (OD)

$$\text{Peso Específico (OD)} = \frac{A}{B + S - C}$$

Densidad relativa (Peso específico) de masa saturada superficialmente seca (SSD)

$$\text{Peso Específico saturado superficialmente seco(SSD)} = \frac{S}{B + S - C}$$

Densidad relativa (Peso específico) aparente

$$\text{Peso Específico aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

Absorción

$$\text{Absorción (\%)} = 100 \times \left(\frac{S - A}{A} \right)$$

A = masa de la muestra seca en el horno (g)

B = masa del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (g)

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y agua hasta la marca de calibración (g)

S = masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)

3.4.1.3. Granulometría del árido fino y grueso

Se consultó la NTP 400.012, MTC E204, ASTM C136 que brindan los pasos para realizar este ensayo, los pasos fueron los siguientes:

- En el horno a 110°C se puso a secar parte del árido.
- Posteriormente, se seleccionaron los tamices a utilizar, se ordenaron estos y se colocó poco a poco la muestra dentro de ellos empezando por el tamiz superior, se procedió a agitar manualmente, se dio por completado el proceso al darse cuenta que luego de transcurrido 1 minuto, pudo ingresar menos del 1% de la muestra.

Cálculo

Mediante el uso de la herramienta Excel se calcularon los valores porcentuales de la muestra que pasa por los tamices, el porcentaje retenido total de cada tamiz.

a) Módulo de Fineza del agregado

Conocido también como módulo de finura, se calculó considerando los valores porcentuales retenidos y acumulados de los tamices mencionados enseguida 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, luego la suma de estos valores se dividió entre el número 100.

$$MF = \frac{\% \text{ ret acum. (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

b) Tamaño máximo nominal (TMN)

La NTP 400.037 (2018), indica que el TMN es el que concierne a la malla más pequeña de todos los utilizados que genera un retenido de la muestra entre un 5% y un 10%.

3.4.1.4. Contenido de humedad de los áridos

La norma NTP 339.185, brindó las pautas a seguir para poder realizar el ensayo.

- Primero se seleccionó y pesó un depósito o tara, la muestra seleccionada se colocó en este depósito se registró el peso neto (peso tara + muestra es estado húmedo), se registraron ambos valores obtenidos.

- Seguidamente la tara que contiene la muestra fue colocada en el horno a 110°C por un periodo de 24 h.
- Por último, la tara que contiene la muestra fue pesada en una balanza (peso del recipiente + muestra seca).

Cálculo

$$P = 100 \times \frac{W - D}{D}$$

Donde:

P = Contenido de humedad (%)

W = Masa de la muestra húmeda (g)

D = Masa de la muestra seca (g)

3.4.1.5. Densidad de masa (Peso unitario) de los áridos

Las normas NTP 400.017, MTC E203, ASTM C29 fueron consultadas para realizar el ensayo que se realizó de la siguiente manera:

Primero se calibró el molde utilizado para el ensayo, llenando este con agua y tapándolo con una placa de vidrio (previamente pesada) que está fijada a los bordes por medio de grasa, se pesa el molde vacío y el molde con el agua y placa y se calcula el volumen del depósito utilizado o en todo caso el factor F.

Peso unitario compactado

- Se seleccionó el depósito con el que se trabajó, para posteriormente llenarlo hasta un tercio de su capacidad total con el agregado utilizando una cuchara, la superficie de la muestra fue nivelada usando la mano, posteriormente compactamos con una varilla lisa la muestra, realizando el apisonado unas 25 veces de manera uniforme tratando de abarcar toda la superficie de la muestra.

- Seguidamente se procedió a llenar el recipiente hasta la marca de 2/3 del volumen total del molde, se niveló otra vez y se apisonó tal cual se realizó la primera vez, es decir realizando 25 golpes distribuidos por toda la superficie
- Por último, el molde se llenó hasta logra que este rebosara, igualmente se aplicaron los 25 golpes distribuidos con la varilla, se enrazó la muestra utilizando la varilla, eliminando así el material que sobra, se pesa el depósito con agregado y también el recipiente vacío y ambos valores se registran.

Peso unitario suelto

- Se seleccionó un molde, un cucharon fue utilizado para llenar el recipiente hasta que esté lleno, la altura que se dejó caer el agregado no fue mayor a 5cm sobre el bordillo superior del molde, el excedente de muestra de agregado fue eliminado usando una reglilla, se registró el peso del depósito conteniendo el árido, y el peso del envase solo.

Cálculo

$$M = (G - T)/V$$

$$M = (G - T)/F$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado (fino o grueso) (kg/m³)

G =Masa del recipiente con agregado (kg)

T = Masa del recipiente vacío (kg)

V = Volumen del recipiente (m³)

F = factor f

F: Se determina al hacer la operación matemática de división del peso específico del agua (998 Kg/m³) con la masa del agua necesaria para que el molde esté lleno.

3.4.1.6. Porcentaje de material más fino que pasa por la malla N° 200 por lavado de agregados

Las normas que se consultaron para realizar este ensayo fueron la NTP 400.018, MTC E 202, siguiendo los siguientes pasos:

La muestra que se utilizó para realizar el ensayo se puso a secar la estufa del laboratorio que estaba a 110 °C, la muestra fue retirada y puesta a enfriar, se registró la masa del agregado, posteriormente esta se vertió en una tara cuadrada para luego cubrirla de agua y se procedió con el lavado agitando la muestra con el propósito de separar los finos que pasan la malla N°200 de aquellas más gruesas, se colocó el agua de lavado que contiene agregado sobre el tamiz N°16, el tamiz N°200 se colocó debajo, se recuperó la muestra retenida en los tamices por medio de un chorro de agua y se colocó en el recipiente nuevamente, se colocó una segunda carga de agua, se procede de esta manera hasta que el agua en el recipiente esté clara, se recupera en otra tara la muestra retenida en las mallas y se colocó nuevamente al horno a 110°C durante 24h, por último se pesa la muestra.

Cálculo

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje que pasa por la malla N° 200.

P₁ = Masa seca de la muestra (g).

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

3.4.2. Diseño de Mezcla

Se realizó usando el método de combinación de agregados, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

- Se determinó el f'_{cr}
- Se seleccionó el slump
- Por tablas se seleccionó la Ra/c
- Usando tablas se seleccionó la cantidad de agua de mezclado y % de aire total
- Con los datos anteriores se determinó la cantidad de cemento
- Se determinó los vacíos y el módulo de combinación de los agregados.
- Se calcularon los volúmenes absolutos del cemento, agua y aire para luego calcular el volumen y cantidad de los áridos.
- Se procedió a corregir por humedad y absorción las cantidades obtenidas.
- Se obtuvieron el diseño teórico, se calcularon la proporción en peso y proporción en volumen de la mezcla.
- Por último, se determinaron las cantidades de material por tanda

3.4.2.1. Procedimiento para realizar un diseño de mezcla preliminar

Para obtener el diseño definitivo del concreto patrón, en primer lugar, se optó por realizar un diseño de prueba considerando la Ra/c dada por las tablas, la cuál era $R a/c = 0.6172$ para un $f'c = 210$ y $f'_{cr} = 252\text{kg/cm}^2$. Se elaboraron dos (2) especímenes de prueba cilíndricos para ser ensayados a compresión a los 7 días.

3.4.2.2. Procedimiento para ajustar la mezcla de prueba del concreto patrón

Se ensayaron las dos probetas a los 7 días, obteniendo:

Tabla 12. Resultados de los ensayos de prueba a compresión

ESPECÍMEN	D (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ULTIMA (KN)	RESISTENCIA f _c	f _c PROMEDIO	% del f _c = 210
M1	15.10	179.08	354.16	201.67 Kg/cm ²	201.36 Kg/cm ²	95.89 %
M2	15.00	176.71	348.42	201.05 Kg/cm ²		

Como se puede observar a los 7 días se llegó al 95.89% de la resistencia requerida, esto posiblemente por las características del cemento utilizado que brinda alta resistencias a todas las edades. Por lo cual se ajustó el diseño por resistencia y debido a la hidratación del concreto utilizando la Ley de Powers para encontrar una R a/c que permita alcanzar la resistencia deseada, se consideró que la resistencia de los testigos de prueba a los 28 días es 1.4 veces de la resistencia a los 7 días, es decir en 28 días se alcanzaría la resistencia de 281.90 Kg/cm².

$$R = 2380 x X^3$$

$$X = \frac{0.647 x \alpha}{0.319 x \alpha + a/c}$$

Donde:

R: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X: Relación Gel / Espacio

α : Grado de hidratación

a/c: Relación agua – cemento

Reemplazamos datos y obtenemos

$$\sqrt[3]{\frac{281.90}{2380}} = \frac{0.647 x \alpha}{0.319 x \alpha + 0.6172}, \alpha = \mathbf{0.618}$$

Posteriormente se aplica la misma fórmula considerando la resistencia a la compresión que se desea obtener es decir f_c = 210 Kg/cm² y añadiendo el valor del grado de hidratación encontrado

($\alpha=0.618$) para encontrar la nueva relación agua cemento que permita obtener la resistencia requerida.

$$\sqrt[3]{\frac{210}{2380}} = \frac{0.647 \times 0.618}{0.319 \times 0.618 + a/c}$$

$$a/c = 0.70$$

Tabla 13. Reajuste de la relación agua cemento según la Ley de Powers

Item	Valor	
Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días	Resistencia de espécimen 1	201.67 Kg/cm ²
	Resistencia de espécimen 2	201.05 Kg/cm ²
	Resistencia promedio de los 2 especímenes	201.36 Kg/cm ²
Probable resistencia a los 28 días (1.4 de la Resist. a los 7 días)	Resistencia probable a los 28 días	281.90 Kg/cm ²
Resistencia deseada a los 28 días	Resist. deseada a 28 días f'c	210.00 Kg/cm ²
Relación a/c empleada en el diseño original	Relación a/c diseño original	0.6172
Grado de hidratación del C° bajo las condiciones de curado	Grado de hidratación (α)	0.618
Relación a/c corregida por hidratación	Relación a/c corregida por hidrat.	0.7

3.4.3. Fabricación de probetas de concreto

Las normas consultadas para elaborar las probetas de fueron la NTP 339.183 y ASTM C192, se siguieron los pasos siguientes:

- En el trompo se colocaron los insumos de la siguiente manera, primero se vertió el árido grueso, seguido de una parte del agua total, luego se vertió el árido y por último se agregó el cemento y el agua que faltaba.
- Después que se haya logrado mezclar el concreto, se realizó la prueba de asentamiento, vertiendo la mezcla en 3 capas, por cada capa se realizó el varillarlas unas 25 veces, se retiró el cono y se midió el asentamiento.
- Por último, se vertió el concreto mezclado en los moldes en tres capas, se varilló y se golpeó con el martillo de goma en cada capa.

3.4.4. Curado de probetas

Para realizar el curado también se consultó la norma NTP 339.183, siguiendo los pasos siguientes:

- Cuando la mezcla endureció, aproximadamente 24 horas después de ser colocado en los moldes, se realiza el desencofrado.
- Luego se procedió con el curado húmedo los testigos elaborados se colocaron en la poza e curado del laboratorio de materiales percatándose que estas se mantengan cubiertas de agua en todo momento por 28 días.

3.4.5. Densidad (peso unitario) del concreto

Para la densidad se siguió la norma NTP 339.046, aplicando los siguientes pasos:

- La mezcla se vertió en un molde previamente seleccionado, en tres partes, para cada una de ellas se ejecutaron 25 golpes con una varilla lisa compactante, distribuidos uniformemente.
- Se hizo que esta varilla se hundiera una pulgada en la capa de abajo.
- Luego se golpeó con un martillo de goma los lados del molde unas 10 a 15 oportunidades, esto se aplicó para cerrar los poros generados por la compactación y así evitar que burbujas de aire de mayor tamaño queden contenidas en la mezcla.

Cálculo

$$\text{Peso Unitario del concreto} = \frac{\text{Peso del total} - \text{peso del molde}}{\text{volumen del molde}}$$

3.4.6. Resistencia a compresión el concreto

Las normas NTP 339.034, MTC E704 y ASTM C39 fueron consultadas para realizar el ensayo, para lo cual se aplicaron los siguientes pasos:

- Las probetas han sido ensayadas a los 28 días de elaboradas.
- Primero se recuperaron los testigos de la poza en que anduvieron curándose en el laboratorio, se limpiaron las caras de las probetas y también de la máquina de ensayo a compresión, se colocaron las placas de neopreno en las superficies de las probetas y se alinearon con el centro de empuje.
- Se tuvo en cuenta que la pantalla donde se muestra la carga se encuentre en cero y se procedió con el ensayo.

Cálculo

Se calculó de la manera que se muestra enseguida.

$$f'c = \frac{Pmax}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

Donde:

f'c: Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

P: Carga máxima de rotura (Kg).

D: Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

3.4.7. Resistencia a flexión del concreto

Para este ensayo se consultó la norma NTP 339.078, siguiendo los pasos que se muestran a continuación:

- Las probetas fueron ensayadas en condición húmeda a los 28 días de elaboradas.

- La probeta fue girada lateralmente desde su orientación original cuando se moldeó, después se posicionó sobre los soportes y alineó a la máquina justamente buscando que la fuerza se aplique el tercio medio, y finalmente se esforzó la probeta.

Cálculo

Según norma si la falla se produce en tercio central, el módulo de rotura se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

P = Carga última (kg)

L = Luz libre entre apoyos (cm)

b = Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm)

h = Altura promedio del espécimen (cm)

Mr = Módulo de Rotura (Kg/cm²)

3.4.8. Procesamiento para la obtención de los filamentos de coco

Para obtener la fibra de coco se siguieron los siguientes pasos:

- **Corte del coco:** Se cortó el coco para obtener la corteza y fibra.
- **Trituración de la fibra:** Con un martillo de goma se trituraron las cortezas
- **Secado de la fibra:** Los filamentos se secaron exponiéndolos al sol.
- **Tratamiento de la fibra con cal:** La fibra se trató con cal para limpiarla de impurezas propias del fruto, aceites, polvo, mugre y del ataque de agentes microbiológicos, La fibra fue inmersa en un recipiente con una solución de cal, que consistía en 10 gramos de cal por cada litro de agua, se dejó reposar por un lapso de 48 horas.

- **Limpieza y enjuague de la fibra:** La fibra de coco se enjuagó y lavó varias veces hasta que se obtenga un agua casi limpia.
- **Secado de la fibra:** Se expuso al sol la fibra hasta que esté completamente seca.
- **Corte de la fibra:** La fibra se cortó hasta obtener filamentos de 5cm.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y presentación de resultados

3.5.1. Técnicas

Se realizó un estudio experimental, mediante la aplicación de ensayos para determinar las propiedades de los agregados utilizados y la resistencia mecánica del concreto (resistencia a compresión y flexión).

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron fueron los diversos formatos para registro de resultados de los ensayos hechos en el laboratorio.

3.5.3. Presentación de Resultados

3.5.3.1. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Tabla 14. Propiedades del agregado fino y grueso de la cantera “El Gavilán”

PROPIEDADES	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
tamaño máximo nominal			3/4"	
peso específico de masa	2.58	g/cm ³	2.60	g/cm ³
peso específico saturado superficialmente seco	2.65	g/cm ³	2.64	g/cm ³
peso específico aparente	2.76	g/cm ³	2.70	g/cm ³
peso unitario suelto	1632	Kg/m ³	1410	Kg/m ³
peso unitario compactado	1779	Kg/m ³	1554	Kg/m ³
contenido de humedad (%)	3.76	%	0.47	%
absorción (%)	2.50	%	1.40	%
modulo de finura	2.99		6.65	
abrasión (%)	...		45.00	%
% que pasa malla n° 200	4.70	%	0.20	%

3.5.3.2. Resultados del diseño de mezcla

Tabla 15. Materiales para un metro cúbico de concreto patrón

MATERIALES DE DISEÑO		
cemento	292.86	Kg
agua de diseño	205.00	Lt
agregado fino seco	828.00	Kg
agregado grueso seco	936.00	Kg
aire total	2.00	%

Tabla 16. Materiales necesarios corregidos para un metro cúbico de concreto patrón

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
cemento	292.86	Kg
agua efectiva	203.29	Lt
agregado fino humedo	859.15	Kg
agregado grueso humedo	940.36	Kg
aire total	2.00	%

Tabla 17. Materiales para un metro cúbico de concreto con adición de fibra metálica

SikaFiber® CHO 65/35 NB

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	PROPORCIÓN DE FIBRA METÁLICA			
	0 kg/m³	15 kg/m³	30 kg/m³	50 kg/m³
cemento (kg)	292.86	292.86	292.86	292.86
agua efectiva (lt)	203.29	203.32	203.36	203.42
agregado fino humedo (kg)	859.15	840.00	822.00	796.00
agregado grueso humedo (kg)	940.36	919.00	899.00	871.00
aire total (%)	2.00	2.00	2.00	2.00
fibra de acero sikafiber cho 65/35nb (kg)	0.00	15.00	30.00	50.00

Tabla 18. Materiales para un metro cúbico de concreto con adición de fibra no metálica de polipropileno Sikacem®-1 Fiber

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	PROPORCIÓN DE FIBRA NO METÁLICA			
	0 g/bls	80g/bls	100g/bls	120g/bls
cemento (kg)	292.86	292.86	292.86	292.86
agua efectiva (lt)	203.29	203.30	203.30	203.30
agregado fino humedo (kg)	859.15	858.00	858.00	858.00
agregado grueso humedo (kg)	940.36	939.00	939.00	939.00
aire total (%)	2.00	2.00	2.00	2.00
fibra de polipropileno sikacem-1fiber (kg)	0.00	0.55	0.69	0.83

Tabla 19. Materiales para un metro cúbico de concreto con adición de fibra natural de coco

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	PORCENTAJE DE FIBRA DE COCO			
	0%	0.50%	1.00%	1.50%
cemento (kg)	292.86	292.86	292.86	292.86
agua efectiva (lt)	203.29	203.29	203.30	203.30
agregado fino humedo (kg)	859.15	858.00	856.00	855.00
agregado grueso humedo (kg)	940.36	938.00	937.00	935.00
aire total (%)	2.00	2.00	2.00	2.00
fibra natural de coco (kg)	0.00	1.12	2.24	3.35

3.5.3.3. Resultados de las propiedades del concreto fresco

a) Asentamiento o Slump del concreto fresco

Tabla 20. Asentamiento del concreto patrón vs concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales

TIPO DE CONCRETO		ASENTAMIENTO		
		Pulgadas	cm	Variación %
SIN ADICIONES	concreto patrón	3.7 "	9.4	0.00 %
ADICIÓN DE	15 kg /m3 sika fiber cho 65/35nb	3.6 "	9.1	-2.70 %
FIBRA DE	30 kg /m3 sika fiber cho 65/35nb	3.3 "	8.4	-10.81 %
ACERO	50 kg /m3 sika fiber cho 65/35nb	3.1 "	7.9	-16.22 %
ADICIÓN DE	80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	3.4 "	8.6	-8.11 %
FIBRA DE	100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	3.2 "	8.1	-13.51 %
POLIPROPILENO	120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	3.1 "	7.9	-16.22 %
ADICIÓN DE	0.5% de fibra de coco	3.6 "	9.1	-2.70 %
FIBRA DE COCO	1% de fibra de coco	3.5 "	8.9	-5.41 %
	1.5% de fibra de coco	3.2 "	8.1	-13.51 %

b) **Peso unitario del concreto fresco**

Tabla 21. Peso unitario (Densidad) del concreto patrón en estado fresco VS concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales en estado fresco

TIPO DE CONCRETO		MUESTRA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)	% VARIACIÓN
SIN ADICIONES	concreto patrón	M1	2351.38	2351.48	0
		M2	2351.59		
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO	15 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	M1	2348.99	2349.10	-0.10 %
		M2	2349.20		
	30 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	M1	2347.12	2347.02	-0.19 %
		M2	2346.91		
50 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	M1	2344.84	2344.89	-0.28 %	
	M2	2344.94			
ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO	80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	M1	2333.62	2333.83	-0.75 %
		M2	2334.04		
	100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	M1	2331.96	2332.01	-0.83 %
		M2	2332.06		
	120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	M1	2326.77	2326.82	-1.05 %
		M2	2326.87		
ADICIÓN DE FIBRA DE COCO	0.5% de fibra de coco	M1	2322.20	2322.30	-1.24 %
		M2	2322.41		
	1.0 % de fibra de coco	M1	2313.58	2313.68	-1.61 %
		M2	2313.79		
	1.5% de fibra de coco	M1	2291.56	2291.67	-2.54 %
		M2	2291.77		

Figura 2. Gráfica del peso unitario (Densidad) del concreto en estado fresco

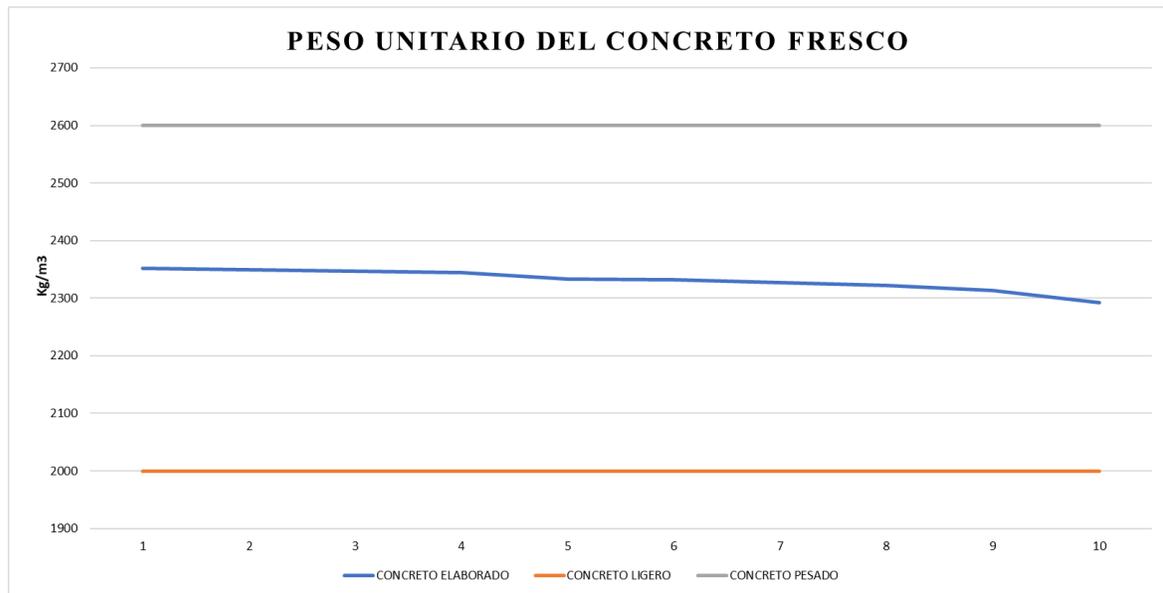
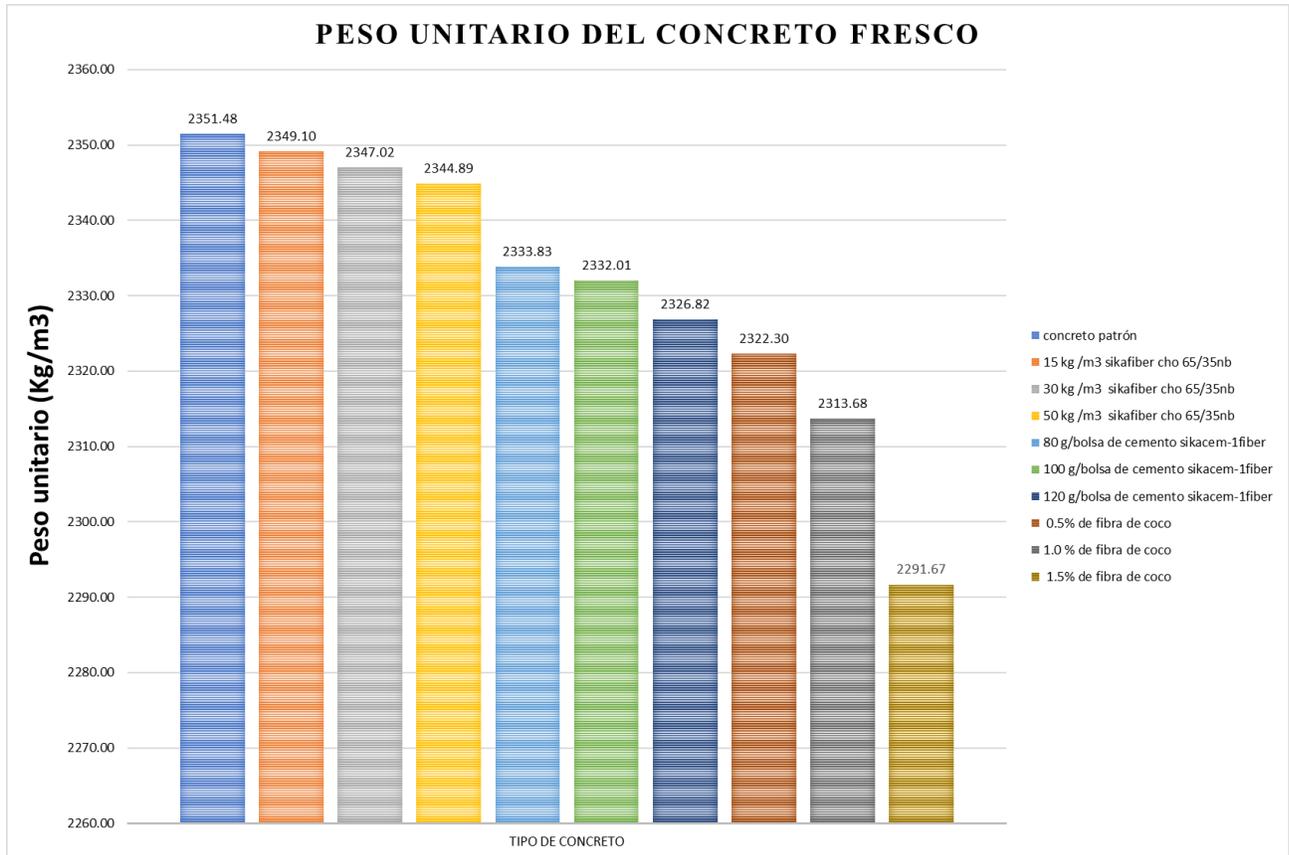


Figura 3. Gráfica del peso unitario (Densidad) de los distintos tipos de concreto en estado fresco elaborados



c) Temperatura del Concreto fresco

Tabla 22. Temperatura del concreto patrón en estado fresco VS concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales

TIPO DE CONCRETO		TEMPERATURA	
		Grados Celsius (°C)	Variación %
SIN ADICIONES	concreto patrón	19.80	0.00 %
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO	15 kg /m3 sika fiber cho 65/35nb	19.60	-1.01 %
	30 kg /m3 sika fiber cho 65/35nb	19.70	-0.51 %
	50 kg /m3 sika fiber cho 65/35nb	19.80	0.00 %
ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO	80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	19.70	-0.51 %
	100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	19.60	-1.01 %
	120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	19.70	-0.51 %
ADICIÓN DE FIBRA DE COCO	0.5% de fibra de coco	19.80	0.00 %
	1% de fibra de coco	19.70	-0.51 %
	1.5% de fibra de coco	19.70	-0.51 %

3.5.3.4. Resultados de los ensayos al concreto endurecido

a) Peso unitario del concreto en estado endurecido

Tabla 23. Peso unitario (Densidad) del concreto patrón en estado endurecido VS concreto con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales

TIPO DE CONCRETO		EDAD (Días)	MUESTRA	PESO UNITARIO (kg/m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)	% VARIACIÓN
SIN ADICIONES	concreto patrón	28	M1	2330.482	2331.58	
			M2	2322.269		
			M3	2343.119		
			M4	2330.469		
	15 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	2343.556	2329.33	-0.10 %
			M2	2348.298		
			M3	2313.703		
			M4	2311.775		
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO	30 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	2302.855	2324.59	-0.30 %
			M2	2321.172		
			M3	2355.122		
			M4	2319.192		
	50 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	2309.885	2320.71	-0.47 %
			M2	2304.330		
			M3	2326.057		
			M4	2342.574		
ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO	80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	2298.156	2313.43	-0.78 %
			M2	2304.322		
			M3	2349.221		
			M4	2302.010		
	100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	2299.340	2311.86	-0.85 %
			M2	2281.973		
			M3	2341.270		
			M4	2324.867		
	120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	2291.839	2306.59	-1.07 %
			M2	2335.228		
			M3	2292.411		
			M4	2306.878		
ADICIÓN DE FIBRA DE COCO	0.5% de fibra de coco	28	M1	2308.376	2289.82	-1.79 %
			M2	2273.770		
			M3	2282.931		
			M4	2294.210		
	1.0 % de fibra de coco	28	M1	2296.938	2272.33	-2.54 %
			M2	2267.627		
			M3	2261.302		
			M4	2263.471		
	1.5% de fibra de coco	28	M1	2253.144	2254.76	-3.30 %
			M2	2256.926		
			M3	2266.723		
			M4	2242.239		

Figura 4. Gráfica del peso unitario (Densidad) del concreto en estado endurecido

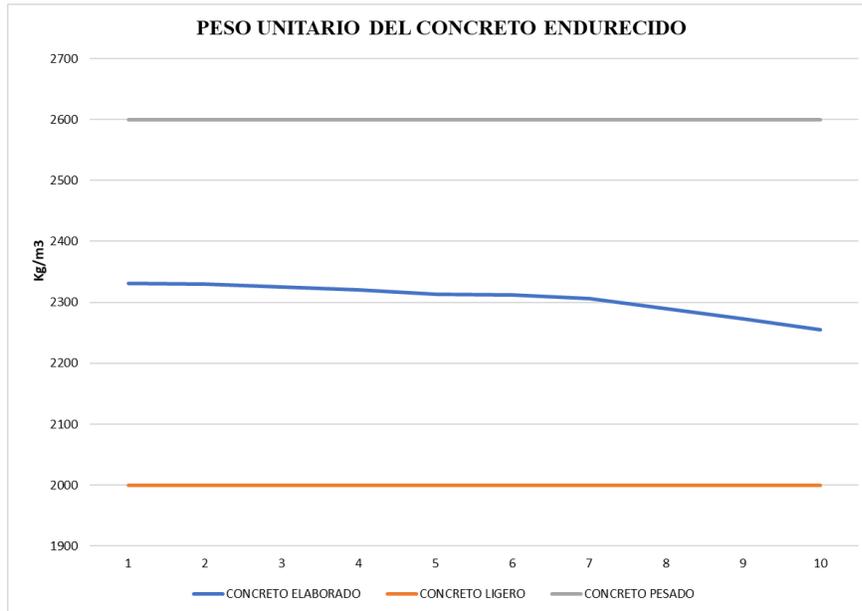
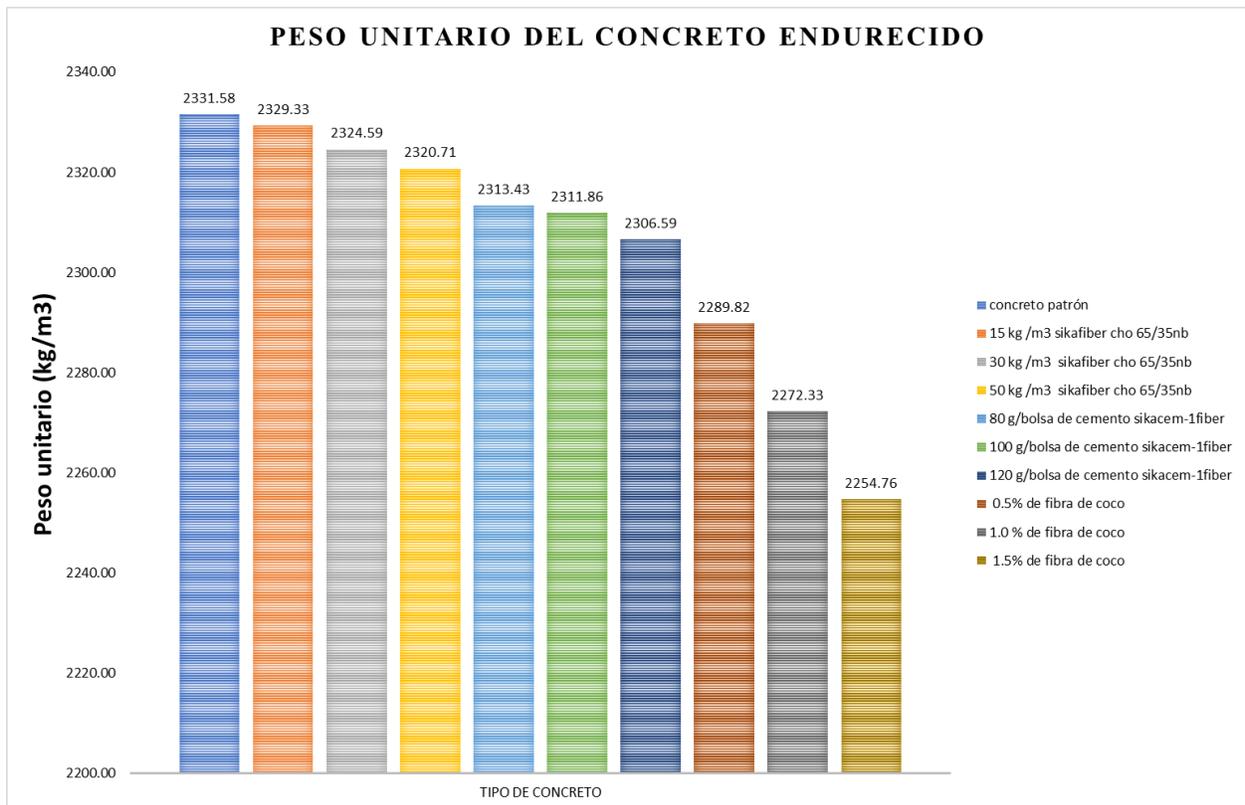


Figura 5. Gráfica del peso unitario (Densidad) de los distintos tipos de concreto en estado endurecido elaborados



b) Resistencia a Compresión del Concreto a la edad de 28 días

Tabla 24. Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con adición de fibras metálicas de acero de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB a los 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	F'C PROMEDIO (kg/cm ²)	% F'C	TIPO DE FALLA	VARIACIÓN
0 kg/m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	40710.00	224.35	228.50	108.81 %	2	
		M2	43190.00	236.46				
		M3	41500.00	229.46				
		M4	41000.00	223.73				
15 kg/m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	38340.00	211.98	211.81	100.86 %	2	-7.30 %
		M2	39500.00	219.84				
		M3	38000.00	208.45				
		M4	37800.00	206.95				
30 kg/m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	36750.00	199.89	199.86	95.17 %	2	-12.53 %
		M2	35000.00	192.25				
		M3	36000.00	201.03				
		M4	37800.00	206.27				
50 kg/m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	33590.00	183.30	191.78	91.32 %	2	-16.07 %
		M2	36000.00	197.09				
		M3	35000.00	193.52				
		M4	34600.00	193.21				

Figura 6. Resistencia a la compresión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras metálicas de acero a los 28 días.

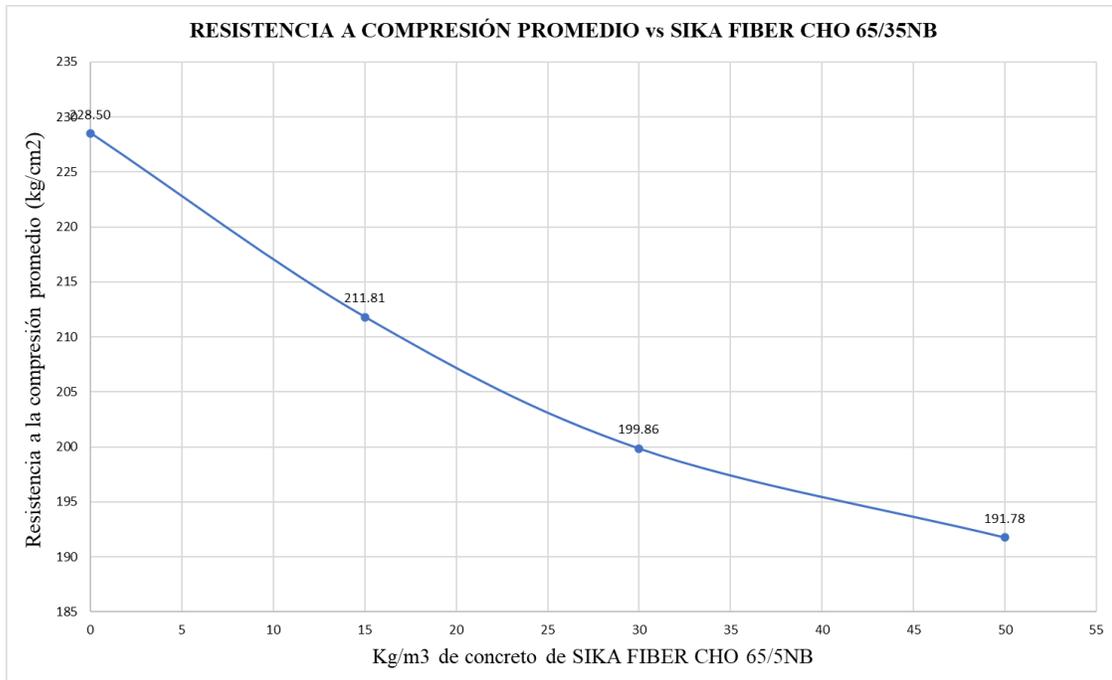


Tabla 25. Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno de la marca Sikacem®-1 Fiber a los 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	F'C PROMEDIO (kg/cm ²)	% F'C	TIPO DE FALLA	VARIACIÓN
0 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	40710.00	224.35	228.50	108.81 %	2	
		M2	43190.00	236.46				
		M3	41500.00	229.46				
		M4	41000.00	223.73				
80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	38660.00	210.28	216.06	102.88 %	2	-5.44 %
		M2	38910.00	213.03				
		M3	40000.00	223.37				
		M4	40000.00	217.56				
100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	38730.00	211.35	205.57	97.89 %	2	-10.04 %
		M2	36950.00	199.67				
		M3	37500.00	210.10				
		M4	36500.00	201.15				
120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	37660.00	206.18	196.99	93.81 %	2	-13.79 %
		M2	36150.00	200.54				
		M3	34500.00	191.38				
		M4	34000.00	189.86				

Figura 7. Resistencia a la compresión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno a los 28 días

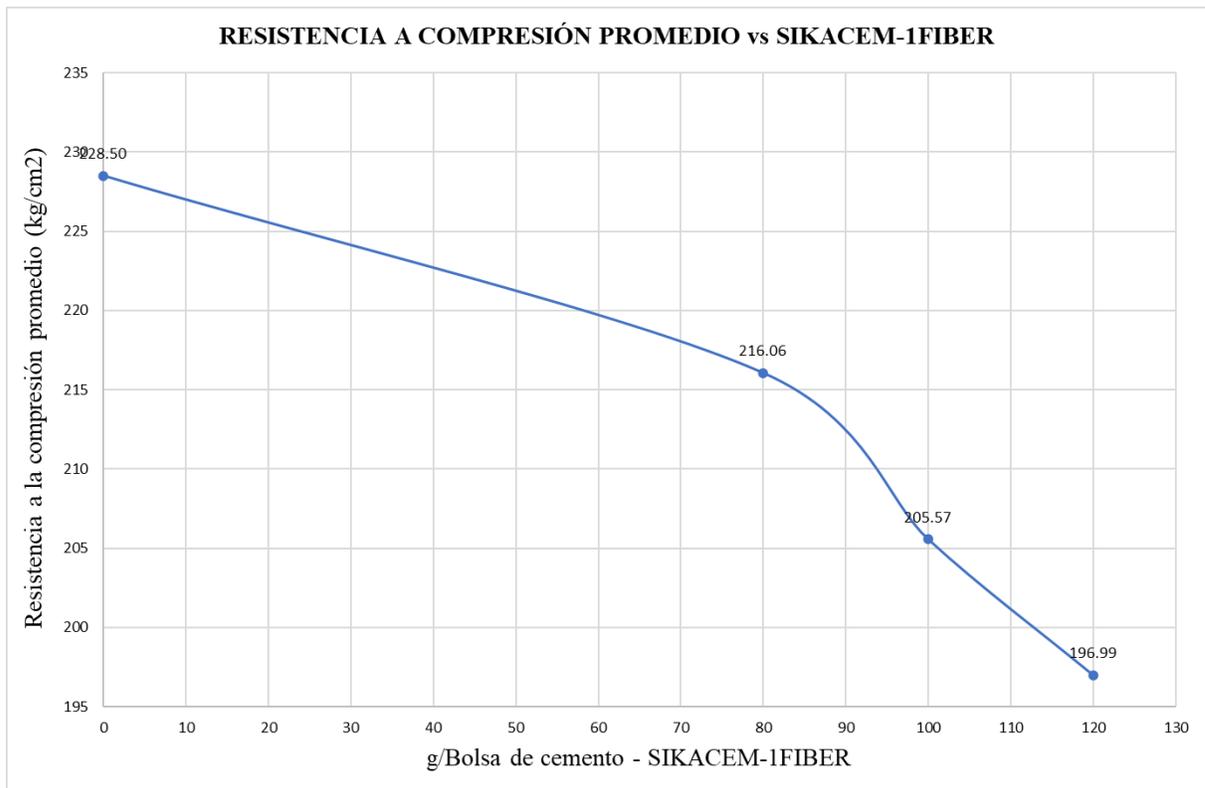
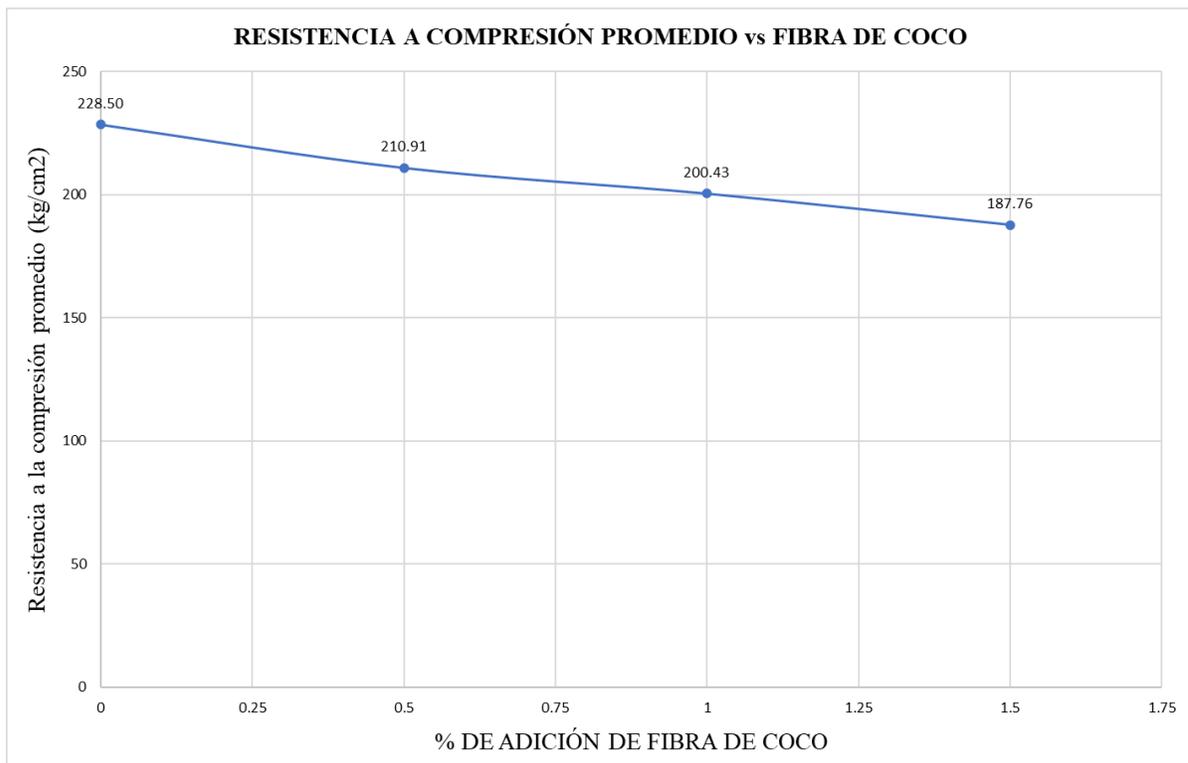


Tabla 26. Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	F'C PROMEDIO (kg/cm ²)	% F'C	TIPO DE FALLA	VARIACIÓN
0.0 % de fibra de coco	28	M1	40710.00	224.35	228.50	108.81 %	2	
		M2	43190.00	236.46			2	
		M3	41500.00	229.46			2	
		M4	41000.00	223.73			3	
0.5 % de fibra de coco	28	M1	39730.00	218.95	210.91	100.43 %	3	-7.70 %
		M2	37350.00	204.48			2	
		M3	38500.00	210.78			2	
		M4	38000.00	209.41			2	
1.0 % de fibra de coco	28	M1	36380.00	200.49	200.43	95.44 %	2	-12.28 %
		M2	37320.00	204.32			2	
		M3	36500.00	199.83			3	
		M4	36000.00	197.09			2	
1.5 % de fibra de coco	28	M1	33650.00	184.23	187.76	89.41 %	3	-17.83 %
		M2	32760.00	179.36			2	
		M3	36000.00	197.09			2	
		M4	35000.00	190.37			2	

Figura 8. Resistencia a la compresión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días



c) Resistencia a Flexión del Concreto a la edad de 28 días

Tabla 27. Resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con adición de fibras metálicas de acero de la marca SikaFiber® CHO 65/35 NB a los 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	CARGA ÚLTIMA (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)	VARIACIÓN
0 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	1240.00	16.46	20.89	
		M2	1600.00	21.28		
		M3	1780.00	22.56		
		M4	1800.00	23.26		
15 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	1780.00	22.72	22.38	7.12 %
		M2	1760.00	22.90		
		M3	1650.00	20.81		
		M4	1890.00	23.08		
30 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	2200.00	25.43	27.96	33.86 %
		M2	2020.00	31.16		
		M3	1980.00	25.78		
		M4	2240.00	29.49		
50 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	2600.00	34.05	36.76	75.99 %
		M2	3140.00	40.88		
		M3	2750.00	33.58		
		M4	2990.00	38.54		

Figura 9. Resistencia a la flexión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras metálicas de acero a los 28 días

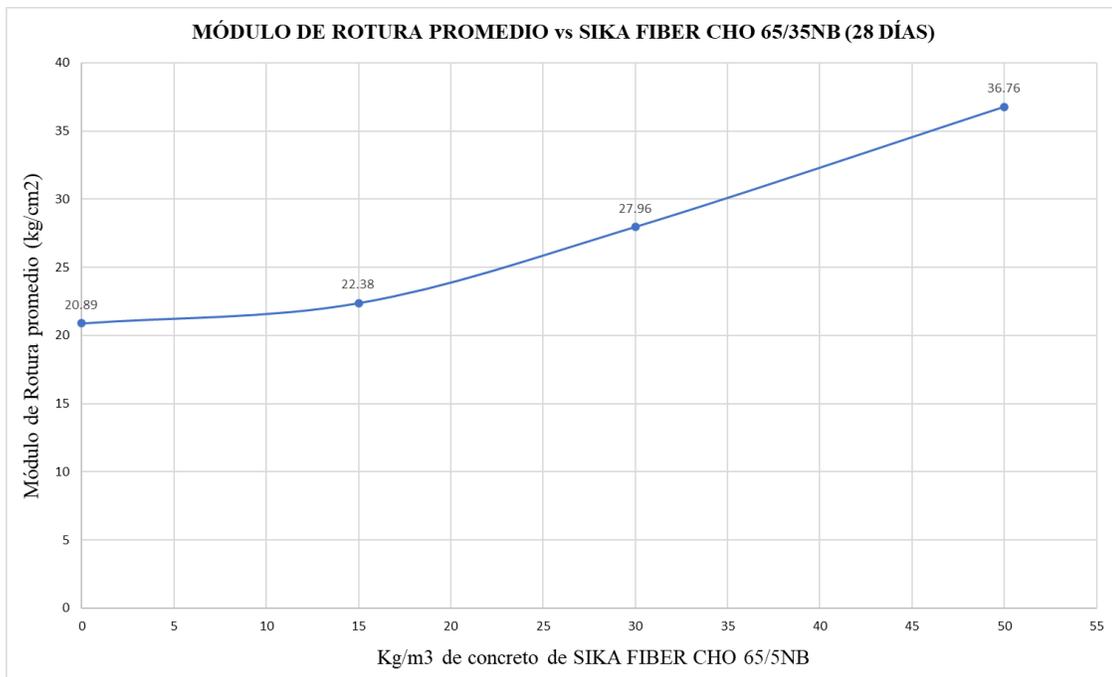


Tabla 28. Resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno de la marca Sikacem®-1 Fiber a los 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	CARGA ÚLTIMA (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)	VARIACIÓN
0 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	1240.00	16.46	20.89	
		M2	1600.00	21.28		
		M3	1780.00	22.56		
		M4	1800.00	23.26		
80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	1940.00	29.14	25.56	22.36 %
		M2	1760.00	20.31		
		M3	1920.00	24.88		
		M4	2120.00	27.91		
100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	2140.00	27.73	27.37	31.01 %
		M2	2000.00	26.44		
		M3	2220.00	27.18		
		M4	2240.00	28.13		
120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	2520.00	32.27	29.52	41.33 %
		M2	2280.00	28.76		
		M3	2150.00	26.26		
		M4	2390.00	30.81		

Figura 10. Resistencia a la flexión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras no metálicas de polipropileno a los 28 días

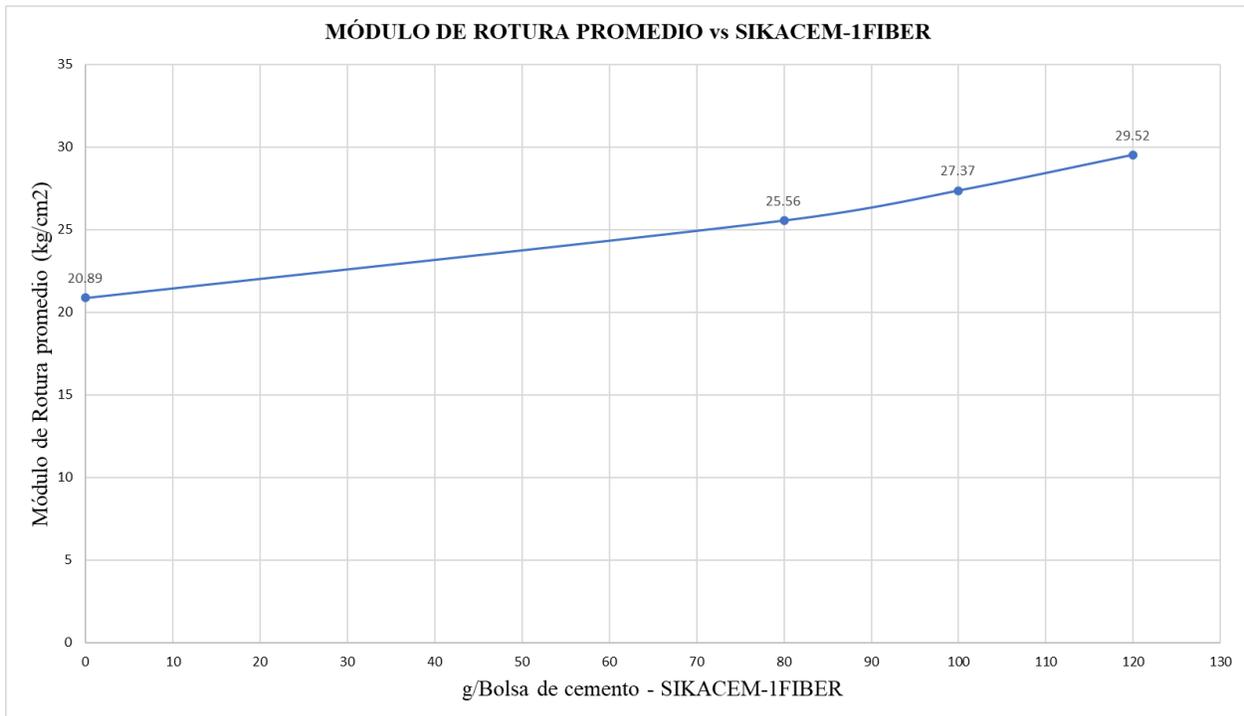
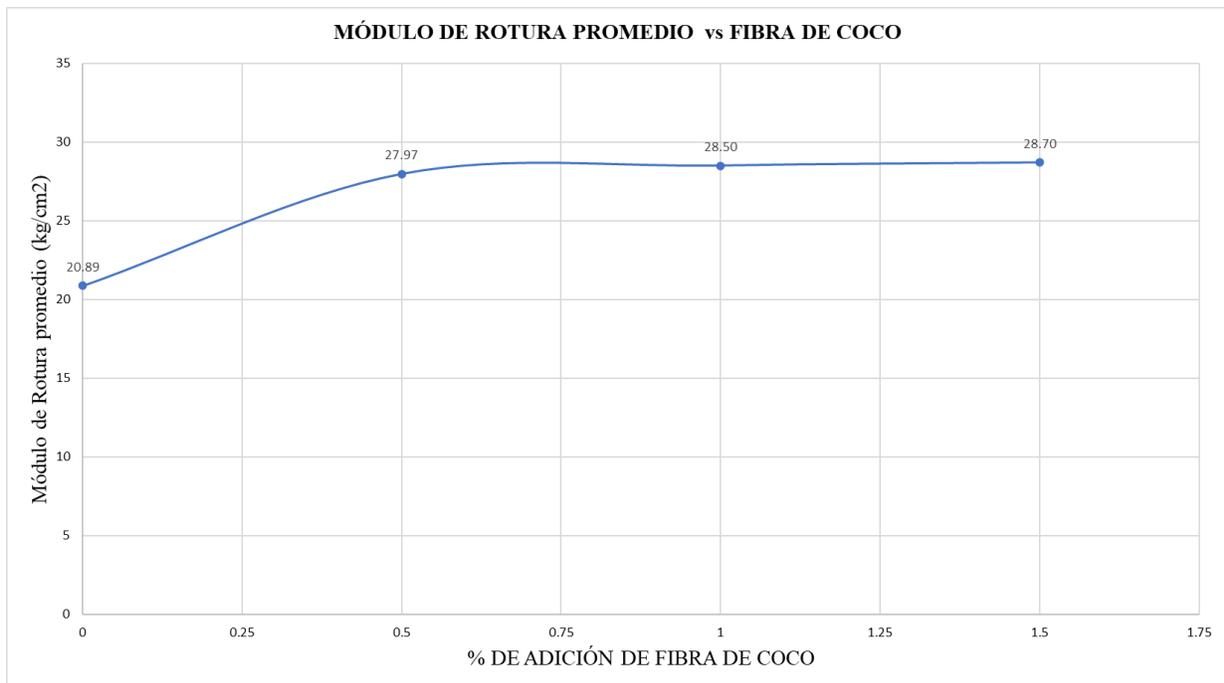


Tabla 29. Resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	CARGA ÚLTIMA (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)	VARIACIÓN
0.0 % de fibra de coco	28	M1	1240.00	16.46	20.89	
		M2	1600.00	21.28		
		M3	1780.00	22.56		
		M4	1800.00	23.26		
0.5 % de fibra de coco	28	M1	2200.00	28.12	27.97	33.90 %
		M2	2020.00	26.18		
		M3	2060.00	30.06		
		M4	2340.00	27.53		
1.0 % de fibra de coco	28	M1	2080.00	27.53	28.50	36.43 %
		M2	2320.00	28.51		
		M3	2140.00	26.89		
		M4	2360.00	31.07		
1.5 % de fibra de coco	28	M1	2080.00	26.78	28.70	37.38 %
		M2	2340.00	29.85		
		M3	2480.00	30.03		
		M4	2200.00	28.14		

Figura 11. Resistencia a la flexión del concreto patrón VS concreto con adición de fibras naturales de coco a los 28 días



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis y discusión de resultados de los agregados

4.1.1. Granulometría de los áridos fino y grueso

Las figuras 12 y 13 contienen información sobre la gradación de las partículas de los áridos y cómo estas se encuentran distribuidas, se aprecia que los dos están dentro de los límites cumpliendo así con los estándares de la normativa. En cuanto al módulo de fineza (MF) del agregado fino, se registró la cifra de 2.99, dentro del intervalo (2.3 a 3.1). Según este módulo, se podría clasificar el árido como una arena gruesa, debido a que se acerca al límite superior del intervalo especificado. Además, el MF del árido grueso es de 6.65. Por último, se ha determinado que el TMN del árido grueso es de 3/4”.

4.1.2. Peso unitario de los áridos

Estos se muestran en la tabla 14. La densidad de masa suelta del AF es de 1632 kg/m³ y la densidad de masa compactada es de 1779 kg/m³, por otro lado, la densidad de masa del AG es 1410 kg/m³ y con compactación es de 1554 kg/m³, la densidad de masa del AF es mayor que del AG como consecuencia de la mayor propensión de las partículas finas a acomodarse. Los resultados cumplen con los estándares definidos por la normativa, la cual especifica que la densidad de masa en estado suelto y compactado estarán situados en el intervalo de 1.2 a 1.85 t/m³ es decir de 1200 kg/m³ a 1850 kg/m³.

4.1.3. Peso específico de los áridos

La tabla 14 detalla los valores del peso específico de los áridos, estos valores están acorde con los estándares especificados en la normativa, la cual menciona que los pesos específicos (densidad) de los agregados deberán estar comprendidos entre 2.4 g/cm³ y 2.9 g/cm³.

4.1.4. Absorción y contenido de humedad de los agregados

En la tabla 14 muestran los valores obtenidos, se puede observar que el árido fino exhibe una capacidad de absorción superior al árido grueso, así como también se puede ver que el agregado fino se encuentra en un estado más húmedo que el agregado grueso por lo que este va a aportar agua en mayor grado a la mezcla de concreto.

4.1.5. Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) de los agregados

Los finos que atraviesan la malla N° 200 representan el 4.70% para AF y 0.20% para AG. Los porcentajes están situados entre los parámetros que la normativa indica, para el AF no podrá superar el 5%, el AF está casi al límite por ser agregado de cerro, teniendo la característica de que este contiene mayores cantidades de finos, mientras que para el agregado grueso la norma misma norma detalla que el límite debe ser inferior al 1%, por lo cual nuestro agregado grueso cumple también.

4.1.6. Abrasión del agregado grueso

Característica detallada en la tabla 14, el agregado grueso exhibe un valor de 45% llegando a cumplir con los estándares brindados por la normativa, la cual especifica que el desgaste tendrá que ser inferior al 50%, tener en cuenta que el agregado grueso utilizado está casi al límite que nos presenta la norma, debido a que este es agregado de cerro.

4.2. Análisis y discusión de la elaboración de la mezcla de concreto

Las tablas 15 y 16, nos muestran la cantidad de cada material que forman parte del concreto base, de la misma forma las tablas 17, 18 y 19 detallan las proporciones de materiales los concretos fibroreforzados.

La cantidad de cada componente para los diseños fue establecida considerando las propiedades de los agregados anteriormente mencionados, las cuales fueron obtenidas mediante pruebas de laboratorio. Además, estas proporciones se ven afectas por la elección del cemento elegido para desarrollar el presente estudio.

4.3. Análisis y discusión de las propiedades del concreto en estado fresco

4.3.1. Asentamiento o Slump del concreto

Los datos para este parámetro se presentan en la tabla 20. La tabla revela que una vez que se incrementa la cantidad de fibra añadida, el asentamiento experimenta una disminución de manera gradual. Este fenómeno afecta la manejabilidad, debido a que la mezcla tiende a volverse más reseca, siendo menos trabajable.

4.3.2. Peso unitario o densidad del concreto en estado fresco

La densidad se detalla en la tabla 21 y figura 3, donde se puede visualizar que esta disminuye ligeramente cuando se le va añadiendo fibras, podemos ver que el concreto con fibras de coco tiene menor densidad con respecto a los demás, en cambio el concreto con fibras metálicas es el que presenta mayor densidad con respecto al concreto con las otras dos fibras. En la figura 2 también se visualiza una gráfica que indica que los concretos elaborados son concretos de peso normal ya que los valores se encuentran entre 2200 kg/cm^2 y 2400 kg/cm^2 .

4.3.3. Temperatura del concreto en estado fresco

En la tabla 22, se indica la temperatura registrada al elaborar los concretos base y con fibras, en este parámetro no se visualiza un cambio significativo del mismo.

4.4. Análisis y discusión de las propiedades del concreto en estado duro

4.4.1. Peso unitario o densidad del concreto en estado duro

La tabla 23 detalla las densidades del concreto base y el que contiene fibras, teniendo la característica que este parámetro en estado endurecido es menor que cuando la mezcla se encuentra fresca, asimismo el concreto fibroreforzado con filamentos de coco es el que tiene menor densidad y el concreto fibroreforzado con filamentos metálicos de acero es el que tiene mayor peso unitario en comparación con los demás concretos a los cuales se añadieron fibras como se puede visualizar mejor en la Figura 5.

4.4.2. Resistencia a la compresión del concreto

Lo obtenido en este ensayo se detalla en las tablas 24, 25 y 26. Al fibroreforzar con acero, en la proporción 15 Kg/m³ la capacidad de soporte a fuerzas de compresión disminuye un 7.30%, en la proporción de 30 Kg/m³ esta resistencia disminuye un 12.53% y en la proporción 50 Kg/m³ la resistencia cae un 16.07%. Al añadir fibras de polipropileno del tipo Sikacem[®]-1 Fiber la resistencia también disminuye en las tres proporciones de 80 g/bolsa de cemento un 5.44%, para 100 g/bolsa de cemento un 10.04%, y para la proporción 120 g/bolsa de cemento un 13.79%. se refuerza con filamentos de coco, se puede observar que la resistencia disminuye, para la proporción de 0.5% disminuye un 7.70%, para la dosificación de 1% la capacidad de soporte disminuye un 12.28% y para la proporción de 1.5% esta resistencia disminuye un 17.83%, lo que podemos ver que para todas las fibras la capacidad de soporte a fuerzas compresivas disminuye a una vez que se le añade más cantidad de fibra como se visualiza en las figuras 6, 7 y 8 , siendo la fibra de polipropileno la que mejor se comporta en comparación a las otras dos fibras porque la resistencia disminuye en menor grado.

4.4.3. Resistencia a la flexión del concreto

Lo obtenido en esta prueba se visualiza en las tablas 27, 28 y 29. Cuando a la mezcla se le agrega filamentos derivados del acero, vemos que el módulo de rotura mejora significativamente conforme se va añadiendo mayor cantidad de fibra como se muestra en las figuras 9, 10 y 11, además de que realizando el ensayo se pudo determinar que se produce una falla dúctil en el concreto cuando llega al punto de resistencia máxima; en la proporción de 15 Kg/m³ de fibra de acero SikaFiber® CHO 65/35 NB el MR aumenta un 7.12% en relación al concreto base, en la proporción de 30 Kg/m³ el MR aumenta en un 33.86 % y para 50 Kg/m³ se puede observar que el módulo de rotura aumenta en un 75.99%.

Se determinó de la misma manera que la capacidad de soporte a fuerzas flexionantes del concreto aumenta conforme se va añadiendo más fibra del tipo Sikacem®-1 Fiber que deriva del polipropileno; en la dosificación de 80 g/bolsa de cemento el módulo de rotura aumenta un 22.36%, para 100 g/bolsa el MR aumenta un 31.01%, y para 120 g/bolsa el MR aumenta un 41.33%, aquí se pudo observar también que al momento de alcanzar la resistencia máxima las probetas tenían una falla frágil.

Por otro lado, para la fibra natural de coco también se pudo determinar que capacidad de soporte a esfuerzos flexionantes aumenta, la diferencia con los otros tipos de filamentos es que al evaluar el aumento de la resistencia, esta se eleva significativamente para la primera proporción pero luego no aumenta mucho, para 0.5 % de fibra de coco, el MR se incrementa un 33.90% comparando con el concreto base, para 1 % el MR se incrementa un 36.43% y para 1.5 % de fibra de coco el MR se incrementa un 37.38%.

Se logra una mayor resistencia a la flexión cuando se le añade fibra de acero en la proporción de 50 kg/m³ de concreto.

4.5. Contrastación de la hipótesis planteada en la investigación

La hipótesis **“La adición de fibra no metálica de polipropileno genera una mayor resistencia mecánica en un concreto $f'c= 210$ kg/cm² elaborado con agregados de la cantera “El Gavilán” en la ciudad de Cajamarca”**. Se puede observar que los filamentos de polipropileno permiten el aumento de capacidad de soporte de esfuerzos flexionantes en todas las proporciones de fibra añadidas, teniendo un aumento mínimo del 22.36% para la proporción 80g/bolsa de cemento de Sikacem[®]-1 Fiber y máximo del 41.33% para la proporción de 120 gramos por bolsa de cemento. Pero capacidad de soporte a fuerzas compresivas decae en las tres proporciones, decayendo un 5.44% para la proporción 80g/bolsa de cemento, 10.04% para la proporción 100g/bolsa de cemento y decae un 13.79% para la proporción de 120g/bolsa de cemento. Evaluando entre los tres tipos de fibra añadidas, la fibra de polipropileno es la que mejor se comporta, ya que es la fibra que permite lograr mayor soporte a fuerzas flexionantes en las tres proporciones, y es la que hace que la resistencia a fuerzas compresivas disminuya en menor grado para las tres proporciones, en comparación con las demás fibras.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Comparando el comportamiento de las tres fibras utilizadas, se válida la hipótesis planteada, debido a que la inclusión de fibra de polipropileno permite aumentar la capacidad de soporte a esfuerzos flexionantes, y aunque esta fibra hace que la capacidad de soporte a cargas compresivas disminuya, aun así, es la fibra que mejor se comporta.
- La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto base superó la especificación de diseño, esta fue 228.50 Kg/cm^2 y el módulo de rotura a los 28 días fue 20.89 kg/cm^2 .
- Los filamentos derivados del acero hacen que la capacidad de soporte a fuerzas compresivas disminuya y que el módulo de rotura aumente. La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con adiciones de fibras metálicas de acero trefilado fue 211.81, 199.86 y 191.78 Kg/cm^2 , para las proporciones 15, 30, y 50 kg/m^3 respectivamente, tiene una variación negativa de 7.30%, 12.53% y 16.07% con respecto al concreto base. El módulo de rotura a los 28 días fue de 22.38 kg/m^3 , 27.96 kg/m^3 y 36.76 kg/m^3 , para las proporciones de 15, 30, y 50 kg/m^3 respectivamente, se tiene variaciones positivas de 7.12%, 33.86% y 75.99% con respecto al concreto base sin fibras.
- Los filamentos de polipropileno permiten que el módulo de rotura se incremente, y que la capacidad de soporte a fuerzas de compresión disminuya en menor grado, siendo la que mejor se comporta a comparación de las demás fibras. La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con adiciones de fibras no metálicas de polipropileno fue 216.06, 205.57 y 196.99 Kg/cm^2 , para las proporciones 80, 100, y 120 g/bolsa de cemento respectivamente, tiene una variación negativa de 5.44%, 10.04% y de 13.79% comparados con el concreto base. El MR fue 25.56 kg/m^3 , 27.37 kg/m^3 y 29.52 kg/m^3 , para las

proporciones de 15, 30, y 50 kg/m³ respectivamente, tiene variaciones positivas de 22.36 %, 31.01% y 41.33% con respecto al base.

- Los filamentos derivados del coco permiten que la capacidad de soporte a esfuerzos de compresión disminuya y que la capacidad de soporte a esfuerzos flexionantes aumente en un concreto de $f'_{\zeta}=210$ kg/cm² elaborado con agregados de la cantera El Gavilán. La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con adiciones de fibras naturales de coco, fue 210.91, 200.43 y 187.76 Kg/cm², para las proporciones 0.5 %, 1% y 1.5% del peso del cemento respectivamente, tiene una variación negativa de 7.70%, 12.28% y 17.83% a comparación del concreto base. El MR a los 28 días fue 27.97, 28.50 y 28.70 kg/m³, para las dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% de lo que el cemento pesa respectivamente, tiene variaciones positivas de 33.90%, 36.43% y 37.38% con respecto al concreto base.

5.2. Recomendaciones

- Realizar investigaciones considerando mayores proporciones de fibras, 60kg/m³ y 70kg/m³ para la fibra de acero, 130g/bolsa de cemento y 150g/bolsa de cemento para las fibras de polipropileno y 2% y 2.5% para la fibra de coco.
- Realizar investigaciones considerando fibras de otras marcas y agregados de otras canteras.
- Realizar investigaciones de compresión y flexión a los 7, 14 y 21 días, para que se tenga mayor referencia del comportamiento de estas fibras a edades tempranas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2022). *Manual de construcción para maestros de obra*. Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra>
- Ahmed, E., Legeron, F., & Ouahla, M. (2015). Steel fiber as replacement of minimum shear reinforcement for one-way thick bridge slab. *Construction and Building Materials*, 78, 303-314. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.095>
- ASTM D-2216. (1998). *Método de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua(humedad) de suelos y rocas por masa*.
- Baca, C., & Vela, L. (2021). Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas sikacem®-1 fiber – Cusco 2019. *Yachay Revista científico cultural*, 10(1), 511-516. doi:<https://doi.org/10.36881/yachay.v10i1.308>
- Campoy, N., Chávez, O., Rojas, E., Gaxiola, J., Millán, J., & De la Rosa, D. (2021). Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.1.007>
- Carrillo, J., Cárdenas, J., & Aperador, W. (2017). Propiedades mecánicas a flexión del concreto reforzado con fibras de acero bajo ambientes corrosivos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 32(2), 59-72. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000200005>
- Harmsen, T. (2017). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima - Perú.
- Hernández, L., Gómez, J., Contreras, A., & Padilla, L. (Octubre de 2018). Resistencia a la compresión del concreto. 1-5. doi:[10.13140/RG.2.2.16390.63044](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16390.63044)

- Jimenez, M., Mora, C., Vargas, J., & Cordova, J. (2017). *Evaluación del hormigón de cemento portland*. Guayaquil - Ecuador. Obtenido de <http://hdl.handle.net/123456789/129>
- Martín, A. (2020). *Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar el hormigón*. Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/160345>
- Matallana, R. (2019). *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*. Corona.
- Norma e.060. (2019). *Concreto armado*.
- NTP 334.001. (2019). *CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura*. Lima, Perú.
- NTP 334.009. (2020). *CEMENTOS. Cementos Pórtland. Requisitos*.
- NTP 339.034. (2021). *Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo*.
- NTP 339.046. (2019). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*.
- NTP 339.047. (2019). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados*.
- NTP 339.078. (2022). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*.
- NTP 339.088. (2019). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Pórtland. Requisitos*.
- NTP 339.183. (2021). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*.
- NTP 400.011. (2020). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*.

- NTP 400.012. (2018). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*
- NTP 400.017. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.*
- NTP 400.018. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados.*
- NTP 400.021. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.*
- NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.*
- NTP 400.037. (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos.*
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(2), 161-172. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161>
- Ortiz, S. (2015). *Determinación de la influencia de la fibra de acero en el esfuerzo a flexión del concreto para un $f'c=280$ kg/cm². [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/636>*
- Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (PSI). (2020). Obtenido de <https://psiconcreto.com/fibra-de-acero/>

- Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (PSI). (2020). *Fibra para concreto: guía de tipos y usos*. Obtenido de [https://psiconcreto.com/fibras-para-concreto-tipos-usos/#:~:text=en%20estado%20endurecido,-,%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20fibras%20naturales%20para%20concreto%3F,y%200.2%20mil%C3%ADmetros%20\(5\).](https://psiconcreto.com/fibras-para-concreto-tipos-usos/#:~:text=en%20estado%20endurecido,-,%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20fibras%20naturales%20para%20concreto%3F,y%200.2%20mil%C3%ADmetros%20(5).)
- Ramos, N. (2019). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto reforzado con fibra de polipropileno y acero*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2875>
- Rodríguez, F. (2015). *Caracterización de Materiales Termoplásticos: Polipropileno*. Sevilla. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/60332>
- Rodriguez, J. A., & Rodriguez, J. D. (2023). *Evaluación de la resistencia a la compresión, tracción y flexión del concreto reforzado con sikafiber cho 65/35 nb en elementos horizontales sobre terreno*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/35049>
- Rojales, A., Gómez, L., Farroñan, M., Chuzón, N., & Muñoz, S. (2021). Adiciones de fibras de acero para mejorar las propiedades mecánicas del concreto: una revisión literaria. *Revista Científica Epistemia*, 5(1). doi:<https://doi.org/10.26495/re.v5i1.1838>
- Rojas, A. (2015). *Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia en la resistencia a compresión*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/17066>

Sika Perú. (2019). *Controlar o disminuir las fisuras en concretos o morteros - SIKACEM®-1 FIBER*. Obtenido de https://pe.sikaguia.com/producto/___trashed-37/

Sika Perú. (2021). *SikaFiber® CHO 80/60 NB*. Obtenido de <https://per.sika.com/es/construccion/aditivos-concreto/aditivos-concreto-premezclado/fibras-concreto/sikafiber-cho-8060nb.html>

Sika Perú. (s.f.). *HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO SikaFiber® PE*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://per.sika.com/dms/getdocument.get/dc1fad9-8d6f-44fc-8828-f56c6e94150a/sikafiber_pe.pdf

Structuralia. (2022). *Probetas de hormigón: ¿Qué son y para qué sirven?* Obtenido de <https://blog.structuralia.com/probetas-de-hormigon#:~:text=Podemos%20concluir%20que%20las%20probetas,hormig%C3%B3n%2C%20y%20as%C3%AD%20evitar%20cat%C3%A1strofes.>

Torres-Ortega, R. D., & Saba, M. (2023). Incidencia de las propiedades físicas de agregados calizos y silíceos en el comportamiento mecánico de los concretos hidráulicos. *Revista Ing-Nova*, 2(2), 69-88. doi:<https://doi.org/10.32997/rin-2023-4143>

Villanueva, E., & Yaranga, H. (2015). *estudio de la influencia de fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en concretos de $f'c=210$ kg/cm² en el Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes, Región Huancavelica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/items/c6b97c48-745e-47d0-8753-624d698853cd>

ANEXOS

ANEXO N°01: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE CERRO “EL GAVILÁN”

1. AGREGADO GRUESO

Tabla 30. Análisis granulométrico del agregado grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202

Peso Seco Inicial =					
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
1"	25.40	0.00 g	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	784.00 g	9.80	9.80	90.20
1/2"	12.70	2680.00 g	33.48	43.28	56.72
3/8"	9.53	2112.00 g	26.39	69.67	30.33
N°4	4.75	1895.00 g	23.68	93.34	6.66
N°8	3.36	200.00 g	2.50	95.84	4.16
N 16	1.18	140.00 g	1.75	97.59	2.41
N 30	0.60	110.00 g	1.37	98.96	1.04
N 50	0.30	76.00 g	0.95	99.91	0.09
N 100	0.15	0.00 g	0.00	99.91	0.09
N 200	0.075	0.00 g	0.00	99.91	0.09
Cazoleta	--	7.00 g	0.09	100.00	0.00
TOTAL		8004.00 g			
MÓDULO DE FINURA =			6.65		

Figura 12. Curva granulométrica del agregado grueso

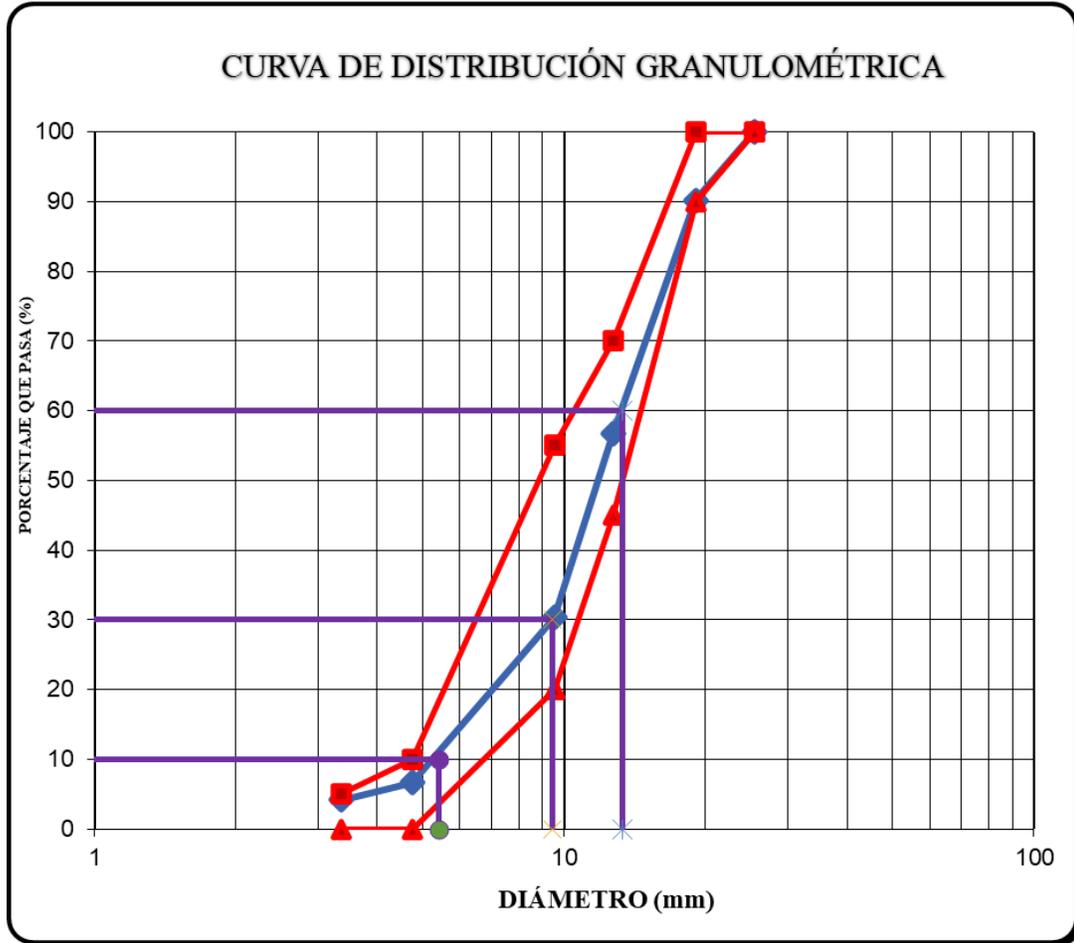


Tabla 31. Peso específico del agua

DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDADES
Peso de la fiola en (g) =	167.00	g
Peso de la fiola +agua (g) =	666.00	g
Volumen de la fiola (cm3) =	500.00	cm ³
Peso específico (g/cm3) =	0.998	g/cm ³
P.e en (Kg/m3) =	998.00	Kg/m ³

Tabla 32. Factor de calibración (f) del agregado grueso ASTM C29 / NTP 400.017

DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDADES
Peso del Molde (g) =	4198.00	g
Peso del Molde +Agua (g) =	14002.00	g
Peso Agua (Kg) =	9.80	Kg
f(1/m3) =	101.795	1/m ³

Tabla 33. Peso unitario suelto del agregado grueso NTP 400.017,A.S.T.M.C-29,MTC E205.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4198.00	4198.00	4198.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	18093.00	18023.00	18033.00	
Peso de la muestra suelta	g	13895.00	13825.00	13835.00	
Factor (f)	1/m3	101.795	101.795	101.795	
Peso Unitario Suelto	g/cm3	1.414	1.407	1.408	1.410
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1414	1407	1408	1410

Tabla 34. Peso unitario compactado del agregado grueso NTP 400.017,A.S.T.M.C-29,MTC E205.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4198.00	4198.00	4198.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	19469.00	19460.00	19450.00	
Peso de la muestra suelta	g	15271.00	15262.00	15252.00	
Factor (f)		101.795	101.795	101.795	
Peso Unitario Compactado	g/cm3	1.555	1.554	1.553	1.554
Peso Unitario Compactado	Kg/m3	1555	1554	1553	1554

Tabla 35. Peso específico agregado grueso - ASTM C-127,MTC E 206,NTP 400.021

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	3635.00	4126.00	4126.00	
Peso de canastilla sumergida	g	2330.00	2330.00	2330.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	2099.00	2892.00	2892.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2071.00	2851.00	2849.00	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1305.00	1796.00	1796.00	
Peso Especifico de Masa/densidad relativa (OD)	g/cm3	2.608	2.601	2.599	2.600
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco/(SSD)	g/cm3	2.644	2.639	2.639	2.640
Peso Especifico de Aparente	g/cm3	2.704	2.702	2.706	2.700

Tabla 36. Absorción (%) agregado grueso - ASTM C-127, MTC E 204, NTP 400.021.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	2099.00	2892.00	2892.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2071.00	2851.00	2849.00	
Absorción (%)	%	1.352	1.438	1.509	1.400

Tabla 37. Contenido de humedad (%) agregado grueso - A.S.T.M.C-566, MTC E118, NTP

339.185.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	53.00	54.00	55.00	
Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1344.00	1288.00	1449.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1338.00	1281.00	1444.00	
Contenido de Humedad	W %	0.47	0.57	0.36	0.47

Tabla 38. Ensayo de abrasión del agregado grueso - NTP 400.019, ASTM C-702, MTC E207.

Gradación	Equipo Mecánico	Nº de Esferas	Velocidad (rev./min)	Nº de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500	3/4"	5000
Nº DE ENSAYOS				1º	2º	3º
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla Nº 12 Lavado y secado al horno en (g)				2765	2773	2752
$\% \text{ Desg.} = ((P_i - P_f) / P_i) \times 100$				44.7	44.54	44.96
Abrasión % Desgaste Promedio					45.00	

Tabla 39. Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz Nº 200 para el agregado grueso - NTP 400.018.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2993.00	2994.00	2998.00	
Peso del Material que pasa el Tamiz Nº 200	g	7.00	6.00	2.00	
% de Material que Pasa el Tamiz Nº 200	%	0.23	0.20	0.07	0.20

2. AGREGADO FINO

Tabla 40. Análisis Granulométrico del Agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP

400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202.

Peso Seco Inicial =					
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3/8"	9.53				100.00
N°4	4.75	42.00 g	2.85	2.85	97.15
N°8	3.36	250.00 g	16.98	19.84	80.16
N 16	1.18	257.00 g	17.46	37.30	62.70
N 30	0.60	430.00 g	29.21	66.51	33.49
N 50	0.30	180.00 g	12.23	78.74	21.26
N 100	0.15	225.00 g	15.29	94.02	5.98
N 200	0.075	66.00 g	4.48	98.51	1.49
Cazoleta	--	22.00 g	1.49	100.00	0.00
TOTAL		1472.00 g			
MÓDULO DE FINURA =			2.99		

Figura 13. Curva granulométrica del agregado fino

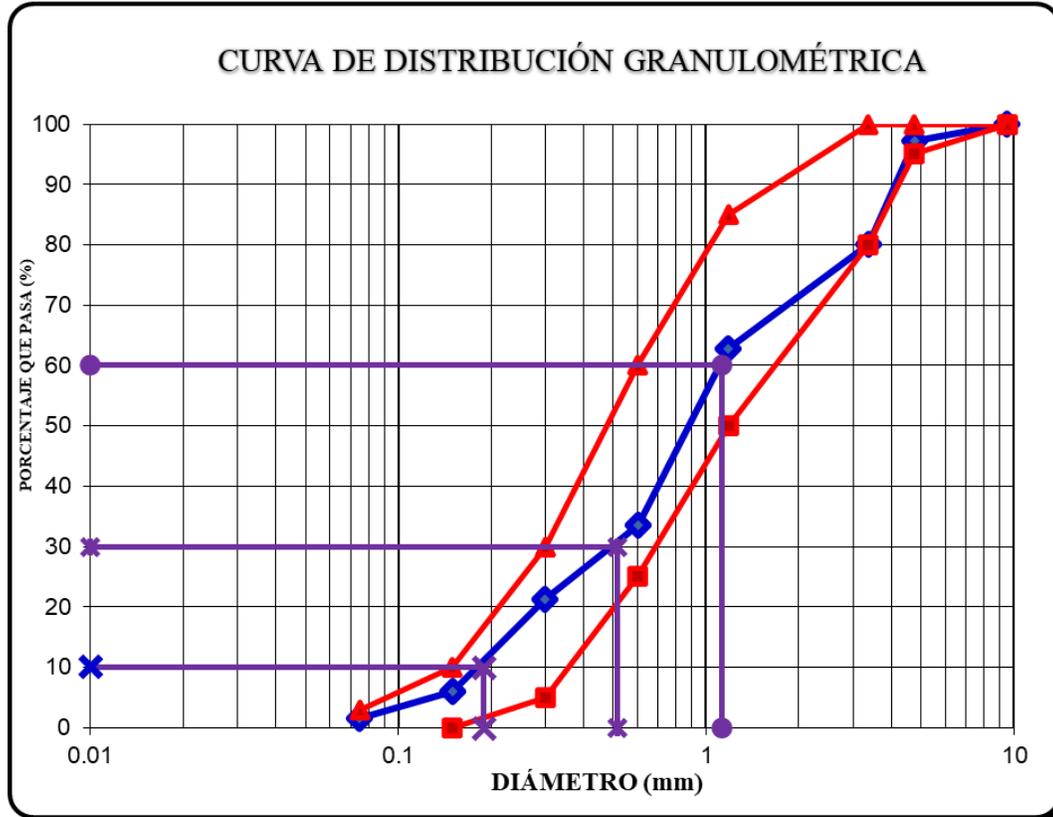


Tabla 41. Factor de calibración (f) del agregado fino - ASTM C29,NTP 400.017.

DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDADES
Peso del Molde (g) =	3876.00	g
Peso del Molde +Agua (g) =	6890.00	g
Peso Agua (Kg) =	3.01	Kg
f (1/m3) =	331.121	1/m ³

Tabla 42. Peso unitario suelto del agregado fino NTP 400.017,A.S.T.M.C-29,MTC E 205.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3876.00	3876.00	3876.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	8850.00	8830.00	8730.00	
Peso de la muestra suelta	g	4974.00	4954.00	4854.00	
Factor (f)		331.121	331.121	331.121	
Peso Unitario Suelto	g/cm3	1.647	1.640	1.607	1.632
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1647	1640	1607	1632

Tabla 43. Peso unitario compactado del agregado fino NTP 400.017,A.S.T.M.C -29,MTC E-205.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3876.00	3876.00	3876.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	9174.00	9250.00	9320.00	
Peso de la muestra suelta	g	5298.00	5374.00	5444.00	
Factor (f)	1/m3	331.121	331.121	331.121	
Peso Unitario Compactado	g/cm3	1.754	1.779	1.803	1.779
Peso Unitario Compactado	Kg/m3	1754	1779	1803	1779

Tabla 44. Peso específico del agregado fino NTP 400.022, A.S.T.M.C-128,AASHTO T84,MTC E-203

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	167.00	167.00	167.00	
Peso de la fiola +agua hasta menizco	g	666.00	666.00	666.00	
peso de la fiola +agua + muestra	g	978.00	979.00	977.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	488.20	487.50	488.30	
volumen de agua añadida al frasco (g)	g	311.00	312.00	310.00	
Peso Especifico de Masa/densidad relativa (OD)	g/m3	2.583	2.593	2.570	2.580
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco/(SSD)	g/m3	2.646	2.660	2.632	2.650
Peso Especifico de Aparente	g/m3	2.755	2.778	2.739	2.760

Tabla 45. Absorción del agregado fino (%) NTP 400.022,A.S.T.M.C-128,AASHTO T84,MTC E 203.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	488.20	487.50	488.30	
Absorción (%)	%	2.417	2.564	2.396	2.500

Tabla 46. Contenido de humedad del agregado fino (%) A.S.T.M.C-566,MTC E-118,NTP

339.185

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	54.00	53.00	55.00	
Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1000.00	1001.00	1002.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	964.00	966.00	970.00	
Contenido de Humedad	W %	3.96	3.83	3.50	3.76

Tabla 47. Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200 para el agregado

fino -NTP 400.018

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	476.10	476.40	477.30	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	23.90	23.60	22.70	
Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	4.78	4.72	4.54	4.70

ANEXO N°02: DISEÑO DE MEZCLA

a) Diseño del concreto patrón $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CEMENTO : PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C - 150	PESO ESPECIFICO = 3.110 g/cm ³
--	---

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO	EL GAVILAN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO	EL GAVILAN - CAJAMARCA.

$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 $F'cr = 252 \text{ Kg/cm}^2$

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS				
	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.580	g/cm ³	2.600	g/cm ³
PESO ESPECIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	2.650	g/cm ³	2.640	g/cm ³
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.760	g/cm ³	2.700	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1632	Kg/m ³	1410	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779	Kg/m ³	1554	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.762		0.466	
ABSORCION (%)	2.500		1.400	
MODULO DE FINURA	2.993		6.650	
ABRASION (%)	---		45.00	
% QUE PASA MALLA N° 200	4.700		0.200	

ASENTAMIENTO = 3" - 4"	VACIOS = 40.248
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO = 205 Lt/m ³	VACIOS POR CORREGIR = 5.248
AIRE TOTAL (%) = 2.0	CORR. MC = 0.105
RELACION a/c = 0.700	

CEMENTO = 292.86 Kg/m ³	6.89 Bolsas/m ³
------------------------------------	----------------------------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
CEMENTO =	0.094	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m ³
AIRE (%) =	0.020	m ³
SUMA =	0.319	m ³
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.681	m ³

MODULO DE COMBINACION :	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREGIDO :	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	828.00	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	936.00	Kg/m ³

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.45
APORTE AG =	-8.74
TOTAL =	1.71

MATERIALES DE DISEÑO			
CEMENTO	292.86	Kg	
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt	
AGREGADO FINO SECO	828.00	Kg	
AGREGADO GRUESO SECO	936.00	Kg	
AIRE TOTAL	2.00	%	

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO	292.86	Kg	
AGUA EFECTIVA	203.29	Lt	
AGREGADO FINO HUMEDO	859.15	Kg	
AGREGADO GRUESO HUMEDO	940.36	Kg	
AIRE TOTAL	2.00	%	

PROPORCION EN PESO			
CEMENTO =	1		
A. FINO =	2.93		
A. GRUESO =	3.21		
AGUA =	29.50	(Lt/ Bolsa)	

PROPORCION EN VOLUMEN			
CEMENTO =	1		
A. FINO =	2.60		
A. GRUESO =	3.40		
AGUA =	29.50	(Lt/ Bolsa)	

b) Diseño del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra metálica SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción 15 kg/m^3

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C - 150	PESO ESPECIFICO =	3.110 g/cm ³
-----------	------------------------------------	-------------------	-------------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.

$F_c =$	280	Kg/cm ²
$F_{cr} =$	365	Kg/cm ²

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"	
Peso Especifico de Masa	2.580 g/cm ³	2.600 g/cm ³	
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650 g/cm ³	2.640 g/cm ³	
Peso Especifico de Aparente	2.760 g/cm ³	2.700 g/cm ³	
PESO UNITARIO SUELTO	1632 Kg/m ³	1410 Kg/m ³	
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779 Kg/m ³	1554 Kg/m ³	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76	0.47	
ABSORCION (%)	2.50	1.40	
MODULO DE FINURA	2.993	6.650	
ABRASION (%)	-	45.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70	0.20	

EN CASO DE USAR ADITIVOS :					
	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P. E. g/cm ³	VACIOS =	40.248
SIKA FIBER CHO 65/35	SIKA	12.29	2.4	VACIOS POR CORREGIR =	5.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			FCORR. MC =	0.105
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m ³			
AIRE TOTAL (%) =	2.0				
RELACION A/Mc =	0.700				
CEMENTO =	292.8600	Kg/m ³		6.89	Bolsas/m ³

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
SIKA FIBER CHO 65/35NB	0.015	m ³
CEMENTO =	0.094	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m ³
AIRE (%) =	0.020	m ³
SUMA =	0.334	m ³
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.666	m ³

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	810.00	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	915.00	Kg/m ³

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.22
APORTE AG =	-8.55
TOTAL =	1.68

MATERIALES DE DISEÑO		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	810.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	915.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKA FIBER CHO 65/35NB	15.00	Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA EFECTIVA	203.32	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	840.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	919.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKA FIBER CHO 65/35NB	15.00	Kg

PROPORCION EN PESO		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.87	
A. GRUESO =	3.14	
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
SIKA FIBER CHO 65/35NB	2177.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.50	5.000
A. GRUESO =	3.33	6.660
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
SIKA FIBER CHO 65/35NB	2177.00	g/Bolsa

c) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra metálica SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción 30 kg/m^3

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150	PESO ESPECIFICO =	3.110	g/cm ³
-----------	-----------------------------------	-------------------	-------	-------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.

$F_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_{cr} = 365 \text{ Kg/cm}^2$

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"	
Peso Especifico de Masa	2.580	g/cm ³	2.600
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm ³	2.640
Peso Especifico de Aparente	2.760	g/cm ³	2.700
PESO UNITARIO SUELTO	1632	Kg/m ³	1410
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779	Kg/m ³	1554
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76		0.47
ABSORCION (%)	2.50		1.40
MODULO DE FINURA	2.993		6.650
ABRASION (%)	-		45.00
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70		0.20

EN CASO DE USAR ADITIVOS :

	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm ³	VACIOS =	40.248
SIKA FIBER CHO 65/35	SIKA	24.59	2.4	VACIOS POR CORREGIR =	5.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			FCORR. MC =	0.105
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m ³			
AIRE TOTAL (%) =	2.0				
RELACION A/Mc =	0.700				
CEMENTO =	292.8600	Kg/m ³		6.89	Bolsas/m ³

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
SIKA FIBER CHO 65/35NB	0.030	m ³
CEMENTO =	0.094	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m ³
AIRE (%) =	0.020	m ³
SUMA =	0.349167	m ³
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.650833	m ³

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	792.00	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	895.00	Kg/m ³

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.00
APORTE AG =	-8.36
TOTAL =	1.64

MATERIALES DE DISEÑO			
CEMENTO	292.86	Kg	
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt	
AGREGADO FINO SECO	792.00	Kg	
AGREGADO GRUESO SECO	895.00	Kg	
AIRE TOTAL	2.00	%	
SIKA FIBER CHO 65/35NB	30.00	Kg	

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO	292.86	Kg	
AGUA EFECTIVA	203.36	Lt	
AGREGADO FINO HUMEDO	822.00	Kg	
AGREGADO GRUESO HUMEDO	899.00	Kg	
AIRE TOTAL	2.00	%	
SIKA FIBER CHO 65/35NB	30.00	Kg	

PROPORCION EN PESO			
CEMENTO =	1		
A. FINO =	2.81		
A. GRUESO =	3.07		
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)	
SIKA FIBER CHO 65/35NE	4354.00	g/Bolsa	

PROPORCION EN VOLUMEN			
CEMENTO =	1		
A. FINO =	2.50	5.000	
A. GRUESO =	3.25	6.500	
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)	
SIKA FIBER CHO 65/35N	4354.00	g/Bolsa	

d) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra metálica SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción 50 kg/m^3

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C - 150	PESO ESPECIFICO =	3.110	g/cm3
-----------	------------------------------------	-------------------	-------	-------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.

Pc =	280	Kg/cm2
Pcr =	365	Kg/cm2

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
Peso Especifico de Masa	2.580	g/cm3	2.600	g/cm3
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm3	2.640	g/cm3
Peso Especifico de Aparente	2.760	g/cm3	2.700	g/cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1632	Kg/m3	1410	Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779	Kg/m3	1554	Kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76		0.47	
ABSORCION (%)	2.50		1.40	
MODULO DE FINURA	2.993		6.650	
ABRASION (%)	-		45.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70		0.20	

EN CASO DE USAR ADITIVOS :

	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm3	VACIOS =	40.248
SIKA FIBER CHO 65/35	SIKA	40.98	2.4	VACIOS POR CORREGIR =	5.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			FCORR. MC =	0.105

CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m3
AIRE TOTAL (%) =	2.0	
RELACION A/Mc =	0.700	
CEMENTO =	292.8600	Kg/m3
	6.89	Bolsas/m3

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
SIKA FIBER CHO 65/35NB	0.050	m3
CEMENTO =	0.094	m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m3
AIRE (%) =	0.020	m3
SUMA =	0.369	m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.631	m3

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	767.00	Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	867.00	Kg/m3

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	9.68
APORTE AG =	-8.10
TOTAL =	1.58

MATERIALES DE DISEÑO		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	767.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	867.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKA FIBER CHO 65/35NB	50.00	Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA EFECTIVA	203.42	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	796.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	871.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKA FIBER CHO 65/35NB	50.00	Kg

PROPORCION EN PESO		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.72	
A. GRUESO =	2.97	
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
SIKA FIBER CHO 65/35NB	7256.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.40	4.800
A. GRUESO =	3.15	6.300
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
SIKA FIBER CHO 65/35NB	7256.00	g/Bolsa

e) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra no metálica de polipropileno Sikacem®-1 Fiber en la proporción 80 g/bolsa de cemento

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150	PESO ESPECIFICO =	3.110 g/cm3
-----------	-----------------------------------	-------------------	-------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILÁN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILÁN - CAJAMARCA.

$F_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_{cr} = 365 \text{ Kg/cm}^2$

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"	
Peso Especifico de Masa	2.580 g/cm3	2.600 g/cm3	
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650 g/cm3	2.640 g/cm3	
Peso Especifico de Aparente	2.760 g/cm3	2.700 g/cm3	
PESO UNITARIO SUELTO	1632 Kg/m3	1410 Kg/m3	
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779 Kg/m3	1554 Kg/m3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76	0.47	
ABSORCION (%)	2.50	1.40	
MODULO DE FINURA	2.993	6.650	
ABRASION (%)	-	45.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70	0.20	

EN CASO DE USAR ADITIVOS :

	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm3	VACIOS =	40.248
SIKACEM-1FIBER	SIKA	0.22	1.17	VACIOS POR CORREGIR =	5.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			FCORR. MC =	0.105
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0 Lt/m3				
AIRE TOTAL (%) =	2.0				
RELACION A/Mc =	0.700				
CEMENTO =	292.8600 Kg/m3			6.89 Bolsas/m3	

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :

SIKACEM-1FIBER	0.001 m3
CEMENTO =	0.094 m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205 m3
AIRE (%) =	0.020 m3
SUMA =	0.320 m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.680 m3

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	827.00 Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	935.00 Kg/m3

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.44
APORTE AG =	-8.73
TOTAL =	1.70

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	292.86 Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00 Lt
AGREGADO FINO SECO	827.00 Kg
AGREGADO GRUESO SECO	935.00 Kg
AIRE TOTAL	2.00 %
SIKACEM-1FIBER	0.55 Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	292.86 Kg
AGUA EFECTIVA	203.30 Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	858.00 Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	939.00 Kg
AIRE TOTAL	2.00 %
SIKACEM-1FIBER	0.55 Kg

PROPORCION EN PESO

CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.93	
A. GRUESO =	3.21	
AGUA =	29.50	(Lt/ Bolsa)
SIKACEM-1FIBER	80.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.60	5.200
A. GRUESO =	3.40	6.800
AGUA =	29.50	(Lt/ Bolsa)
SIKACEM-1FIBER	80.00	g/Bolsa

f) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra no metálica de polipropileno Sikacem®-1 Fiber en la proporción 100 g/bolsa de cemento

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150	PESO ESPECIFICO =	3.110 g/cm ³
-----------	-----------------------------------	-------------------	-------------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.

Fc =	280	Kg/cm ²
Fcr =	365	Kg/cm ²

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"
Peso Especifico de Masa	2.580 g/cm ³	2.600 g/cm ³
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650 g/cm ³	2.640 g/cm ³
Peso Especifico de Aparente	2.760 g/cm ³	2.700 g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1632 Kg/m ³	1410 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779 Kg/m ³	1554 Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76	0.47
ABSORCION (%)	2.50	1.40
MODULO DE FINURA	2.993	6.650
ABRASION (%)	-	45.00
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70	0.20

EN CASO DE USAR ADITIVOS :

	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm ³	VACIOS =	40.248
SIKACEM-1FIBER	SIKA	0.28	1.17	VACIOS POR CORREGIR =	5.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			FCORR. MC=	0.105
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m ³			
AIRE TOTAL (%) =	2.0				
RELACION A/Mc =	0.700				
CEMENTO =	292.8600	Kg/m ³		6.89	Bolsas/m ³

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
SIKACEM-1FIBER	0.001	m ³
CEMENTO =	0.094	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m ³
AIRE (%) =	0.020	m ³
SUMA =	0.320	m ³
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.680	m ³

MODULO DE COMBINACION=	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	827.00	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	935.00	Kg/m ³

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.44
APORTE AG =	-8.73
TOTAL =	1.70

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	292.86	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	827.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	935.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKACEM-1FIBER	0.69	Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	292.86	Kg
AGUA EFECTIVA	203.30	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	858.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	939.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKACEM-1FIBER	0.69	Kg

PROPORCION EN PESO

CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.93	
A. GRUESO =	3.21	
AGUA =	29.50	(Lt/ Bolsa)
SIKACEM-1FIBER	100.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.60	5.200
A. GRUESO =	3.40	6.800
AGUA =	29.50	(Lt/ Bolsa)
SIKACEM-1FIBER	100.00	g/Bolsa

g) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra no metálica de polipropileno Sikacem®-1 Fiber en la proporción 120 g/bolsa de cemento

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C-150	PESO ESPECIFICO =	3.110	g/cm3
-----------	----------------------------------	-------------------	-------	-------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.

$F_c =$	280	Kg/cm2
$F_{cr} =$	365	Kg/cm2

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"
Peso Especifico de Masa	2.580	g/cm3
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm3
Peso Especifico de Aparente	2.760	g/cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1632	Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779	Kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76	0.47
ABSORCION (%)	2.50	1.40
MODULO DE FINURA	2.993	6.650
ABRASION (%)	-	45.00
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70	0.20

EN CASO DE USAR ADITIVOS :				
	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm3	VACIOS =
SIKACEM-1FIBER	SIKA	0.33	1.17	40.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			VACIOS POR CORREGIR = 5.248
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m3		FCORR. MC = 0.105
AIRE TOTAL (%) =	2.0			
RELACION A/Mc =	0.700			
CEMENTO =	292.8600	Kg/m3	6.89	Bolsas/m3

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
SIKACEM-1FIBER	0.001	m3
CEMENTO =	0.094	m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m3
AIRE (%) =	0.020	m3
SUMA =	0.320	m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.680	m3

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	827.00	Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	935.00	Kg/m3

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.44
APORTE AG =	-8.73
TOTAL =	1.70

MATERIALES DE DISEÑO		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	827.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	935.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKACEM-1 FIBER	0.83	Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA EFECTIVA	203.30	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	858.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	939.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
SIKACEM-1FIBER	0.83	Kg

PROPORCION EN PESO		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.93	
A. GRUESO =	3.21	
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
SIKACEM-1FIBER	120.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.60	5.200
A. GRUESO =	3.40	6.800
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
SIKACEM-1FIBER	120.00	g/Bolsa

h) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra natural de coco en la proporción 0.5% del peso del cemento

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C - 150	PESO ESPECIFICO =	3.110 g/cm ³
-----------	------------------------------------	-------------------	-------------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILÁN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILÁN - CAJAMARCA.

Pc =	280	Kg/cm ²
Pcr =	365	Kg/cm ²

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"	
Peso Especifico de Masa	2.580	g/cm ³	2.600 g/cm ³
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm ³	2.640 g/cm ³
Peso Especifico de Aparente	2.760	g/cm ³	2.700 g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1632	Kg/m ³	1410 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779	Kg/m ³	1554 Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76		0.47
ABSORCION (%)	2.50		1.40
MODULO DE FINURA	2.993		6.650
ABRASION (%)	-		45.00
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200	4.70		0.20

EN CASO DE USAR ADITIVOS :

	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm ³	VACIOS =	40.248
FIBRA DE COCO	SIN MARCA	0.50	1.31	VACIOS POR CORREGIR =	5.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			FCORR. MC=	0.105
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m ³			
AIRE TOTAL (%) =	2.0				
RELACION A/Mc =	0.700				
CEMENTO =	292.8600	Kg/m ³		6.89	Bolsas/m ³

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :

FIBRA DE COCO	0.001	m ³
CEMENTO =	0.094	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m ³
AIRE (%) =	0.020	m ³
SUMA =	0.320	m ³
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.680	m ³

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.44
APORTE AG =	-8.73
TOTAL =	1.71

AGREGADO FINO SECO =	827.00	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	934.00	Kg/m ³

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	292.86	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	827.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	934.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
FIBRA DE COCO	1.12	Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	292.86	Kg
AGUA EFECTIVA	203.29	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	858.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	938.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
FIBRA DE COCO	1.12	Kg

PROPORCION EN PESO

CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.93	
A. GRUESO =	3.20	
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
FIBRA DE COCO	162.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.60	5.200
A. GRUESO =	3.39	6.780
AGUA =	29.50	(Lt/ Bolsa)
FIBRA DE COCO	162.00	g/Bolsa

- i) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra natural de coco en la proporción 1.0% del peso del cemento

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150	PESO ESPECIFICO =	3.110	g/cm3
-----------	-----------------------------------	-------------------	-------	-------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILAN - CAJAMARCA.

Pc =	280	Kg/cm2
Pcr =	365	Kg/cm2

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4"	
Peso Especifico de Masa	2.580	g/cm3	2.600
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm3	2.640
Peso Especifico de Aparente	2.760	g/cm3	2.700
PESO UNITARIO SUELTO	1632	Kg/m3	1410
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779	Kg/m3	1554
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76		0.47
ABSORCION (%)	2.50		1.40
MODULO DE FINURA	2.993		6.650
ABRASION (%)	-		45.00
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70		0.20

EN CASO DE USAR ADITIVOS :				
	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm3	VACIOS =
FIBRA DE COCO	SIN MARCA	1.00	1.31	VACIOS POR CORREGIR =
ASENTAMIENTO =				FCORR. MC=
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =				
AIRE TOTAL (%) =				
RELACION A/Mc =				
CEMENTO =	292.8600	Kg/m3	6.89	Bolsas/m3

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
FIBRA DE COCO	0.002	m3
CEMENTO =	0.094	m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m3
AIRE (%) =	0.020	m3
SUMA =	0.321	m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.679	m3

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	825.00	Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	933.00	Kg/m3

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.41
APORTE AG =	-8.72
TOTAL =	1.70

MATERIALES DE DISEÑO		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	825.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	933.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
FIBRA DE COCO	2.24	Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA EFECTIVA	203.30	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	856.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	937.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
FIBRA DE COCO	2.24	Kg

PROPORCION EN PESO		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.92	
A. GRUESO =	3.20	
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
FIBRA DE COCO	324.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.60	5.200
A. GRUESO =	3.39	6.780
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
FIBRA DE COCO	324.00	g/Bolsa

j) Diseño para un metro cúbico de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra natural de coco en la proporción 1.5% del peso del cemento

CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150	PESO ESPECIFICO =	3.110	g/cm3
-----------	-----------------------------------	-------------------	-------	-------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO :	EL GAVILÁN - CAJAMARCA.
AGREG. GRUESO :	EL GAVILÁN - CAJAMARCA.

Pc =	280	Kg/cm2
Pcr =	365	Kg/cm2

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"
Peso Especifico de Masa	2.580	g/cm3	2.600
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm3	2.640
Peso Especifico de Aparente	2.760	g/cm3	2.700
PESO UNITARIO SUELTO	1632	Kg/m3	1410
PESO UNITARIO COMPACTADO	1779	Kg/m3	1554
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.76		0.47
ABSORCION (%)	2.50		1.40
MODULO DE FINURA	2.993		6.650
ABRACION (%)	-		45.00
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	4.70		0.20

EN CASO DE USAR ADITIVOS :					
	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm3	VACIOS =	40.248
FIBRA DE COCO	SIN MARCA	1.50	1.31	VACIOS POR CORREGIR =	5.248
ASENTAMIENTO =	3" - 4"			FCORR. MC=	0.105
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m3			
AIRE TOTAL (%) =	2.0				
RELACION A/Mc =	0.700				
CEMENTO =	292.8600	Kg/m3		6.89	Bolsas/m3

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
FIBRA DE COCO	0.003	m3
CEMENTO =	0.094	m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m3
AIRE (%) =	0.020	m3
SUMA =	0.323	m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.677	m3

MODULO DE COMBINACION =	5.031
MODULO DE COMBINACION CORREG	4.926
% AGREGADO FINO =	47.14
% AGREGADO GRUESO =	52.86

AGREGADO FINO SECO =	824.00	Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	931.00	Kg/m3

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	10.40
APORTE AG =	-8.70
TOTAL =	1.70

MATERIALES DE DISEÑO		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	824.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	931.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
FIBRA DE COCO	3.35	Kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	292.86	Kg
AGUA EFECTIVA	203.30	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	855.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	935.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
FIBRA DE COCO	3.35	Kg

PROPORCION EN PESO		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.92	
A. GRUESO =	3.19	
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
FIBRA DE COCO	487.00	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.60	5.200
A. GRUESO =	3.38	6.760
AGUA =	29.50	(Lt / Bolsa)
FIBRA DE COCO	487.00	g/Bolsa

ANEXO N°03 PROPIEDADES DEL CONCRETO

A. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

Tabla 48. Peso Unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales

TIPO DE CONCRETO		MUESTRA	VOLUMEN (m ³)	PESO DEL MOLDE (kg)	PESO DEL MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)	% VARIACIÓN
SIN ADICIONES	concreto patrón	M1	0.00963	4.198	26.841	22.643	2351.38	2351.48	
		M2	0.00963	4.198	26.843	22.645	2351.59		
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO	15 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	M1	0.00963	4.198	26.818	22.620	2348.99	2349.10	-0.10 %
		M2	0.00963	4.198	26.820	22.622	2349.20		
	30 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	M1	0.00963	4.198	26.800	22.602	2347.12	2347.02	-0.19 %
		M2	0.00963	4.198	26.798	22.600	2346.91		
	50 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	M1	0.00963	4.198	26.778	22.580	2344.84	2344.89	-0.28 %
		M2	0.00963	4.198	26.779	22.581	2344.94		
ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO	80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	M1	0.00963	4.198	26.670	22.472	2333.62	2333.83	-0.75 %
		M2	0.00963	4.198	26.674	22.476	2334.04		
	100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	M1	0.00963	4.198	26.654	22.456	2331.96	2332.01	-0.83 %
		M2	0.00963	4.198	26.655	22.457	2332.06		
	120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	M1	0.00963	4.198	26.604	22.406	2326.77	2326.82	-1.05 %
		M2	0.00963	4.198	26.605	22.407	2326.87		
ADICIÓN DE FIBRA DE COCO	0.5% de fibra de coco	M1	0.00963	4.198	26.560	22.362	2322.20	2322.30	-1.24 %
		M2	0.00963	4.198	26.562	22.364	2322.41		
	1.0 % de fibra de coco	M1	0.00963	4.198	26.477	22.279	2313.58	2313.68	-1.61 %
		M2	0.00963	4.198	26.479	22.281	2313.79		
	1.5% de fibra de coco	M1	0.00963	4.198	26.265	22.067	2291.56	2291.67	-2.54 %
		M2	0.00963	4.198	26.267	22.069	2291.77		

B. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

Tabla 49. Peso Unitario del concreto en estado endurecido para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales

TIPO DE CONCRETO		EDAD (Dias)	MUESTRA	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	ALTURA (cm)	VOLUME N (m ³)	PESO DEL CONCRET O (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)	% VARIACIÓN
SIN ADICIONES	concreto patrón	28	M1	15.20	181.46	30.15	0.01	12.75	2330.48	2331.58	
			M2	15.25	182.65	30.20	0.01	12.81	2322.27		
			M3	15.18	180.86	30.15	0.01	12.78	2343.12		
			M4	15.28	183.25	30.00	0.01	12.81	2330.47		
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO	15 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	15.18	180.86	30.05	0.01	12.74	2343.56	2329.33	-0.10 %
			M2	15.13	179.67	30.15	0.01	12.72	2348.30		
			M3	15.24	182.30	30.17	0.01	12.73	2313.70		
			M4	15.25	182.65	30.15	0.01	12.73	2311.78		
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO	30 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	15.30	183.85	30.10	0.01	12.74	2302.85	2324.59	-0.30 %
			M2	15.23	182.06	30.20	0.01	12.76	2321.17		
			M3	15.10	179.08	30.25	0.01	12.76	2355.12		
			M4	15.28	183.25	30.00	0.01	12.75	2319.19		
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO	50 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	15.28	183.25	30.05	0.01	12.72	2309.88	2320.71	-0.47 %
			M2	15.25	182.65	30.15	0.01	12.69	2304.33		
			M3	15.18	180.86	30.20	0.01	12.71	2326.06		
			M4	15.10	179.08	30.30	0.01	12.71	2342.57		
ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO	80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	15.30	183.85	30.10	0.01	12.72	2298.16	2313.43	-0.78 %
			M2	15.25	182.65	30.20	0.01	12.71	2304.32		
			M3	15.10	179.08	30.20	0.01	12.71	2349.22		
			M4	15.30	183.85	30.00	0.01	12.70	2302.01		
ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO	100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	15.28	183.25	30.10	0.01	12.68	2299.34	2311.86	-0.85 %
			M2	15.35	185.06	30.05	0.01	12.69	2281.97		
			M3	15.08	178.49	30.25	0.01	12.64	2341.27		
			M4	15.20	181.46	30.00	0.01	12.66	2324.87		
ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO	120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	15.25	182.65	30.30	0.01	12.68	2291.84	2306.59	-1.07 %
			M2	15.15	180.27	30.10	0.01	12.67	2335.23		
			M3	15.15	180.27	30.20	0.01	12.48	2292.41		
			M4	15.10	179.08	30.20	0.01	12.48	2306.88		
ADICIÓN DE FIBRA DE COCO	0.5% de fibra de coco	28	M1	15.20	181.46	30.20	0.01	12.65	2308.38	2289.82	-1.79 %
			M2	15.25	182.65	30.30	0.01	12.58	2273.77		
			M3	15.25	182.65	30.20	0.01	12.59	2282.93		
			M4	15.20	181.46	30.30	0.01	12.61	2294.21		
ADICIÓN DE FIBRA DE COCO	1.0 % de fibra de coco	28	M1	15.20	181.46	30.30	0.01	12.63	2296.94	2272.33	-2.54 %
			M2	15.25	182.65	30.30	0.01	12.55	2267.63		
			M3	15.25	182.65	30.30	0.01	12.52	2261.30		
			M4	15.25	182.65	30.30	0.01	12.53	2263.47		
ADICIÓN DE FIBRA DE COCO	1.5% de fibra de coco	28	M1	15.25	182.65	30.40	0.01	12.51	2253.14	2254.76	-3.30 %
			M2	15.25	182.65	30.40	0.01	12.53	2256.93		
			M3	15.25	182.65	30.30	0.01	12.55	2266.72		
			M4	15.30	183.85	30.30	0.01	12.49	2242.24		

C. RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA EDAD DE 28 DÍAS

Tabla 50. Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 28 días

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
patrón	28	M1	15.10	15.30	15.20	181.46	40710.00	224.35	2
		M2	15.20	15.30	15.25	182.65	43190.00	236.46	2
		M3	15.15	15.20	15.18	180.86	41500.00	229.46	2
		M4	15.30	15.25	15.28	183.25	41000.00	223.73	3
							Resistencia Media	228.499	kg/cm ²
							Rango Muestral	12.724	kg/cm ²
							Varianza	26.048	
							Desviación Estándar	5.104	
							Coefficiente de Variación	2.234	%

Tabla 51. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de acero

SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 15 kg/m³

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
15 kg/m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	15.15	15.20	15.18	180.86	38340.00	211.98	2
		M2	15.15	15.10	15.13	179.67	39500.00	219.84	2
		M3	15.12	15.35	15.24	182.30	38000.00	208.45	2
		M4	15.20	15.30	15.25	182.65	37800.00	206.95	2
							Resistencia Media	211.808	kg/cm ²
							Rango Muestral	12.896	kg/cm ²
							Varianza	24.873	
							Desviación Estándar	4.987	
							Coefficiente de Variación	2.355	%

Tabla 52. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de acero

SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 30 kg/m³

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
30 kg/m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	15.20	15.40	15.30	183.85	36750.00	199.89	2
		M2	15.15	15.30	15.23	182.06	35000.00	192.25	2
		M3	15.05	15.15	15.10	179.08	36000.00	201.03	2
		M4	15.30	15.25	15.28	183.25	37800.00	206.27	2
							Resistencia Media	199.859	kg/cm ²
							Rango Muestral	14.023	kg/cm ²
							Varianza	25.102	
							Desviación Estándar	5.010	
							Coefficiente de Variación	2.507	%

Tabla 53. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de acero

SikaFiber® CHO 65/35 NB en la proporción de 50 kg/m³

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
50 kg/m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	15.35	15.20	15.28	183.25	33590.00	183.30	2
		M2	15.20	15.30	15.25	182.65	36000.00	197.09	2
		M3	15.10	15.25	15.18	180.86	35000.00	193.52	2
		M4	15.05	15.15	15.10	179.08	34600.00	193.21	2
Resistencia Media								191.780	kg/cm ²
Rango Muestral								13.796	kg/cm ²
Varianza								26.312	
Desviación Estándar								5.130	
Coeficiente de Variación								2.675	%

Tabla 54. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno

Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 80 g/bolsa de cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	15.20	15.40	15.3	183.85	38660.00	210.28	2
		M2	15.20	15.30	15.25	182.65	38910.00	213.03	2
		M3	15.10	15.10	15.1	179.08	40000.00	223.37	2
		M4	15.20	15.40	15.3	183.85	40000.00	217.56	3
Resistencia Media								216.058	kg/cm ²
Rango Muestral								13.090	kg/cm ²
Varianza								24.575	
Desviación Estándar								4.957	
Coeficiente de Variación								2.294	%

Tabla 55. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno –

Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 100 g/bolsa de cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	15.20	15.35	15.275	183.25	38730.00	211.35	2
		M2	15.30	15.40	15.35	185.06	36950.00	199.67	2
		M3	15.05	15.10	15.075	178.49	37500.00	210.10	2
		M4	15.20	15.20	15.2	181.46	36500.00	201.15	2
Resistencia Media								205.566	kg/cm ²
Rango Muestral								11.679	kg/cm ²
Varianza								27.071	
Desviación Estándar								5.203	
Coeficiente de Variación								2.531	%

Tabla 56. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 120 g/bolsa de cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	15.20	15.30	15.25	182.65	37660.00	206.18	2
		M2	15.20	15.10	15.15	180.27	36150.00	200.54	2
		M3	15.10	15.20	15.15	180.27	34500.00	191.38	2
		M4	15.00	15.20	15.10	179.08	34000.00	189.86	2
Resistencia Media								196.991	kg/cm ²
Rango Muestral								16.321	kg/cm ²
Varianza								44.833	
Desviación Estándar								6.696	
Coeficiente de Variación								3.399	%

Tabla 57. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 0.5 % del peso del cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
0.5 % de fibra de coco	28	M1	15.10	15.30	15.2	181.46	39730.00	218.95	3
		M2	15.20	15.30	15.25	182.65	37350.00	204.48	2
		M3	15.10	15.40	15.25	182.65	38500.00	210.78	2
		M4	15.20	15.20	15.2	181.46	38000.00	209.41	2
Resistencia Media								210.907	kg/cm ²
Rango Muestral								14.463	kg/cm ²
Varianza								27.038	
Desviación Estándar								5.200	
Coeficiente de Variación								2.465	%

Tabla 58. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1 % del peso del cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1.0 % de fibra de coco	28	M1	15.20	15.20	15.2	181.46	36380.00	200.49	2
		M2	15.20	15.30	15.25	182.65	37320.00	204.32	2
		M3	15.20	15.30	15.25	182.65	36500.00	199.83	3
		M4	15.20	15.30	15.25	182.65	36000.00	197.09	2
Resistencia Media								200.433	kg/cm ²
Rango Muestral								7.227	kg/cm ²
Varianza								6.657	
Desviación Estándar								2.580	
Coeficiente de Variación								1.287	%

Tabla 59. Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1.5 % del peso del cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA ÚLTIMA (kg)	F'C (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1.5 % de fibra de coco	28	M1	15.30	15.20	15.25	182.65	33650.00	184.23	3
		M2	15.30	15.20	15.25	182.65	32760.00	179.36	2
		M3	15.20	15.30	15.25	182.65	36000.00	197.09	2
		M4	15.30	15.30	15.30	183.85	35000.00	190.37	2
Resistencia Media								187.761	kg/cm ²
Rango Muestral								17.738	kg/cm ²
Varianza								44.259	
Desviación Estándar								6.653	
Coeficiente de Variación								3.543	%

D. RESISTENCIA A FLEXIÓN PARA EDAD DE 28 DÍAS

Tabla 60. Resistencia a la flexión del concreto patrón a la edad de 28 días

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	
patrón	28	M1	45	15.07	15.00	1240.00	16.46	
		M2	45	14.78	15.13	1600.00	21.28	
		M3	45	15.03	15.37	1780.00	22.56	
		M4	45	15.13	15.17	1800.00	23.26	
Resistencia Media							20.890	kg/cm ²
Rango Muestral							6.807	kg/cm ²
Varianza							7.057	
Desviación Estándar							2.657	
Coeficiente de Variación							12.717	%

Tabla 61. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de acero – SikaFiber®

CHO 65/35 NB en la proporción de 15 kg/m³

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	
15 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	45	15.20	15.23	1780.00	22.72	
		M2	45	15.23	15.07	1760.00	22.90	
		M3	45	15.30	15.27	1650.00	20.81	
		M4	45	15.20	15.57	1890.00	23.08	
Resistencia Media							22.378	kg/cm ²
Rango Muestral							2.268	kg/cm ²
Varianza							0.833	
Desviación Estándar							0.913	
Coeficiente de Variación							4.078	%

**Tabla 62. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de acero – SikaFiber®
CHO 65/35 NB en la proporción de 30 kg/m³**

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	
30 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	45	15.02	16.10	2200.00	25.43	
		M2	45	15.10	13.90	2020.00	31.16	
		M3	45	15.10	15.13	1980.00	25.78	
		M4	45	15.13	15.03	2240.00	29.49	
Resistencia Media							27.963	kg/cm ²
Rango Muestral							5.729	kg/cm ²
Varianza							5.937	
Desviación Estándar							2.437	
Coeficiente de Variación							8.713	%

**Tabla 63. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de acero – SikaFiber®
CHO 65/35 NB en la proporción de 50 kg/m³**

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	
50 kg /m ³ sikafiber cho 65/35nb	28	M1	45	15.17	15.05	2600.00	34.05	
		M2	45	15.22	15.07	3140.00	40.88	
		M3	45	15.20	15.57	2750.00	33.58	
		M4	45	15.17	15.17	2990.00	38.54	
Resistencia Media							36.764	kg/cm ²
Rango Muestral							7.296	kg/cm ²
Varianza							9.393	
Desviación Estándar							3.065	
Coeficiente de Variación							8.336	%

**Tabla 64. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno –
Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 80 g/bolsa de cemento**

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	
80 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	45	15.07	14.10	1940.00	29.14	
		M2	45	15.10	16.07	1760.00	20.31	
		M3	45	15.17	15.13	1920.00	24.88	
		M4	45	15.13	15.03	2120.00	27.91	
Resistencia Media							25.560	kg/cm ²
Rango Muestral							8.828	kg/cm ²
Varianza							11.589	
Desviación Estándar							3.404	
Coeficiente de Variación							13.319	%

Tabla 65. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 100 g/bolsa de cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Dias)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2)	
100 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	45	15.23	15.10	2140.00	27.73	
		M2	45	15.07	15.03	2000.00	26.44	
		M3	45	15.30	15.50	2220.00	27.18	
		M4	45	15.37	15.27	2240.00	28.13	
						Resistencia Media	27.368	kg/cm2
						Rango Muestral	1.689	kg/cm2
						Varianza	0.402	
						Desviación Estándar	0.634	
						Coefficiente de Variación	2.318	%

Tabla 66. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra de polipropileno – Sikacem®-1 Fiber en la proporción de 120 g/bolsa de cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Dias)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2)	
120 g/bolsa de cemento sikacem-1fiber	28	M1	45	15.27	15.17	2520.00	32.27	
		M2	45	15.30	15.27	2280.00	28.76	
		M3	45	15.20	15.57	2150.00	26.26	
		M4	45	15.17	15.17	2390.00	30.81	
						Resistencia Media	29.523	kg/cm2
						Rango Muestral	6.014	kg/cm2
						Varianza	5.113	
						Desviación Estándar	2.261	
						Coefficiente de Variación	7.659	%

Tabla 67. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 0.5 % del peso del cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Dias)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2)	
0.5 % de fibra de coco	28	M1	45	15.30	15.17	2200.00	28.12	
		M2	45	15.37	15.03	2020.00	26.18	
		M3	45	15.23	14.23	2060.00	30.06	
		M4	45	15.13	15.90	2340.00	27.53	
						Resistencia Media	27.971	kg/cm2
						Rango Muestral	3.879	kg/cm2
						Varianza	1.946	
						Desviación Estándar	1.395	
						Coefficiente de Variación	4.987	%

Tabla 68. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1 % del peso del cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	
1.0 % de fibra de coco	28	M1	45	15.17	14.97	2080.00	27.53	
		M2	45	15.30	15.47	2320.00	28.51	
		M3	45	15.30	15.30	2140.00	26.89	
		M4	45	15.13	15.03	2360.00	31.07	
Resistencia Media							28.501	kg/cm ²
Rango Muestral							4.184	kg/cm ²
Varianza							2.538	
Desviación Estándar							1.593	
Coeficiente de Variación							5.589	%

Tabla 69. Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de fibra natural de coco en la proporción 1.5 % del peso del cemento

DESCRIPCIÓN	EDAD (Días)	MUESTRA	LONGITUD ENTRE APOYOS "L" (cm)	ANCHO PROMEDIO "b" (cm)	ALTURA PROMEDIO "h" (cm)	CARGA ÚLTIMA "P" (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	
1.5 % de fibra de coco	28	M1	45	15.27	15.13	2080.00	26.78	
		M2	45	15.33	15.17	2340.00	29.85	
		M3	45	15.27	15.60	2480.00	30.03	
		M4	45	15.17	15.23	2200.00	28.14	
Resistencia Media							28.698	kg/cm ²
Rango Muestral							3.255	kg/cm ²
Varianza							1.777	
Desviación Estándar							1.333	
Coeficiente de Variación							4.645	%

ANEXO N° 04: CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO



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



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

Al Bach. PÉREZ ESPEJO REYNALDO JAVIER, Exalumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, que ha realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz” las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo Contenido de humedad
02	Ensayo Análisis granulométrico
03	Ensayo Peso unitario suelto y compactado
04	Ensayo Peso específico
05	Ensayo material más fino que pasa malla N° 200
06	Elaboración de especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos
07	Ensayo a compresión muestras cilíndricas
08	Ensayo a flexión muestras prismáticas

Para la Tesis Titulada: “COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA MECANICA DE UN COCNCRTO DE $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON ADICIONES DE FIBRA METÁLICAS, NO METÁLICAS Y NATURALES, USANDO AGREGADO DE LA CANTERA EL GAVILÁN EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”. Mencionadas actividades se desarrollaron del 21 de noviembre del 2023 al 24 de enero del 2024.

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

Cajamarca, 16 de febrero de 2024.

Atentamente:

c.c. a:
_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Mauro Centurión Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

ANEXO N° 05: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO PORTLAND TIPO I



Pacasmayo

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

Cemento Portland Tipo I

13 de enero de 2023

Periodo de despacho 01 de diciembre de 2022 - 31 de diciembre de 2022

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.0
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.5

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3960
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.10
Densidad (g/cm ³)	^	3.11
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	^	14.6
3 días	12.0 mín.	27.7
7 días	19.0 mín.	33.7
28 días *	28.0 mín.	42.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	145
Final	375 máx.	260

^ No especifica

* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de noviembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2020.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

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

CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”

Octubre 2023 V1



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland de uso general Tipo I. Gracias a su diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

ATRIBUTOS

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

PRESENTACIONES



Saco regular
42.5 kg



Ecosaco
42.5 kg



A granel



Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metrológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

- Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Aronalimpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.





¿QUÉ ES EL ECOSACO?

Bolsa que se disgrega con la acción de la piedra en mezclas de concreto.

BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

- El Ecosaco reducirá el riesgo de exposición al polvo del cemento al maestro ya que va directamente al trompo sin necesidad de abrir la bolsa cuando se ejecutan las mezclas de concreto.
- El Ecosaco genera cero desperdicios, con la acción de la piedra el empaque se disgrega en la mezcla de concreto.
- El Ecosaco mejora la productividad, ahorra en el tiempo de limpieza en obra y gestión de desechos de construcción.

CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

- AGREGA** la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el EcoSaco (sin abrir) directo a un trompo de al menos 340 litros.
- AÑADE** el total de los áridos: piedra (B) y arena (C) en el trompo, según el diseño de concreto.
- AJUSTA** la mezcla añadiendo el resto de la proporción de agua y asegura que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.
- MEZCLA** hasta tener un resultado homogéneo y con la fluidez buscada.

ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	500 a 700 Kg CO ₂ eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO ₂ eq
Alto	89% a 100%	801 Kg CO ₂ eq a más

***Tipo I** se encuentra en el rango alto en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.

*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el cumplimiento del Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

Empresa Certificadora:
 ICONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.



Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.



*Tipos de esquema de certificación

Esquema Tipo 5: Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **GBC PE**



Cemento Tipo I

Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS [®]
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.7
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	2.82
Alcalis equivalente	-	-	%	NTP 334.086	0.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.8
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS [®]
Finura					
Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4100
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.08
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	7
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	27.6 (4000)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	33.3 (4830)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	40.5 (5870)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	148
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	274
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.008

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
 O escanea el código QR:





HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® CHO 65/35 NB

Fibra de acero pegadas para refuerzo del concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero trafilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado [shotcrete] especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (L/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

USOS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado [shotcrete] reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero, dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto. En concretos pre-fabricados reforzados, en losas de pisos industriales (tráfico alto, medio y ligero) en losas y cicimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puentes, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete via húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

CERTIFICADOS / NORMAS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono, EN 14889-1

Hoja De Datos Del Producto
SikaFiber® CHO 65/35 NB
Febrero 2021, Versión 01.01
021409011000000015

 1020	
HIC Corporation 260-3, Jaingiae-ro, Hallin-myeon, Gimhae-si Gyeongsangnam, -do, Kore 11 th West, Side Road, Nan-Pu Developmen Area Tang Shan City, China	
13 1020-CPR-010023618	
EN 14889-1 Fibras de acero para uso estructural en hormigones (concreto), mortero y pastas. Grupo 1: Alambre estirado en frio Longitud: 35 mm Diámetro: 0.54 mm Forma: Deformado	
INFORMACIÓN DEL PRODUCTO Resistencia a la tracción: 1300 N/mm ²	
Empaques Paquetes con 19 kg/m ³ de fibras: tiempo de vida útil	Sacos de papel x 20 kg.
Vida Útil Efecto en la resistencia del hormigón (concreto): 19 kg/m ³ para obtener 1.5 N/mm ² a CMCD = 0.5 mm y 1 N/mm ² a CMCD = 3.3 mm.	No tiene caducidad mientras se respeten las condiciones de almacenamiento.
Condiciones de Almacenamiento	Los sacos de Sika® Fiber CHO 65/35 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
Dimensiones	LONGITUD: 35 mm con extremos conformados. DIÁMETRO DE LA FIBRA: 0.54 mm RELACIÓN LONGITUD/ DIÁMETRO: 65
INFORMACIÓN TÉCNICA	
Resistencia a la Tensión	RESISTENCIA A TRACCIÓN: Mínimo 1,300 MPa
Elongación de Rotura	ELONGACIÓN DE ROTURA: 4% máx.
Dosificación Recomendada	Normalmente entre 15 - 50 kg. de Sika® Fiber CHO 65/35 NB por m ³ de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.

Hoja De Datos Del Producto
 SikaFiber® CHO 65/35 NB
 Febrero 2021, Versión 01.05
 021408011000000019



NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

DOCUMENTOS ADICIONALES

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE

SikaFiber®CHO65/35NB :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

Hoja De Datos Del Producto
SikaFiber® CHO 65/35 NB
Febrero 2021, Versión 01.05
021408011000000019



INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Sika® Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

- En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurin, Lima
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto
SikaFiber® CHO 65/35 NB
Febrero 2021, Versión 01.05
021408011000000019

SikaFiberCHO6535NB-es-PE-(02-2021)-1-5.pdf





HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem®-1 Fiber

FIBRA SINTÉTICA PARA EL REFUERZO DE CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem®-1 Fiber, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros.
SikaCem®-1 Fiber está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.
Durante la mezcla SikaCem®-1 Fiber se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

USOS

- Losas de concreto (placas, pavimentos, veredas, techos, pisos, etc)
- Mortero y concreto proyectado (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

La adición de SikaCem®-1 Fiber sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- En mayor cuantía, mejora la resistencia a la tracción y a la comprensión.
- La acción del SikaCem®-1 Fiber es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

CERTIFICADOS / NORMAS

A los concretos a los que se agregado SikaCem®-1 Fiber cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Caja con 18 bolsas x 100 g
Apariencia / Color	Fibra color crema
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados. Densidad 1.17 kg/L

INFORMACIÓN TÉCNICA

Absorción de Agua	< 2%
Módulo de Elasticidad	15,000 kg/cm ²
Elongación de Rotura	26%

Hoja De Datos Del Producto
SikaCem®-1 Fiber
Junio 2019, Versión 01.01
021408031010000004

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Se agrega directamente a la mezcla de concreto o mortero. No disolver en el agua de amasado.

DOSIFICACIÓN

El SikaCem®-1 Fiber se empleará para todo tipo de concretos según:

- 1 bolsa x 100 g por cada bolsa de cemento de 42.5 Kg.

LIMITACIONES

SikaCem®-1 Fiber no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de SikaCem®-1 Fiber no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de SikaCem®-1 Fiber es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.



ANEXO N°08 PROCESAMIENTO DE LA FIBRA DE COCO

	<p>1. Corte del coco para obtener fibra</p>	<p>Se procede a cortar el coco para obtener su corteza</p>
	<p>2. Trituración de la fibra de coco</p>	<p>Se procede a triturar las cortezas de coco manualmente con un martillo de goma</p>
	<p>3. Secado de la fibra de coco</p>	<p>Se procede a secar la fibra de coco exponiéndolo al sol</p>
	<p>4. Tratamiento con cal</p>	<p>Se procede a tratar la fibra con cal, este proceso consiste en sumergir la fibra en una lechada de cal en la proporción de 10gr por cada litro de agua durante un periodo de 48 horas, el tratamiento con solución de cal limpia la fibra de impurezas propias del fruto, polvo, mugre y del ataque de agentes microbiológicos</p>
	<p>5. Enjuague de la fibra de coco</p>	<p>Se enjuaga la fibra varias veces utilizando abundante agua hasta que la fibra quede limpia de la lechada</p>
	<p>6. Secado de la fibra</p>	<p>Se procede a secar la fibra secada</p>
	<p>7. Corte de la fibra a la longitud deseada</p>	<p>Se realiza corte de 5cm de longitud a la fibra de coco</p>

ANEXO N°09 PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 14. Acopio de agregados en la cantera El Gavilán



Figura 15. Granulometría de los agregados



Figura 16. Peso unitario del agregado fino

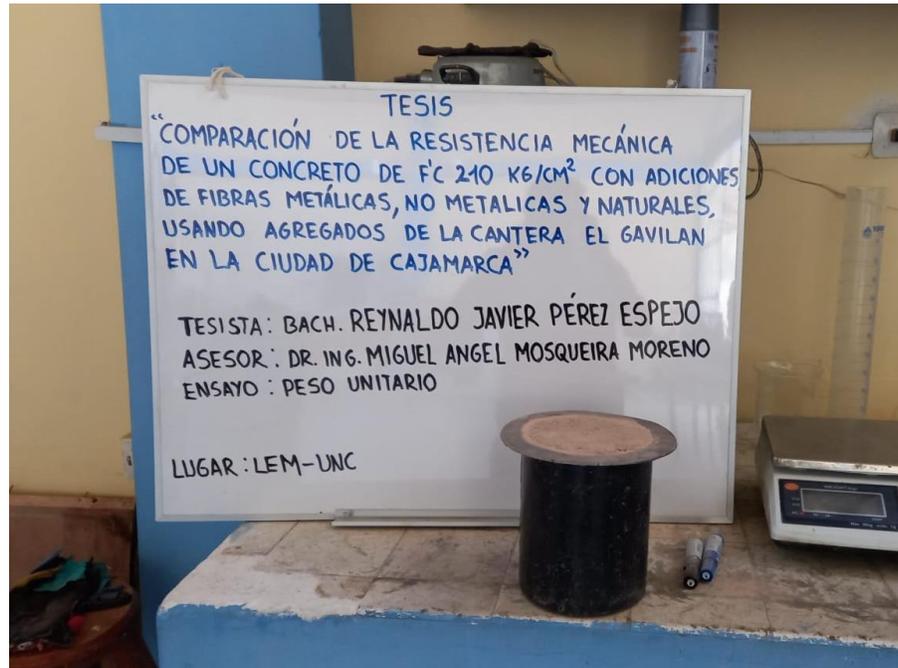


Figura 17. Peso unitario del agregado grueso

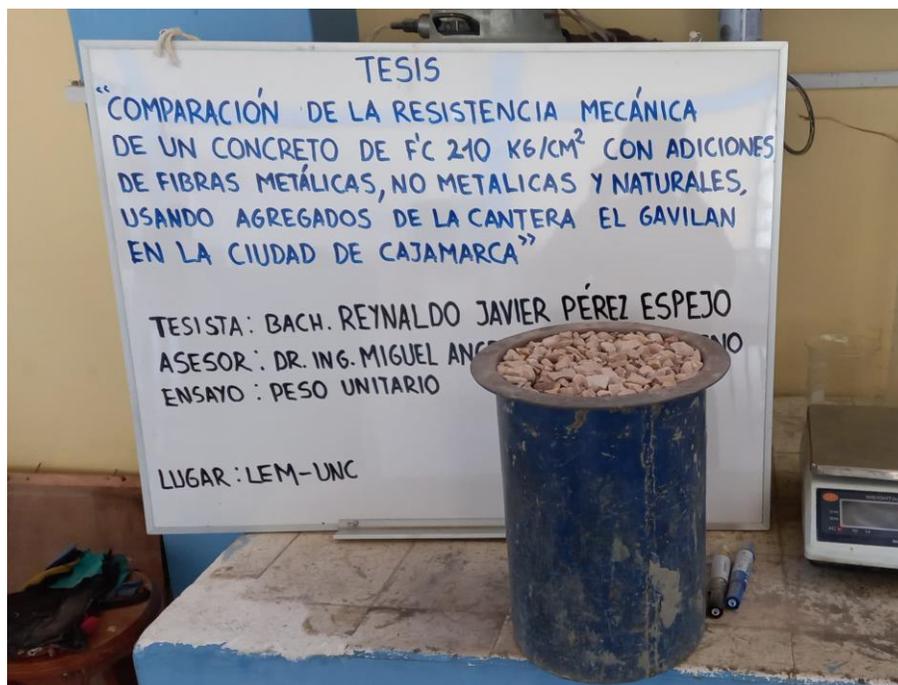


Figura 18. Peso específico del agregado grueso



Figura 19. Peso específico del agregado fino



Figura 20. Ensayo de humedad de los agregados



Figura 21. Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (N° 200) por lavado en agregados



Figura 22. Ensayo a compresión de probetas de prueba



Figura 23. Fibra de coco utilizada



Figura 24. Fibra de Polipropileno utilizada



Figura 25. Fibra de acero utilizada



Figura 26. Elaboración de probetas de concreto



Figura 27. Ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco



Figura 28. Ensayo de asentamiento del concreto



Figura 29. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto



Figura 30. Ensayo de resistencia a la flexión del concreto



Figura 31. Procesamiento para la obtención de la fibra de coco

