

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INCIDENCIA DE LAS FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN
CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN**

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

AUTOR:

Bach. NINAHUANCA ESPINOZA, WILMER ANIBAL.

ASESOR:

ING. RANDO PORRAS OLARTE.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

HUANCAYO – PERÚ

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
DECANO

Ing. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
JURADO

Ing. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO

Ing. LIDIA BENIGNA LARRAZABAL SANCHEZ
JURADO

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

ASESOR

Ing. RANDO PORRAS OLARTE

DEDICATORIA

A mi madre con todo mi cariño por guiarme en el proceso de mi carrera y por brindarme todo su apoyo incondicional para poder cumplir cada uno de mis objetivos profesionales y ser mejor persona cada día. Sin ella no lo habría logrado. Por ello este trabajo es símbolo de tu amor y paciencia madre mía.

Bach. Ninahuanca Espinoza, Wilmer Anibal

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Rando Porras Olarte asesor de esta investigación por brindarme sus conocimientos y experiencias para el desarrollo de esta tesis.

A la Universidad Peruana Los Andes por formarme como profesional de vocación con valores éticos y morales.

Por último, a cada uno de los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, los cuales me brindaron sus conocimientos a lo largo de toda mi formación académica-profesional.

Bach. Ninahuanca Espinoza, Wilmer Anibal

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0083 - FI -2023

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulada:

INCIDENCIA DE LAS FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **BACH. NINAHUANCA ESPINOZA WILMER ANIBAL**
 Facultad : **INGENIERÍA**
 Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**
 Asesor(a) : **ING. RANDO PORRAS OLARTE**

Fue analizado con fecha **21/11/2023**; con **205 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

X
x
X

El documento presenta un porcentaje de similitud de **18 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 21 de Noviembre de 2023.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

ÍNDICE

ÍNDICE.....	vii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento de problema.....	3
1.2. Formulación del problema	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos	6
1.3. Justificación.....	6
1.3.1. Social o Practica.....	6
1.3.2. Científica o Teórica.....	6
1.3.3. Metodológica	7
1.4. Delimitaciones.....	7
1.4.1. Espacial.....	7
1.4.2. Temporal.....	7
1.4.3. Económica.....	7
1.5. Limitaciones	7
1.6. Objetivos	7
1.6.1. Objetivo general.....	7
1.6.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales).....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	9
2.1.2. Nacionales.....	14
2.2. Marco conceptual	19
2.2.1. Concreto reforzado con fibras.....	19
2.2.1.1. Concreto reforzado con fibras en la antigüedad.....	19
2.2.1.2. El concreto reforzado con fibras	20
2.2.1.3. Características del concreto reforzado con fibras	23
2.2.1.4. Clasificación de las fibras para el refuerzo del concreto	23
2.2.2. Las fibras de acero	25
2.2.2.1. Concreto reforzado con fibras en la antigüedad.....	25
2.2.2.2. Clasificación de las fibras de acero.....	26

2.2.2.3.	Propiedades de las fibras de acero y su efecto en el concreto.....	27
2.2.2.4.	Ventajas y desventajas el concreto reforzado con fibras de acero.....	28
2.2.3.	Las fibras de polipropileno	29
2.2.3.1.	Concepto de las fibras de polipropileno.....	29
2.2.3.2.	Influencia de las fibras de polipropileno en el concreto	30
2.2.3.3.	Clasificación de las fibras de polipropileno.....	30
2.2.3.4.	Procedencia y selección de las fibras de polipropileno.....	32
2.2.3.5.	Propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polipropileno.....	33
2.2.4.	Normas referentes al concreto reforzado con fibras	33
2.2.5.	Climas Fríos.....	34
2.2.5.1.	Definición de clima frío.....	34
2.2.5.2.	Temperatura mínima.....	35
2.2.5.3.	Helada	35
2.2.5.4.	El clima frío en Perú	36
2.2.5.5.	El clima frío en la región Junín.....	37
2.2.6.	Concreto en climas fríos	39
2.2.6.1.	Mecanismos físicos y químicos de deterioro del concreto	39
2.2.6.2.	Ciclos de congelamiento en el concreto.....	41
2.2.6.3.	Presión hidráulica.....	42
2.2.6.4.	Factores que afectan a la resistencia del concreto frente al congelamiento.....	42
2.2.7.	Normas referentes a concreto en climas fríos	43
2.2.8.	Propiedades mecánicas del concreto.....	45
2.2.8.1.	Resistencia a la compresión del concreto	45
2.2.8.2.	Resistencia a la tracción del concreto	46
2.2.8.3.	Resistencia a flexión del concreto.....	47
2.2.9.	Propiedades físicas del concreto	49
2.2.9.1.	Trabajabilidad	49
2.2.9.2.	Consistencia	50
2.2.9.3.	Temperatura	50
2.2.9.4.	Peso unitario fresco.....	50
2.2.9.5.	Contenido de aire	51
2.3.	Definición de términos.....	51
2.4.	Hipótesis.....	51
2.4.1.	Hipótesis general.....	51
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	52
2.5.	Variables	52
2.5.1.	Definición conceptual de la variable.....	52

2.5.2.	Definición operacional de la variable	52
2.5.3.	Operacionalización de la variable.....	53
CAPÍTULO III		54
METODOLOGÍA.....		54
3.1.	Método de investigación	54
3.2.	Tipo de investigación.....	54
3.3.	Nivel de investigación.....	54
3.4.	Diseño de la investigación	55
3.5.	Población y muestra	56
3.5.1.	Población.....	56
3.5.2.	Muestra	56
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos.....	57
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos	57
3.7.	Procesamiento de la información.....	58
3.7.1.	Ubicación geográfica.....	58
3.7.2.	Ubicación de la cantera.....	59
3.7.3.	Ensayos de laboratorio.....	59
3.7.3.1.	Muestreo de agregados.....	59
3.7.3.2.	Reducción de las muestras para ensayos.....	60
3.7.3.3.	Granulometría	62
3.7.3.4.	Peso unitario.....	64
3.7.3.5.	Peso específico y absorción del agregado grueso	66
3.7.3.6.	Peso específico y absorción del agregado fino	69
3.7.3.7.	Contenido de humedad.....	71
3.7.4.	Fibras híbridas en el concreto	72
3.7.4.1.	Fibra Z de Polipropileno	72
3.7.4.2.	Fibra Metálica Z 80/60.....	73
3.7.5.	Diseño de mezclas: Método módulo de fineza de la combinación de agregados	74
3.7.6.	Preparación de la mezcla.....	75
3.7.7.	Consistencia del concreto.....	77
3.7.8.	Contenido de aire	78
3.7.9.	Elaboración de especímenes de concreto.....	80
3.7.10.	Curado de los especímenes de concreto.....	82
3.7.11.	Propiedades físico – mecánicas del concreto.....	87
3.7.11.1.	Peso Unitario del concreto fresco	87
3.7.11.2.	Peso Unitario del concreto endurecido	88

3.7.11.3. Resistencia a compresión.....	88
3.7.11.4. Resistencia a flexión.....	90
3.7.11.5. Resistencia a tracción por compresión diametral.....	91
3.8. Técnicas y análisis de datos	94
CAPÍTULO IV	95
RESULTADOS	95
4.1. Propiedades físicas de los agregados	95
4.2. Diseño de mezcla	97
4.3. Ensayos del concreto en estado fresco.....	100
4.3.1. Asentamiento del concreto fresco con el Cono de Abrams	100
4.3.2. Contenido de aire	101
4.3.3. Peso Unitario del concreto en estado fresco	102
4.4. Ensayos del concreto en estado endurecido.....	103
4.4.1. Resultados del ensayo a compresión.....	103
4.4.2. Resultados del ensayo a tracción	113
4.4.3. Resultados del ensayo a flexión.....	122
4.5. Contrastación de la hipótesis.....	131
4.5.1. Prueba de normalidad para los datos.....	131
4.5.2. Contrastación de la hipótesis general.....	133
4.5.3. Contrastación de la hipótesis específica A.....	134
4.5.4. Contrastación de la hipótesis específica B.....	135
4.5.5. Contrastación de la hipótesis específica C.....	136
CAPÍTULO V.....	138
DISCUSION DE RESULTADOS.....	138
CONCLUSIONES	142
RECOMENDACIONES	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
ANEXOS	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las Fibras	25
Tabla 2. Propiedades Técnicas de las Fibras de Polipropileno.....	29
Tabla 3. Longitud de Fibra Según el Tamaño Nominal del Agregado.....	32
Tabla 4. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Fibra “Fibra Z de polipropileno”.....	33
Tabla 5. Contenido de aire.....	44
Tabla 6. Diametros en probetas de ensayo según NTP 339.034	45
Tabla 7. Edad y tolerancia de ensayo NTP 339.039.....	46
Tabla 8. Relacion longitud/diámetro	46
Tabla 9. Valores para medir el asentamiento y la trabajabilidad del concreto en estado fresco	50
Tabla 10. Operacionalización de Variables.....	53
Tabla 11. Distribución de la muestra en curado en clima frio.....	56
Tabla 12. Distribucion de la muestra en curado convencional.....	57
Tabla 13. Cantidad de la muestra	60
Tabla 14. Propiedades Físicas de la Fibra Metálica Z 80/60.....	74
Tabla 15. Temperatura Máxima Media Mensual	84
Tabla 16. Temperatura Mínima Media Mensual.....	84
Tabla 17. Relación de la Edad de Ensayo y Tolerancia Permisible	88
Tabla 18. Coeficiente de variación y grado de control.....	94
Tabla 19. Resumen de la propiedades del agregado fino	96
Tabla 20. Resumen de la propiedades del agregado grueso.....	96
Tabla 21. Diseño de concreto patrón.....	98
Tabla 22. Diseño de concreto con fibra de acero 0.2% + polipropileno 0.02%.....	98
Tabla 23. Diseño de concreto con fibra de acero 0.4% + polipropileno 0.04%	99
Tabla 24. Diseño de concreto con fibra de acero 0.6% + polipropileno 0.06%	99
Tabla 25. Asentamiento de las mezclas.....	100
Tabla 26. Peso unitario del concreto en estado fresco.....	102
Tabla 27. Resistencia a compresión a edad de 7 días en curado convencional a 15C°	104
Tabla 28. Resistencia a compresión a la edad de 7 días en curado en congelamiento a -5C°	105
Tabla 29. Resistencia a compresión a la edad de 14 días en curado convencional a 15C°	106

Tabla 30. Resistencia a compresión a la edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C	107
Tabla 31. Resistencia a compresión a la edad de 28 días en curado convencional a 15°C .	108
Tabla 32. Resistencia a compresión a la edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C	109
Tabla 33. Resistencia a la tracción a la edad de 7 días en curado convencional a 15°C ..	114
Tabla 34. Resistencia a la tracción a la edad de 7 días en curado en congelamiento a -5°C	115
Tabla 35. Resistencia a la tracción a la edad de 14 días en curado convencional a 15°C .	115
Tabla 36. Resistencia a la tracción a la edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C	117
Tabla 37. Resistencia a la tracción a la edad de 28 días en curado convencional a 15°C .	118
Tabla 38. Resistencia a la tracción a la edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C	119
Tabla 39. Relacion entre m_r y $f^{\circ}c$	124
Tabla 40. Resistencia a la flexión a la edad de 7 días en curado convencional a 15°C	123
Tabla 41. Resistencia a la flexión a la edad de 7 días en curado en congelamiento a -5°C	124
Tabla 42. Resistencia a la flexión a la edad de 14 días en curado en convencional a 15°C	125
Tabla 43. Resistencia a la flexión a la edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C	126
Tabla 44. Resistencia a la flexión a la edad de 28 días en curado en convencional a 15°C	127
Tabla 45. Resistencia a la flexión a la edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C	128
Tabla 46. Valores de coeficientes de Pearson	131
Tabla 47. Prueba de normalidad para los datos.....	132
Tabla 48. Cálculo del valor del coeficiente de Pearson para las propiedades mecánicas del concreto a la edad de 28 días.....	133
Tabla 49. Cálculo del valor de significancia para la resistencia a la compresión a la edad de 28 días.....	134
Tabla 50. Cálculo del valor de significancia para la resistencia a la tracción diametral a la edad de 28 días	135
Tabla 51. Cálculo del valor de significancia para la resistencia a la flexión.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Propagacion del Frio Artico.....	3
Figura 2. Mapa de regiones altamente susceptibles a descensos de temperaturas entre los meses de julio a setiembre.....	4
Figura 3. Mapa de temperatura mínima extrema del percentil 10 – Mes de julio.....	5
Figura 4. Esquema de Concentraciones de Tensiones del concreto con y sin el refuerzo de fibras.....	21
Figura 5. Ensayo de Flexión de un elemento fibroreforzado	21
Figura 6. Clasificación de las Fibras	24
Figura 7. Ejemplo de Fibra Metálica con Anclaje en las Extremidades.....	26
Figura 8. Ejemplo de las Diferentes Formas de las Fibras Metálicas.....	27
Figura 9. Tipos de Fibras Metálicas Según su Sección transversal.....	27
Figura 10. Microfibras y macrofibras de polipropileno	30
Figura 11. Tipos de fibras de polipropileno	31
Figura 12. Temperatura Mínima Percentil a Nivel Nacional	36
Figura 13. Mapa de altitud – Zona de heladas del departamento de Junín.....	37
Figura 14. Mapa de temperatura mínima extrema - Mes de julio	38
Figura 15. Frecuencia de heladas – Mes de julio	39
Figura 16. Mecanismos Físicos y Químicos de Deterioro del Concreto.....	40
Figura 17. Ubicación Geográfica a Nivel Departamental de la Investigación.....	58
Figura 18. Ubicación Geográfica a Nivel Provincial de la Investigación	58
Figura 19. Ubicación de la Cantera Roca Fuerte.....	59
Figura 20. Cuarteo del Agregado Fino según la NTP 400.043	61
Figura 21. Cuarteo del Agregado Grueso según la NTP 400.043	62
Figura 22. Secado del agregado grueso y fino según el procedimiento de la norma NTP 400.012	63
Figura 23. Tamizado del agregado fino según la norma NTP 400.012.....	63
Figura 24. Apisonado de agregado fino según norma NTP 400.017	65
Figura 25. Enrasado de agregado fino según norma NTP 400.017.....	66
Figura 26. Secado del agregado grueso para el ensayo de absorción de agregados según la norma NTP 400.021	68
Figura 27. Peso de la muestra de agregado grueso sumergido según la norma NTP 400.021	68

Figura 28. Arena en condición saturada superficialmente seca realizada según norma NTP 400.022	70
Figura 29. Ensayo de peso específico del agregado fino según la norma NTP 400.022.....	70
Figura 30. Presentación de la Fibra Z de polipropileno	73
Figura 31. Fibra metálica Z 80/60 de Z aditivos	74
Figura 32. Adición del aditivo Aircon Z a la mezcla de concreto.....	76
Figura 33. Adición de la fibra híbrida en dosificación de 0.2% de fibra de acero + 0.02% de fibra de polipropileno	76
Figura 34. Adición del agregado grueso y fino durante la preparación de la mezcla de concreto	77
Figura 35. Presencia de las fibras híbridas en el concreto.....	78
Figura 36. Asentamiento de la mezcla en fresco de acuerdo a procedimiento de la NTP 339.035	78
Figura 37. Obtención del contenido de aire según la NTP 339.080.....	80
Figura 38. Elaboración de los especímenes de cilíndricos de concreto patrón según la norma NTP 339.023.....	81
Figura 39. Elaboración de especímenes prismáticos de concreto con adición de las fibras híbridas	82
Figura 40. Congeladora de 410 litros de capacidad.....	82
Figura 41. Desmoldado de especímenes de concreto patrón según la NTP 339.023	83
Figura 42. Colocación en la congeladora de las muestras de concreto reforzados con la adición de las fibras híbridas	85
Figura 43. Termómetro digital Boeco - HTC-8.....	86
Figura 44. Especímenes cilíndricos reforzados con fibra híbrida en curado en congelamiento a -5°C.....	86
Figura 45. Especímenes cilíndricos reforzados con la adición de la fibra híbrida en curado en convencional	87
Figura 46. Ensayo a compresión de las muestras cilíndricas de concreto patrón a edad de 28 días según la NTP 339.034	89
Figura 47. Rotura de las muestras de concreto con la adición de la fibra híbrida según el procedimiento de la NTP 339.034.....	90
Figura 48. Ensayo de resistencia a flexión del espécimen reforzado con la fibra híbrida a edad de 28 días según la ASTM C78	91
Figura 49. Ensayo a tracción diametral del espécimen reforzado según la NTP 339.084 ..	92
Figura 50. Falla después del ensayo a tracción diametral del espécimen reforzado con las fibras híbridas	93
Figura 51. Curva granulométrica del agregado grueso.....	95

Figura 52. Curva granulométrica del agregado fino.....	96
Figura 53. Grafica de asentamiento de las mezclas.....	101
Figura 54. Peso unitario del concreto en estado fresco	103
Figura 55. Resistencia a compresión simple a edad de 7 días en curado a 15°C	104
Figura 56. Comparación de resistencias a compresión en curado convencional a 15°C Resistencia a compresión simple a edad de 7 días en curado a -5°C	105
Figura 57. Resistencia a compresión simple a edad de 14 días en curado a 15°C	106
Figura 58. Resistencia a compresión simple a edad de 14 días en curado a -5°C.....	107
Figura 59. Resistencia a compresión simple a edad de 28 días en curado a 15°C	108
Figura 60. Resistencia a compresión simple a edad de 28 días en curado a -5°C.....	109
Figura 61. Comparación de resistencia a compresión simple a la edad de 7 días	110
Figura 62. Comparación de resistencia a compresión simple a la edad de 14 días	110
Figura 63. Comparación de resistencia a compresión simple a la edad de 28 días	111
Figura 64. Curva de Resistencia a compresión simple vs. Edad del concreto en curado convencional a 15°C.....	112
Figura 65. Curva de Resistencia a compresión simple vs. Edad del concreto en curado convencional a -5°C	113
Figura 66. Resistencia a tracción a edad de 7 días en curado convencional a 15°C	114
Figura 67. Resistencia a tracción a edad de 7 días en curado en congelamiento a -5°C...	115
Figura 68. Resistencia a tracción a edad de 14 días en curado convencional a 15°C	116
Figura 69. Resistencia a tracción a edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C.	117
Figura 70. Resistencia a tracción a edad de 28 días en curado convencional a 15°C.	118
Figura 71. Resistencia a tracción a edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C.	119
Figura 72. Comparación de resultados a tracción diametral a edad de 7 días	120
Figura 73. Comparación de resultados a tracción diametral a edad de 14 días	120
Figura 74. Comparación de resultados a tracción diametral a edad de 28 días	121
Figura 75. Ensayo a Resistencia a la flexión de la viga con carga en los tercios	122
Figura 76. Resistencia a la flexión a edad de 7 días en curado a 15°C	123
Figura 77. Resistencia a la flexión a edad de 7 días en curado a -5°C.....	124
Figura 78. Resistencia a la flexión a edad de 14 días en curado a 15°C	125
Figura 79. Resistencia a la flexión a edad de 14 días en curado a -5°C.....	126
Figura 80. Resistencia a la flexión a edad de 28 días en curado a 15°C	127
Figura 81. Resistencia a la flexión a edad de 28 días en curado a -5°C.....	128
Figura 82. Comparación de resultados a flexión a edad de 7 días.....	129

Figura 83. Comparación de resultados a flexión a edad de 14 días.....	129
Figura 84. Comparación de resultados a flexión a edad de 28 días.....	130

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Densidad aparente.....	26
Ecuacion 2. Diámetro equivalente.....	26
Ecuacion 3. Factor de durabilidad.....	44
Ecuacion 4. Resistencia a la tracción del concreto.....	48
Ecuacion 5. Razón de carga.....	49
Ecuacion 6. Módulo de rotura fuera del tercio central.....	49
Ecuacion 7. Módulo de rotura fuera del tercio central.....	50
Ecuacion 8. Formula para determinar el peso unitario compactado o suelto del agregado.	67
Ecuacion 9. Peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado grueso (P _{esss}).....	68
Ecuacion 10. Absorción del agregado grueso (A _b).....	69
Ecuacion 11. Peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado fino (P _{eSSS}).....	72
Ecuacion 12. Absorción del agregado fino (A _b).....	72
Ecuacion 13. Contenido de humedad (P).....	73
Ecuacion 14. Peso unitario del concreto fresco (P _{uc}).....	88
Ecuacion 15. Modulo de rotura.....	92
Ecuacion 16. Resistencia a la tracción indirecta.....	94
Ecuacion 17. Resistencia promedio.....	95
Ecuacion 18. Desviación estándar.....	95
Ecuacion 19. Coeficiente de variación.....	95

RESUMEN

La presente investigación considero como problema general: ¿Cuál es la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín?, el objetivo general fue: Determinar la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín, la hipótesis general fue: La adición de las fibras híbridas al concreto de $f'c=280$ kg/cm² incide en las resistencias obtenidas de las propiedades mecánicas analizadas, mejorando los resultados cuando son sometidas a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín. Para su desarrollo, el método de investigación empleado fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación explicativa y el diseño de investigación fue cuasi-experimental; la población fue conformada por 4 dosificaciones de concreto con la adición de las fibras híbridas, la muestra fue de tipo censal en donde se eligió el 100% de la población que consta de 216 especímenes de concreto. A partir de ello se procedió con la ejecución de los ensayos de laboratorio y después de los 28 días se determinó que la proporción de 0.04% mas 0.4% de las fibras de polipropileno y acero respectivamente arrojan valores de resistencia a la compresión de 368.37 kg/cm² en curado convencional y 357.74 kg/cm² en curado en temperatura de clima frío; para la resistencia a la tracción diametral la combinación de 0.04% mas 0.4% de las fibras dan valores de 35.01 kg/cm² en curado convencional y 34.08 kg/cm² en curado en temperatura de clima frío y para la resistencia a la flexión valores de 48.31 kg/cm² en curado convencional y 46.74 kg/cm² en curado en temperatura de clima frío con la misma dosificación. Finalmente, se concluye que la adición de la fibra híbrida de acero y polipropileno al concreto de $f'c=280$ kg/cm² en dosificación de 0.4% y 0.04% respectivamente en relación al volumen total de la mezcla, incide significativamente ocasionando en las propiedades mecánicas incrementos del 20.26% a compresión simple, 57.56% a tracción diametral y 42.41% a flexión, cuando son comparadas con las muestras de concreto patrón en curado en clima frío de la provincia de Junín a una temperatura de -5°C. Por ello, se recomienda optar por la adición de las fibras híbridas en dosificación de 0.4% de la fibra de acero + 0.04% de la fibra de polipropileno, para mejorar el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'c= 280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín.

Palabras claves: Fibras híbridas, Clima frío, propiedades mecánicas del concreto.

ABSTRACT

The present investigation considers as a general problem: What is the incidence of hybrid fibers on the mechanical properties of concrete $f'_c=280$ kg/cm² in a cold climate in the province of Junín? The general objective was: Determine the incidence of hybrid fibers on the mechanical properties of concrete $f'_c=280$ kg/cm² in a cold climate in the province of Junín, the general hypothesis was: The addition of hybrid fibers to concrete of $f'_c=280$ kg/cm² affects the resistances obtained from the mechanical properties analyzed, improving the results when they are subjected to curing at the temperature of the cold climate of the province of Junín. For its development, the research method used was scientific, the type of research was applied, the level of explanatory research and the research design was quasi-experimental; The population was made up of 4 concrete dosages with the addition of hybrid fibers, the sample was census type where 100% of the population was chosen, consisting of 216 concrete specimens. From this, the laboratory tests were carried out and after 28 days it was determined that the proportion of 0.04% plus 0.4% of the polypropylene and steel fibers respectively gave compressive strength values of 368.37 kg/cm² in conventional curing and 357.74 kg/cm² in cold climate temperature curing; For the diametral tensile strength, the combination of 0.04% plus 0.4% of the fibers give values of 35.01 kg/cm² in conventional curing and 34.08 kg/cm² in cold climate temperature curing, and for the flexural strength values of 48.31 kg/cm² in conventional curing and 46.74 kg/cm² in cold climate temperature curing with the same dosage. Finally, it is concluded that the addition of the hybrid steel and polypropylene fiber to the concrete of $f'_c=280$ kg/cm² in a dosage of 0.4% and 0.04% respectively in relation to the total volume of the mixture, significantly affects the properties. mechanical increases of 20.26% in simple compression, 57.56% in diametral tension and 42.41% in flexion, when compared with the standard concrete samples cured in cold weather from the province of Junín at a temperature of -5°C. Therefore, it is recommended to opt for the addition of hybrid fibers in a dosage of 0.4% of the steel fiber + 0.04% of the polypropylene fiber, to improve the behavior of the mechanical properties of the concrete $f'_c= 280$ kg/cm² in the cold climate of the province of Junín.

Keywords: Hybrid fibers, Cold weather, mechanical properties of concrete.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Junín, debido a su ubicación geográfica, los efectos a causa del proceso de congelamiento y deshielo en las estructuras de concreto de las diversas infraestructuras resultan perjudiciales. Esto conlleva a que no se cumpla con el tiempo de vida útil y menos con el objetivo para el cual fueron diseñadas. Por lo tanto, es necesaria la elección de una metodología que pueda contrarrestar los efectos del clima en los elementos de concreto en esta parte de la sierra. Esta metodología no solo debe tomar en cuenta la resistencia de dicho elemento, sino también la durabilidad ante agentes externos a los que pueda estar sometido durante toda la etapa de su vida útil. Por ello, la importancia de esta investigación es proporcionar conocimientos que puedan mejorar las propiedades mecánicas del concreto ante los efectos del clima frío de la provincia de Junín al añadirle un compuesto híbrido a su composición.

El concreto reforzado con la adición de las fibras híbridas de polipropileno y acero resulta ser una opción novedosa e interesante, ya que, al ser añadidas al concreto, estas combinan sus ventajas más importantes. La fibra de acero mejora la resistencia y la ductilidad del concreto, y la fibra de polipropileno mejora la resistencia al agrietamiento y la durabilidad. Es por este motivo que la metodología del sistema híbrido ofrece una mayor capacidad de carga y resistencia a la fractura.

En ese sentido, este trabajo tiene como problema general la siguiente interrogante: ¿Cuál es la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín?, por lo que se pudo plantear el objetivo general que busca determinar la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín.

La siguiente investigación consta de 6 capítulos:

Capítulo I: Trata sobre el planteamiento del problema, enfatizando en la exposición del estado situacional y real del problema, y seguidamente se delimita y formula el problema y finalmente se justifican y plantean los objetivos de la pesquisa.

El capítulo II: Comprende el marco teórico con la relevancia de las bases y argumentos de las teorías científicas que soportan el proyecto de tesis y el marco conceptual. En ello se abordan los antecedentes, las bases teóricas o científicas y el marco conceptual. Además, se exponen las hipótesis, la definición conceptual y la operacionalización de las variables tanto dependientes como independientes.

El capítulo III: Desarrolla el aspecto metodológico de la investigación. Detallando el método, tipo, nivel y diseño de la investigación y acompañando los procesos de técnicas e instrumentos de recolección, procesamiento y análisis de datos, hasta terminar con los aspectos éticos de la investigación.

En el capítulo IV: Se presentan los resultados obtenidos en función de los problemas y objetivos de la investigación.

En el capítulo V: Se muestra la discusión de resultados, para así determinar la aceptación o negación de la hipótesis planteada.

Finalmente, se exponen las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas (revistas, periódicos y páginas web, etc.) y anexos correspondientes.

Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento de problema

Esta parte del capítulo está destinada a explicar el escenario del clima frío desde un enfoque nacional e internacional y su efecto en la capacidad portante del concreto. Esto es de suma importancia ya que existen países en todo el mundo, como es el caso de la ciudad de Chicago en Estados Unidos, en donde producto del fenómeno de la ola de frío ártico la temperatura pudo descender hasta los -32°C como se presenta en la figura N° 01 (BBC News Mundo, 2019).

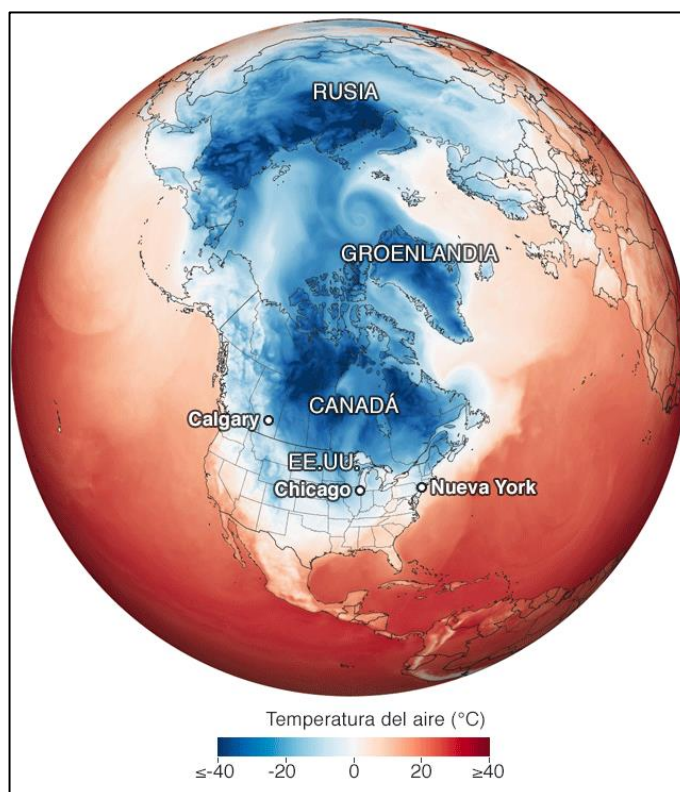


Figura 1.1. Propagación del Frio Ártico, por Revista BBC News Mundo, 2019.

Al igual que otros países ubicados en el Norte de América y en el mundo, el Perú también no está ajeno a los efectos de las bajas temperaturas que inician durante la estación de otoño, comprendida entre los meses de junio, julio y agosto de cada año.

La aparición de las heladas y friajes es una consecuencia producto de las bajas temperaturas. Es por ello que el CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, como parte de sus competencias, elaboró el reporte del escenario de riesgo de bajas temperaturas para los meses de julio-setiembre del 2023. En este documento se puede apreciar el mapa de regiones del Perú que son altamente susceptibles a sufrir los efectos de las bajas temperaturas, con valores de entre -5°C a -15°C (CENEPRED, 2023).

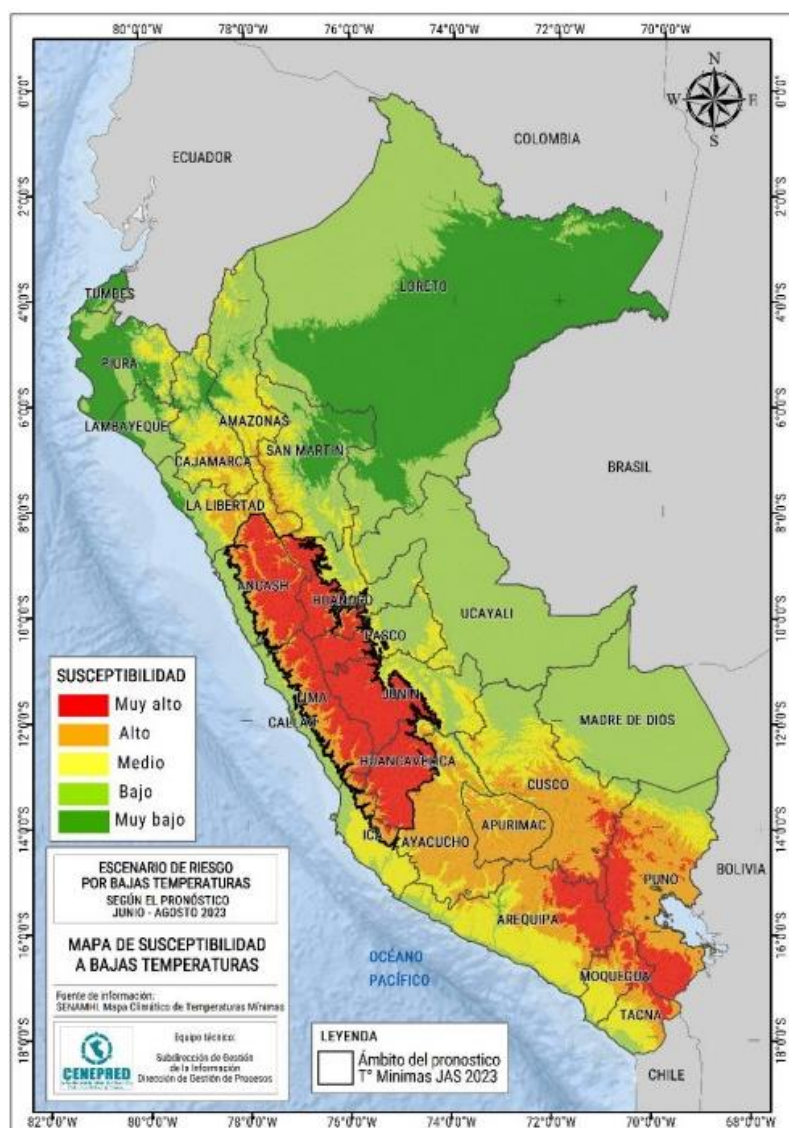


Figura 1.2. Mapa de regiones altamente susceptibles a descensos de temperaturas entre los meses de julio a setiembre, por CENEPRED, 2023.

Con respecto al departamento de Junín, el CENEPRED con información proporcionada por el SENAMHI Junín, nos indica a través del mapa en el gráfico N°03 el rango de temperatura mínima que fueron registradas en sus diferentes provincias en el mes de julio del 2022, en donde se puede observar que en la provincia de Junín las temperaturas registradas oscilaron entre -4°C a mayores de -8°C (CENEPRED, 2022).

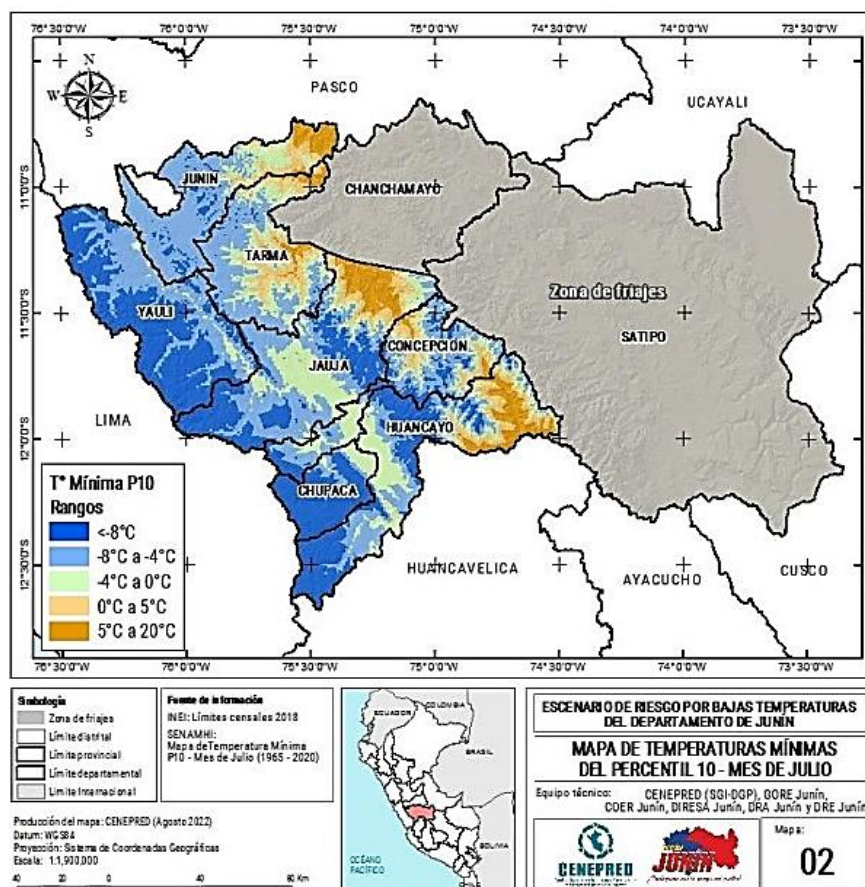


Figura 1.3. Mapa de temperatura mínima extrema del percentil 10 – Mes de julio, por, CENEPRED, 2022.

Ante este escenario los elementos compuestos de concreto pueden sufrir graves daños por los efectos de las bajas temperaturas. Ello sucede principalmente en su estado endurecido, afectando así sus propiedades físicas y mecánicas. Cuando el agua que ingresa a la estructura interna del concreto se congela, se produce la formación de hielo, el cual puede incrementar su volumen hasta en un 9 %, apareciendo una presión hidráulica que puede llegar hasta los 15 MPa (Zotkin, 2014).

Por ello, en esta investigación se propone evaluar el desempeño de las fibras híbridas de acero y polipropileno como adición al concreto de $f'c=280$ kg/cm² con la finalidad de mejorar el comportamiento de sus propiedades mecánicas bajo condiciones de temperaturas de congelamiento de la provincia de Junín.

Se agregan las fibras mixtas de acero y polipropileno como un compuesto al concreto para principalmente mejorar sus propiedades mecánicas; y, en comparación a un concreto reforzado con un sistema monofibra, la propuesta de esta investigación resulta más atractiva debido a que las diferentes fibras responden sinérgicamente, logrando hacer que se mantenga la unidad de la mezcla aun después de ocurrir una falla en su estructura. Esto se debe a que ambas fibras unen sus ventajas más interesantes: la fibra de acero mejora la resistencia y la ductilidad del concreto y la fibra de polipropileno mejora la resistencia al agrietamiento y la hace más durable con el tiempo (Qian y Stroeven, 2000).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- A.** ¿Qué efectos producen las fibras híbridas como adición en la resistencia a la compresión simple del concreto $f'c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín?
- B.** ¿Cómo influye la adición de las fibras híbridas en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f'c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín?
- C.** ¿Qué consecuencias genera la adición de fibras híbridas en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=280$ kg/cm² en clima frío de la provincia de Junín?

1.3. Justificación

1.3.1. Social o Practica

La provincia de Junín está compuesta por 4 distritos (Ondores, Carhuamayo, Ulcumayo y Junín), donde según los registros del SENAMHI la temperatura puede llegar a descender hasta los -16 °C. Dicha condición afecta a las diferentes construcciones donde el material predominante es el concreto, ya que las propiedades mecánicas se ven afectadas directamente según la temperatura fluctúe con el tiempo. De esta manera, finalmente se brinda principalmente seguridad y comodidad a dicha población.

1.3.2. Científica o Teórica

Esta investigación se centrará en un tema poco abordado en las investigaciones realizadas hasta ahora, el cual es el comportamiento del concreto

en clima frío de la provincia de Junín. Esto se desarrollará a través de ensayos en laboratorio donde se desprenderá un análisis físico para así poder aportar y/o complementar con conocimiento existente que será útil para todo aquel que desea conocer más sobre el tema.

1.3.3. Metodológica

En la presente investigación se propone la adición de un compuesto híbrido de fibras de acero y polipropileno como refuerzo al concreto de $f'c=280$ kg/cm² como una metodología para mejorar sus propiedades mecánicas ante ciclos constantes de congelamiento y deshielo.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación tuvo como ámbito de influencia la provincia de Junín. Para lo cual se consideró analizar las propiedades mecánicas del concreto $f'c= 280$ kg/cm² en condiciones de temperatura de congelamiento que resultaron del análisis de los datos hidrometeorológicos de temperatura mínima y máxima proporcionados por la estación del SENAMHI ubicada en la mencionada localidad.

1.4.2. Temporal

Esta investigación se realizó en un tiempo de 8 meses, desde la ejecución de los ensayos y estudios correspondientes en los meses de junio a noviembre del año 2022 y culminando con el análisis de los datos en los meses de diciembre a enero del año 2023.

1.4.3. Económica

La presente investigación se desarrolló con un presupuesto autofinanciado, el cual incluyó principalmente trabajos de laboratorio y gabinete.

1.5. Limitaciones

La investigación se limitó por el tema económico, ya que se necesitó de múltiples ensayos de laboratorio para poder resolver las interrogantes de la investigación.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm² en el clima frío de la provincia de Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- A. Definir los efectos que producen las fibras híbridas como adición en la resistencia a la compresión simple del concreto $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ en el clima frío de la provincia de Junín.
- B. Establecer la influencia que genera la adición de fibras híbridas en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ en el clima frío de la provincia de Junín.
- C. Identificar las consecuencias que genera la adición de fibras híbridas en la resistencia a la flexión del concreto $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ en el clima frío de la provincia de Junín.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Reynvart (2021), en su trabajo de investigación titulado “Caracterización mecánica de hormigones fibroreforzados sometidos a temperaturas de congelamiento”, tuvo como objetivo principal identificar cómo las temperaturas bajo cero afectan la resistencia a flexión y compresión simple del concreto reforzado con la adición de las fibras sintéticas de polipropileno en dosificación de 4 y 8 kg/m³ y las fibras de acero en dosificación de 30kg/m³. Para ello el autor como parte de su programa experimental desarrolló un total de 72 especímenes prismáticos de 150x150x150 mm y 72 especímenes cilíndricos de 100mmx200mm, divididos en cuatro grupos según la temperatura de congelamiento: a temperatura ambiente de 20°C, a 0°C, y a temperaturas de congelación de -10°C y -30°C, para ello empleó una congeladora con el fin de simular dicho proceso. El investigador, después de los 28 días de curado, ensayó 6 especímenes por cada tipo de temperatura y cantidad de fibras, para lo cual en el laboratorio realizó el ensayo a flexión de tres puntos a las unidades prismáticas y el ensayo a compresión simple a las unidades cilíndricas. Luego de culminar la fase de experimentación en el laboratorio y la obtención de resultados, pudo observar que cuanto más baja o alta es la temperatura de ensayo, mayor es el valor de la resistencia que se obtiene de las muestras y menor es el valor del resultado cuando la temperatura de ensayo se acerca a los 0°C. Con la investigación se comprobó que las muestras de concreto ensayadas a compresión simple aumentaron el valor del f'_c al disminuir la temperatura hasta los -30°C, obteniendo valores de hasta el 55% para los

especímenes reforzados con las macrofibras de acero y hasta el 95% para las muestras reforzadas con las fibras de polipropileno con la dosificación del 4kg/m³. Para el ensayo de resistencia a la flexión, se pudo observar que las probetas reforzadas con las fibras de polipropileno con dosificación de 8 kg/m³ mostraron resultados con valores de entre 2 a 4 MPa, para temperaturas inferiores a 0°C, lo cual muestra incrementos que oscilaron entre el 50% al 70% respecto de las muestras ensayadas a temperatura de 20°C. Mientras que las muestras reforzadas con las fibras de acero mostraron incrementos que oscilaron entre 55 y 68% y en las mismas condiciones de temperatura. De esta manera, el investigador concluyó que los especímenes de concreto reforzados con las fibras de acero presentan mejores resultados de resistencia en comparación con las fibras sintéticas de polipropileno y en condiciones de temperatura de -30°C.

Khaleel, Abbas y Movahedi (2023), en su trabajo de investigación titulado “Análisis experimental y numérico de vigas de gran peralte de concreto armado con fibras híbridas de acero y polipropileno”, plantearon como objetivo principal investigar experimental y numéricamente el efecto que produce la adición de diferentes dosificaciones de fibras de acero y polipropileno en el comportamiento de vigas de gran peralte de concreto armado, para de esta manera determinar el porcentaje más efectivo que mejora la resistencia y ductilidad de los elementos analizados. Para ello los investigadores en laboratorio desarrollaron vigas de 400mm de altura, 150mm de ancho, 1400mm de longitud y luz libre de 1070mm, divididas en dos grupos: el primero fueron reforzadas en tracción con 3 barras de acero corrugado de 16mm de diámetro y barras corrugadas de 4mm de diámetro como refuerzo vertical y horizontal del alma, espaciadas cada 60mm en ambos sentidos; y el segundo grupo de concreto normal reforzada con la adición de las fibras de acero y polipropileno en dosificación del 0.25% y 0.75%, respectivamente. Esta primera etapa se desarrolló con el propósito de comparar los resultados de ambos grupos y determinar el efecto de la adición de las fibras sobre las vigas de concreto. Adicionalmente a la primera etapa, desarrollaron un total de 120 muestras de concreto que incluyeron 90 especímenes cilíndricos de 200mm x 100mm, 12 especímenes cilíndricos de 300mm x 150mm y 24 especímenes prismáticos de 100mm x 100mm x 400mm. Todos ellos adicionados con 6 diferentes porcentajes de fibras de acero y polipropileno de 0.00%-0.00%, 1.00%-0.00%, 0.75%-0.25%, 0.50%-0.50%, 0.25%-0.75% y 0.00%-1.00% respectivamente. Esto con el objetivo

de someterlos a ensayos de compresión simple, tracción diametral y flexión, para de esta forma determinar el porcentaje óptimo de fibras híbridas que mejoren dichas propiedades del concreto. Para la fase del análisis numérico, se empleó el programa ABAQUS que sirvió para modelar las curvas de tensión vs. deformación de las vigas con y sin el refuerzo de las fibras híbridas. Finalmente, luego de la obtención de resultados y su respectivo análisis experimental y numérico, los investigadores pudieron demostrar que el porcentaje óptimo de fibras dependen principalmente de las propiedades que uno busca mejorar, ya que si se busca mejorar la capacidad de carga y mejor distribución de grietas, es conveniente adicionar la combinación de las fibras metálicas de acero y las fibras sintéticas de polipropileno al concreto en dosificación del 0.75%-0.25% respectivamente y por el contrario si buscamos mejorar la tenacidad y ductilidad, es conveniente adicionar la combinación de las fibras metálicas y sintéticas en dosificación del 0.25% y el 0.75% al concreto respectivamente, ya que se muestran mejores resultados de capacidad de carga a comparación a las demás dosificaciones.

Campoy, Chávez, Rojas, Gaxiola, Millán y De la Rosa (2019) en su trabajo de investigación titulado "Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros", plantean como objetivo analizar el comportamiento del módulo de ruptura del concreto y su resistencia a la compresión con la adición de diferentes porcentajes de fibra o polímero (0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.50%) y con cuatro tipos comerciales de ambos, las fibras de acero ondulada y con ganchos en los extremos y las fibras sintéticas trefiladas y onduladas. Los investigadores iniciaron la etapa de desarrollo con la caracterización de los agregados para determinar la calidad de los mismos. Por consiguiente, el proceso de diseño de mezclas de concreto se realizó conforme al método ACI 211(2002), para lo cual se inició desarrollando una mezcla de concreto sin adición de las fibras, y luego cinco diseños con proporciones de adiciones de fibras de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.50%. De esta manera, se elaboraron un total de 126 probetas normalizadas de 150mm de diámetro y 300mm y 63 vigas de sección transversal de 15mm y 50mm de longitud. Para ello, se siguió la normativa americana ASTM C39 para realizar el ensayo de compresión y la norma ASTM C469 para determinar su módulo de elasticidad. Finalmente, los autores pudieron realizar la discusión y análisis de resultados, donde muestran que los especímenes con refuerzo de las fibras en general muestran un comportamiento positivo en la resistencia a flexión,

mientras lo contrario sucede con las muestras reforzadas con las fibras de acero con gancho en los extremos, ya que se observó que la resistencia a compresión tuvo una disminución de 5.92%. Lo mismo se observa con las muestras reforzadas con las fibras sintéticas trefiladas, que tienden a disminuir la resistencia a compresión según se incrementa el porcentaje de refuerzo. Por otro lado, la adición de las fibras sintéticas onduladas en una dosificación de 0.25% lograron incrementar la resistencia a compresión en 10%, por lo que se concluye que este último resulta ser el porcentaje apropiado para mejorar el comportamiento a la resistencia a compresión del concreto reforzado con fibras.

Karuppanan y Govindasamy (2019), en su trabajo de investigación titulado “Comportamiento de vigas y columnas tubulares de acero rellenas de concreto armado con fibras híbridas”, plantean como objetivo determinar la mezcla óptima de las fibras híbridas de acero y polipropileno que mejoren las propiedades mecánicas de secciones tubulares de acero rellenas de concreto. Los investigadores buscan lograr una estructura altamente resistente a las propiedades de compresión, tracción y flexión y que, además de esto, sea económica. A partir de esa necesidad, los autores proponen evaluar el comportamiento de tuberías de acero rellenas de concreto (CFST) reforzadas con las fibras de acero y polipropileno. Ellos propusieron tres grupos de dosificaciones de fibras para su adición a las muestras de CFST. El primer y segundo grupo reforzados con los dos tipos de fibras en proporciones idénticas de volumen del 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%, y el tercer grupo reforzados con la combinación de las fibras de polipropileno y acero en proporciones del 1.0%-0.5%, 0.75%-0.75% y 0.5%-1.0% respectivamente. Luego de determinar las mezclas procedieron a preparar las muestras y colocarlas en los moldes, y después de las 24 horas fueron desmoldados y por último curados por un periodo de 28 días. Para la prueba de resistencia a la compresión simple, ensayaron especímenes cúbicos de dimensiones de 150x150x150mm, para la resistencia a la tracción especímenes cilíndricos de 150mm de diámetro y 300mm de altura, para la resistencia a la flexión unidades prismáticas de 100x100x500mm y por último para conocer el desempeño a la flexión y compresión de unidades de CFST se emplearon tuberías de acero de dimensiones de 110x110mm y tuberías de 105mm de diámetro. Luego de ensayar todos los especímenes, obtener los resultados y de realizar su respectivo análisis llegaron a la conclusión de que las vigas y columnas de CFST con adición de fibras de acero en proporción del 2.0% muestran mejores

resultados al ser comparadas con las muestras de concreto convencional. Por otro lado, las vigas y columnas de CFST reforzadas con las fibras híbridas en proporción de 0.75% y 0.75% respectivamente obtienen mejores resultados de capacidad de carga axial y deflexión, el cual suele ser el 5% respecto de las muestras de concreto convencional, por lo que se obtuvo un impacto poco notable en las propiedades evaluadas.

SulphiaBeevi, Joseph y Nazeer (2020) en su trabajo de investigación titulado “Efecto de las fibras híbridas sobre las propiedades mecánicas del concreto de alto rendimiento”, plantean como objetivo desarrollar un concreto reforzado por un compuesto híbrido de fibras para luego analizar y comparar sus propiedades mecánicas. Los investigadores buscaron mejorar la tenacidad y ductilidad del concreto al añadirle un compuesto híbrido de fibras de acero y fibras de carbono. Para determinar el contenido óptimo de fibras que les permitiera alcanzar su objetivo, añadieron diferentes porcentajes de fibras de acero al concreto convencional, en proporciones de 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 y 1.25%. Luego de encontrar la dosis óptima de las fibras de acero en el concreto se procedió a reemplazar progresivamente dicha dosis por las fibras de carbono de la siguiente manera: en la primera mezcla se reemplazó el 25% de las fibras de acero, en la segunda mezcla el 50%, en la tercera el 75% y por último fueron reemplazadas totalmente por las fibras de carbono. En la siguiente etapa se prepararon muestras cúbicas de 150x150x150mm, muestras cilíndricas de 150mm de diámetro y 300mm de altura, discos de 150mm de diámetro y 50mm de altura y por último vigas de 100x100x500mm. Las muestras después del desmoldado fueron curadas en agua a una temperatura de 20°C y por un periodo de 3, 7 y 28 días, para después de este tiempo poder evaluar las propiedades mecánicas de resistencia a compresión axial, flexión y tracción diametral. De esta manera, al finalizar los ensayos para cada dosis de las fibras de acero, se observó que el valor más alto para la resistencia a la compresión se logró con la dosis del 1.00% de la fibra de acero, siendo ese valor el 10.86% respecto de las muestras sin la adición de las fibras. Para la resistencia a la flexión, la dosis del 1.00% de fibras de acero exhibió un crecimiento del 31.57% respecto de las muestras de concreto control. Para la resistencia a la tracción de las muestras cilíndricas, la dosis del 1.00% de las fibras de acero hizo que se obtuviera un incremento máximo del 56.94%. Luego de determinar el porcentaje óptimo de fibras de acero con el cual se obtuvieron mejores resultados, se inició a reemplazar

parte de la dosis de la fibra de acero por la fibra de carbono de la forma como se explicó anteriormente. Al realizar los ensayos correspondientes, se observó que el reemplazo del 25% de la fibra de acero por la fibra de carbono muestran los mejores resultados en las propiedades mecánicas evaluadas en este estudio, siendo el 5.97% para la resistencia a la compresión axial, el 12.31% para la resistencia a la flexión y 13.89% para la resistencia a la tracción diametral, todos ellos respecto de las muestras control. De esta manera, se concluye que el reemplazo del 25% de las fibras metálicas de acero por las fibras de carbono ofrece los mejores resultados para las propiedades mecánicas evaluadas en esta investigación.

2.1.2. Nacionales

Chávez e Inquilla (2022) en su trabajo de investigación titulado "Estudio correlacional de la resistencia a compresión, tracción y flexión del concreto normal, sometidas a diferentes temperaturas de curado, Puno", desarrollada para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional del Altiplano, tuvieron como objetivo principal determinar la relación entre la temperatura de curado del concreto convencional y su resistencia a compresión simple, flexión y tracción. Los autores plantearon evaluar unidades cilíndricas y prismáticas de concreto de $f'c=210$ kg/cm². Para ello, en el laboratorio desarrollaron una cantidad de 198 especímenes de concreto para poder evaluar y analizar sus propiedades físicas y mecánicas. Como parte de la metodología de investigación, aplicaron el tipo de investigación cuantitativa de nivel correlacional y un diseño de tipo transversal. La parte experimental inició con la recolección del material de cantera y su posterior caracterización de acuerdo a la normativa peruana vigente. Consiguientemente procedieron a preparar las mezclas conforme al método ACI 211.1 y a partir de ello elaboraron 108 probetas cilíndricas para el ensayo a compresión simple y tracción diametral y para el ensayo a la flexión desarrollaron 54 unidades prismáticas de concreto. Los resultados se obtuvieron luego de someter las muestras a las diferentes temperaturas de curado durante un periodo de 28 días. Finalmente, después de este proceso, los resultados para el ensayo a la compresión axial, dieron valores de resistencia de 130.10, 133.38, 280.77, 231.38, 232.28 y 237.12 kg/cm²; en temperaturas de curado de -5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C y 20 °C respectivamente. Para el ensayo a la tracción diametral se obtuvieron valores de resistencia de 13.92, 15.15, 17.54, 18.31, 19.09 y 20.46 kg/cm²; en temperaturas de curado de -5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C y 20 °C respectivamente, asimismo,

para el ensayo a la flexión de vigas se obtuvieron valores de resistencia de 21.95, 31.04, 33.17, 33.92, 34.66 y 34.67 kg/cm² cuando las temperaturas de curado fueron de -5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C y 20 °C respectivamente. Del análisis de resultados lograron concluir que para el ensayo a compresión axial, tracción diametral y flexión de vigas a medida que aumentó la temperatura del agua de curado los valores obtenidos de las resistencias también tomaron la tendencia de ascender y a la vez superaron el $f'c$ mínimo de diseño. Por lo tanto, recomiendan optar por una temperatura del agua de curado del concreto que se encuentre alrededor de los 20°C.

Vásquez y Huamán (2022) en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural reforzado con fibras de acero y polipropileno”, ante la problemática del bajo rendimiento de las propiedades físicas y mecánicas que presenta un concreto convencional sin la adición de fibras, plantean su estudio que tiene como objetivo examinar y a la vez comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de resistencias de 280 y 280 kg/cm² con la adición de las fibras de acero y polipropileno vs. un concreto sin la adición de las fibras. Para resolver ello los investigadores consideraron un total de 540 especímenes cilíndricos y prismáticos como parte de su población. Las muestras fueron divididas en tres grupos, el primer grupo de muestras sin la adición de las fibras, el segundo con la adición de las fibras de polipropileno en dosificaciones de 100, 300, 600 y 900 gr/m³ de concreto y el tercer grupo con la combinación de la proporción de las fibras de polipropileno que presenta mejores resultados de resistencia con las fibras de acero en dosificaciones de 10, 20, 30 y 45 kg/m³. A partir de ello, ejecutaron los ensayos en laboratorio para las resistencias de $f'c=280$ y 280 kg/cm². Los ensayos realizados en el estado fresco del concreto fueron: revenimiento, temperatura, contenido de aire y peso unitario. Posterior a las 24 horas del llenado de concreto en sus respectivos moldes, se procedió al curado de las mismas en inmersión en agua por periodos de 7, 14 y 28 días. Luego se continuó con la ejecución de los ensayos de resistencia a compresión, flexión y tracción diametral para cada uno de los tres grupos mencionados anteriormente. Al finalizar la etapa de experimentación, se pudo notar que la dosificación de 900 gr/m³ de las fibras de polipropileno en el concreto presentó los mejores resultados de resistencias respecto de las otras tres proporciones evaluadas, es por ello que esta proporción fue considerada como el contenido óptimo de fibras

de polipropileno en el concreto. A partir de lo determinado anteriormente, se combinó la proporción óptima de las fibras de polipropileno con cada una de las cuatro proporciones de las fibras de acero para así poder encontrar la dosificación que muestre resultados apropiados para lograr el objetivo de la investigación. Finalmente, de lo investigado, se concluye que, para los dos diseños propuestos en esta investigación, los valores de las propiedades físicas son aceptables y muy cercanos entre sí. En cuanto a la propiedad mecánica de resistencia a la compresión axial, los incrementos más altos fueron del 9.95% y 4.85% para ambos diseños de 280 y 280 kg/cm² respectivamente. Esto se obtuvo con la combinación de 900 gr/m³ de las fibras de polipropileno y 10 kg/m³ de las fibras de acero. Para la resistencia a la flexión, la combinación de 900 gr/m³ de las fibras de polipropileno con 45 kg/m³ de las fibras de acero presenta incrementos de 13.39% y 20.27% para ambos diseños respectivamente. En el caso de la resistencia a la tracción diametral, la proporción en combinación de las fibras con mejores resultados es la misma que de la resistencia a la flexión, siendo el 28% y 48% para los diseños de 280 y 280 kg/cm² respectivamente.

Cruzado y Rivera (2019), en su tesis de investigación titulada “Influencia de tipos de incorporador de aire sobre el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del concreto a bajas temperaturas” tienen el objetivo de determinar la influencia de dos tipos de incorporador de aire sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto en temperaturas bajo cero. Los investigadores ante la problemática que acarrea los efectos de los ciclos de congelamiento y deshielo sobre el concreto como la pérdida de resistencia, buscaron determinar el porcentaje de aditivo incorporador de aire en el concreto en dos marcas comúnmente utilizadas en la industria de la construcción. Los porcentajes establecidos fueron del 0.00, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24 y 0.28%. Para su ejecución obtuvieron los agregados fino y grueso de la cantera El Milagro de Trujillo, asimismo el cemento fue de la marca Pacasmayo tipo I y por último los aditivos incorporadores de aire fueron de las marcas Air Mix 200 y SikaAer. Seguidamente se procedió a preparar el primer grupo de 90 muestras de concreto fresco para determinar el asentamiento y el contenido de aire de la mezcla, y a su vez este primer grupo estuvo dividido en dos grupos por cada marca de aditivo y en los 7 porcentajes descritos anteriormente. El segundo grupo estuvo conformado por 180 probetas cilíndricas estandarizadas por la norma ASTM C39 del ensayo de resistencia a compresión simple, divididas

de la misma manera que las muestras de concreto fresco. Posteriormente a las 24 horas de llenado de las muestras cilíndricas, estas fueron sometidas a la fase de congelamiento y deshielo a una temperatura aproximada de entre -10 a -15 °C, cada una por un lapso de 12 horas y un periodo de 3, 7 y 28 días. Luego de este proceso se pudieron conocer los resultados de los ensayos en estado fresco y endurecido. En el ensayo de asentamiento fue con el porcentaje de 0.28% que se obtuvieron resultados de $4\frac{5}{8}$ " y $4\frac{7}{8}$ " para los aditivos incorporadores de aire Air Mix 200 y SikaAer respectivamente, de la misma manera para el ensayo de contenido de aire de la mezcla fue con el porcentaje de 0.28% que se obtuvieron valores máximos del 4.10 y 4.30% para los aditivos incorporadores de aire Air Mix 200 y SikaAer respectivamente. Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple de las muestras sometidas a ciclos de congelamiento y deshielo mostraron una disminución en los valores a medida que se aumentó el porcentaje de contenido de aire en la mezcla, siendo el 19% para las muestras de concreto patrón, el 12% para las muestras con la adición de 0.04% de aditivo Air Mix 200 y el 10% para las muestras con la adición del aditivo SikaAer. Finalmente, de todo ello los autores concluyen que con el porcentaje de 0.04% de aditivo incorporador de aire para las dos marcas, se obtienen mejores valores de resistencia a compresión axial.

Ramos (2019), en su investigación titulada "Análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de polipropileno y acero", tuvo la finalidad de comparar la resistencia de compresión axial, flexión y tracción del concreto $f'_c=250$ kg/cm² con la adición de las fibras de acero, polipropileno y la combinación de ambas. Su investigación nace por la necesidad de incrementar el comportamiento mecánico de estructuras de concreto. Previo a la ejecución de los ensayos se especificaron las dosificaciones de las fibras metálicas de acero de la marca Sikafiber CHO con relación de aspecto 80/60 y las fibras sintéticas de la marca Sikafiber PE, siendo 15, 30 y 45 kg/m³ de concreto para las fibras de acero y 400, 600 y 800 gr/m³ de concreto para las fibras de polipropileno y por último la combinación de ambas fibras en relación de 1:2. El desarrollo comenzó caracterizando los agregados pétreos en el laboratorio y elaborando el diseño de mezcla por el método del módulo de fineza de la combinación de agregados. La población estuvo conformada por 120 unidades cilíndricas de concreto de 15cm de diámetro por 30cm de altura y 30 viguetas de concreto de 15cm por 15cm de sección transversal y 50cm de largo. Los especímenes, luego del

proceso de fraguado por 24 horas, pasaron al proceso de curado en inmersión en agua por periodos de 7,14 y 28 días. Seguidamente se efectuaron cada uno de los ensayos en el laboratorio de concreto conforme a la normativa peruana actual. Los resultados de resistencia del ensayo de compresión simple indican que el grupo de muestras reforzadas con las fibras de acero disminuyeron hasta en 7.15% respecto de las muestras de concreto patrón, mientras las muestras reforzadas con las fibras de polipropileno mostraron un ligero incremento de 5.71% respecto de las muestras de concreto patrón y para el grupo de muestras con la combinación de las fibras en dosificación de 15 kg/m³ de fibra de acero más 400 gr/m³ de fibra de polipropileno, presentaron un incremento máximo de 9.64% respecto de la muestras de concreto patrón. En el ensayo a flexión de vigas se observaron incrementos máximos del 23.07% para las muestras con la adición de las fibras de acero, 11.33% para las muestras con la adición de las fibras de polipropileno y el 15.19% para las muestras con la combinación de ambas fibras; por último en el ensayo a tracción por compresión diametral las muestras con la adición de las fibras de acero presentaron incrementos máximos del 19.33% para las fibras de acero, 12.28% para las muestras con la adición de las fibras de polipropileno y el 16.38% para las muestras con la combinación de las fibras. De lo expuesto el investigador concluye que el concreto reforzado con la combinación de las fibras presentan mejores valores de resistencia en todas las propiedades evaluadas.

Puellas (2021), en su tesis de investigación titulada "Influencia de la adición de la fibra de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto", inició dando a conocer la problemática de la baja resistencia a la compresión axial y tracción del concreto en escenarios con climas de frío y las desventajas que se generan a partir de dicho efecto. Por ello, tuvo como propósito fundamental adicionar la fibra de acero Dramix 4D al concreto de $f'c=280$ kg/cm² y determinar el grado de influencia en sus propiedades físico-mecánicas. El investigador consideró el total de 60 unidades de muestras de concreto en estado fresco, 36 unidades cilíndricas estandarizadas para el ensayo a compresión simple y 24 unidades prismáticas para el ensayo a flexión, todos ellos repartidos en cuatro grupos según las dosificaciones de las fibras de acero adicionadas al concreto, siendo del 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5% del volumen de concreto. La ejecución de la tesis comenzó con la evaluación de las propiedades físicas del concreto en estado fresco, tales como el asentamiento, contenido de aire, temperatura, peso unitario y

rendimiento. Posterior a ello, se comenzó a llenar moldes cilíndricos y prismáticos considerando las 4 dosificaciones, para luego evaluar sus resistencias a edades de 14, 21 y 28 días. De esta manera se pudieron obtener los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del concreto. El asentamiento de la mezcla no se vio afectado sustancialmente ya que, al agregar la fibra de acero al concreto, la consistencia se volvió ligeramente más fluida, presentando una variación de 0.2 a 0.4 pulgadas respecto de las muestras de concreto patrón. Los resultados de la temperatura de las mezclas con la adición de la fibra de acero mostraron una variación de ± 0.5 °C respecto de las muestras de concreto patrón. En el peso unitario de las mezclas en estado fresco se observó que los resultados de los especímenes adicionados con las fibras metálicas de acero 4D disminuyeron ligeramente según se incrementó el porcentaje de la fibra de acero. La resistencia a la compresión axial del concreto con la adición del 1.5% de fibra de acero reveló el mejor resultado, siendo éste 243.91 kg/cm². En el ensayo de la resistencia a la flexión se obtuvo el máximo valor de 61.08 kg/cm² con el porcentaje de 1.5% de fibra de acero en la mezcla. De esta manera se concluyó que la adición de la fibra de acero en porcentaje de 1.5% influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Concreto reforzado con fibras

2.2.1.1. Concreto reforzado con fibras en la antigüedad

La adición de las fibras en el concreto se originó históricamente hace muchísimo tiempo, desde la prehistoria han sido empleadas como refuerzo de infinidad de materiales. En las primeras civilizaciones egipcias se introducía la paja a las unidades de albañilería de arcilla o barro para hacerlas más resistentes y a la vez duraderas a sus construcciones. A través del tiempo, se usaron diversos materiales como el crin o pelo de caballo, la fibra de bambú, la fibra de amianto, etc. con la finalidad de evitar fisuras en sus construcciones (Maccaferri, 2015).

Pero fue entre la década de los 50 y 60 en que se prestó la debida atención científica al estudio de las fibras como refuerzo del concreto, entonces fue desde ahí que fibras de materiales como el de acero, vidrio y

las sintéticas demostraron ser una tecnología interesante en el concreto después de haber sido probadas (Maccaferri, 2015).

Desde entonces hasta la actualidad, el mercado ha desarrollado numerosos tipos de fibras, cada una de ellas de diferentes materiales, formas y propiedades mecánicas, físicas, y químicas. La fibra a utilizar se debe básicamente a las características que se desean mejorar en la masa de concreto (Figueiredo, 2000).

El objetivo de la adición de las fibras a la mezcla de concreto es ofrecerle un sistema de refuerzo, debido a que la mezcla de concreto originalmente está constituida por la unión de agregados y la pasta de cemento (Maccaferri, 2015).

2.2.1.2. El concreto reforzado con fibras

Según Maccaferri (2015), las fibras forman una micro-armadura que sirven principalmente para combatir la fisuración por retracción y aumentar la ductilidad del concreto al estar distribuidas uniformemente conjuntamente con la pasta y los agregados. Dichas características pueden incrementar significativamente según la cantidad y la resistencia de las fibras empleadas.

Como es sabido, en la mayoría de los códigos de diseño actuales, la resistencia a la tracción del concreto es generalmente ignorada en los cálculos. Esta propiedad se logra estabilizar al agregar fibras a la matriz de concreto, lo que permite a esta propiedad mecánica de ser considerada para fines de diseño (Maccaferri, 2015).

Maidl (1995) define al concreto reforzado con fibras como una matriz formada por una fase principal de pasta, poros y áridos, y una cantidad de fibras de diferentes materiales como acero, vidrio, polipropileno, nailon, etc.

Agregar fibras al concreto puede controlar el crecimiento de grietas (Maidl, 1995). Esto se debe a que las fibras actúan como puente de transferencia de tensiones a través de las grietas, reduciendo las tensiones en sus extremos.

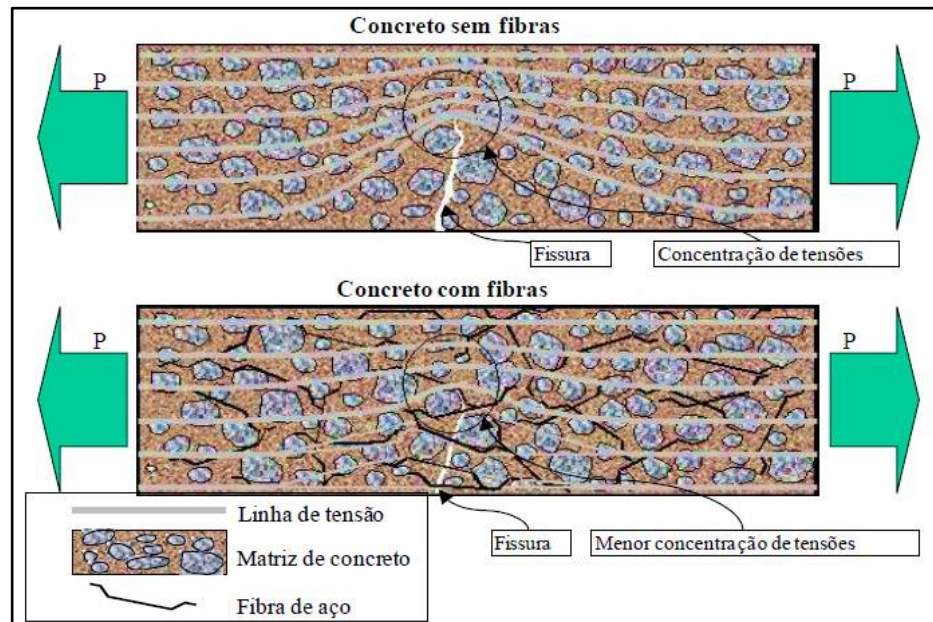


Figura 2.4. Esquema de Concentraciones de Tensiones del concreto con y sin el refuerzo de fibras, por Figueiredo, 2005.

Es así que las grietas se propagan lentamente en el concreto, y el material comienza a mostrar un comportamiento pseudoductil, es decir, aún tiene una resistencia residual a los esfuerzos que actúan después de la grieta (Figueiredo, 2000). Por lo tanto, se producirán menos grietas en el concreto con la presencia de las fibras.

Maccaferri (2015) nos muestra en la figura N°05 de carga vs. deflexión, el ensayo a flexión de un elemento fibroreforzado y sus posibles respuestas.

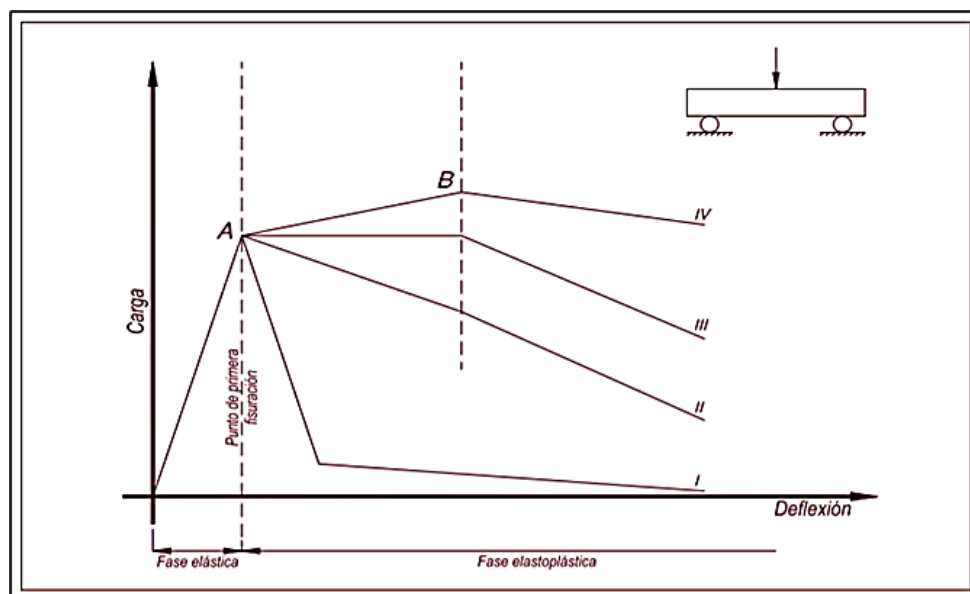


Figura 2.5. Ensayo de Flexión de un elemento fibroreforzado, por Maccaferri, 2015.

Maccaferri (2015) menciona que, independiente de la calidad y la dosis de fibras en el concreto, este último siempre tendrá un comportamiento elástico mientras se le aplica cargas moderadas e ínfimas a la rotura del concreto, es por ello que en esta fase no se puede observar ninguna fisura. Sin embargo, al seguir añadiendo carga desde del punto A de primera fisuración, se pueden notar comportamientos discrepantes.

Maccaferri (2015) describe cada una de las 4 curvas que se forman luego de acrecentar la carga a partir del punto de fisuración A de una viga simplemente apoyada:

-**La curva I** muestra el comportamiento característico de un material frágil. Cuando el concreto simple sin refuerzo colapsa inmediatamente después de ocurrida la primera fisuración.

-**La curva II** exhibe la capacidad del concreto reforzado con fibras de absorber cierta carga después de la primera fisuración; este suceso se puede evidenciar a través del rango A-B del gráfico, en donde se observa un lento colapso (comportamiento suavizado).

-**La curva III** muestra la capacidad del concreto fibroreforzado de soportar cierta carga adicional después de la primera fisuración. A comparación de la curva II, se puede verificar un colapso más lento bajo carga constante (comportamiento plástico).

-**La curva IV** muestra un moderado incremento de carga portante a partir del punto de primera fisuración A (comportamiento endurecido) del concreto fibroreforzado. De esa manera se logra un amplio desplazamiento A-B.

Como se pudo observar las curvas expuestas anteriormente de la figura N°05 difieren unas de otras, ello se debe principalmente a la cantidad de las fibras y sus propiedades geométricas y mecánicas en la matriz de concreto.

Según Figueiredo (2000), el concreto fibroreforzado a comparación del concreto tradicional presenta múltiples ventajas tecnológicas y económicas, ello se ve reflejado en áreas como el concreto proyectado, estructuras prefabricadas, losas industriales, pavimentos, etc.

2.2.1.3. Características del concreto reforzado con fibras

Según Laos (2007), las fibras pueden ofrecer numerables beneficios al ser añadidos al concreto; algunos de ellos se muestran a continuación:

- Ductilidad.
- Resistencia a la fatiga.
- Resistencia al corte.
- Resistencia al impacto.

Las fibras hacen que se pueda incrementar la capacidad de carga del concreto, de 1.2 a 2 veces más de las que puede llegar a soportar un concreto tradicional, asegurando de esa manera una mayor resistencia; ello se debe a que las fibras mejoran la distribución de esfuerzos en la matriz de concreto, incrementando de esa manera la ductilidad de la misma (Laos, 2007).

En la construcción de losas y pavimentos, la resistencia al corte suele ser una cualidad muy importante en este tipo de elementos, es por ello que al adicionar fibras al concreto aseguramos cumplir con dicha propiedad (Laos, 2007).

2.2.1.4. Clasificación de las fibras para el refuerzo del concreto

Según Sika (2011), existen dos tipos principales de fibras para el concreto, las cuales se presentan a continuación:

➤ Por el material

- Fibras metálicas: Comúnmente presentan un bajo contenido de carbono en su composición. Además, suelen tener secciones discretas con una relación de aspecto entre la longitud y el diámetro que se encuentra entre 20 a 100.
- Fibras sintéticas: Están compuestas por materiales como el Polipropileno, Poliéster, Nylon, Poliestireno, etc. Este tipo de fibras logran una mejor distribución en el interior del concreto.
- Fibras de vidrio: Conformada por resinas cerámicas. Tienen la peculiar característica de ser muy resistentes al álcali.
- Fibras naturales: Son de composición vegetal como el de la madera, bambú, yute, sisal, etc. Sus diámetros se encuentran entre valores de 0.50 a 0.20 mm.

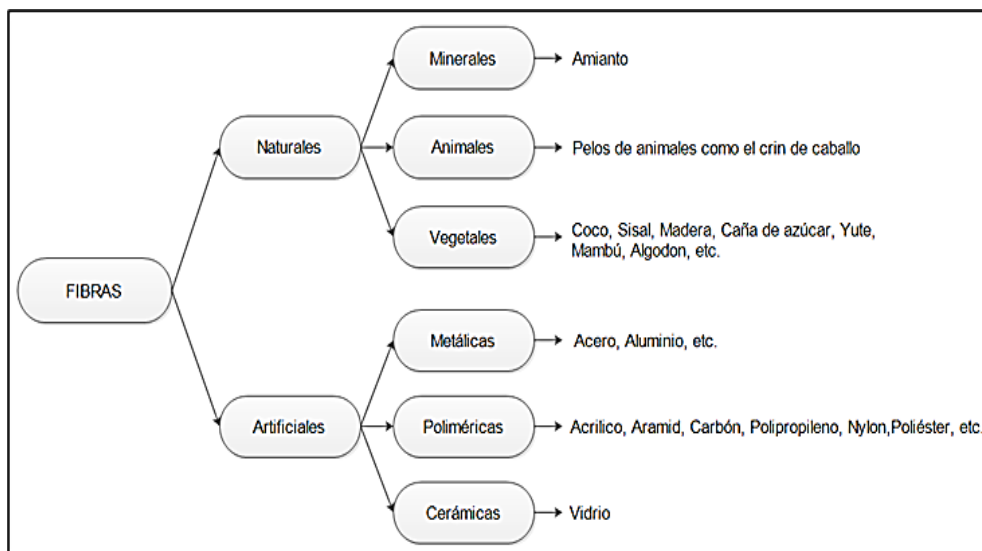


Figura 2.6. Clasificación de las Fibras, por Picanco, 2005.

Por otro lado, encontramos a las fibras naturales de origen animal que están constituidas por células esclerenquimatosas que pueden formar un tejido de aspecto tan largo como su ancho; un claro ejemplo sería el cuero de los bovinos como el de las vacas. Otro ejemplo es la lana de las ovejas, que presentan una gran capacidad de alongarse antes de romperse, eso hace que sea un gran atractivo no solo para la industria textil y la industria del concreto fibroreforzado.

➤ Por funcionalidad, geometría y dosificación:

- **Microfibras:** Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Además, su dosificación generalmente varía de entre 0.03% a 0.15% del volumen del concreto.
- **Macrofibras:** Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración del concreto en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Además, las dosificaciones frecuentemente más utilizadas varían de entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto.

Maccaferri (2015) nos da a conocer a través de la tabla N°01 algunas características de las fibras que se pueden encontrar actualmente en el mercado en función de su materia prima.

Tabla 2.1. Características de las Fibras

Fibras	Diámetro (μm)	Densidad (10 ³ kg/m ³)	Modulo elástico (kN/mm ²)	Resistencia a la tracción (kN/mm ²)	Elongación en la rotura (%)
Acero	5 - 500	7.84	200	0.5 - 2	0.5 - 3.5
Vidrio	9-15	2.60	70 - 80	2-4	2 - 3 5
Amianto	0,02-0,04	3.00	180	3.30	2 - 3
Polipropileno	20 - 200	0.90	5 - 7	0.5 – 0.75	8
Nylon	-	1.10	4	0.90	13 - 15
Polietileno	-	0.95	0.30	0.0007	10
Carbono	9	1.90	230	2.60	1
Kevlar	10	1.45	65 - 133	3.60	2.1 - 4
Acrílico	18	1.18	14 – 19.5	0.4 - 1	3

Nota. Tomado del Manual Técnico de Fibras Como Elemento Estructural Para el Refuerzo del Concreto, Maccaferri, 2015, p.14.

2.2.2. Las fibras de acero

2.2.2.1. Concreto reforzado con fibras en la antigüedad

Según Cárdenas (2015), las fibras de acero son un conjunto de filamentos metálicos que se obtienen a través de la deformación de alambres de acero estirados en frío. Este proceso es conocido como trefilación y mediante éste se pueden producir fibras de formas rectas u onduladas y con mejores propiedades de adherencia.

Cuando las fibras de acero se mezclan en la elaboración del concreto, se logra mejorar el desempeño de las propiedades mecánicas tales como flexo tracción, durabilidad, ductilidad, tenacidad y disminución de fisuras. De esta manera se pueden lograr mezclas de alta calidad y a bajo costo (Cárdenas, 2015).

En el mercado podemos encontrar una gran variedad de fibras metálicas, donde destaca la fibra de acero al carbono. Este tipo de fibra tiene una resistencia a la tracción de aproximadamente 1100 MPa y un módulo de elasticidad de 200 GPa.

Como se observa en la figura N°07, la fibra de acero es un producto caracterizado geoméricamente por una dimensión y longitud predominantes respecto a las demás, con superficie pareja o trabajada. Es empleada como refuerzo en el conglomerado del concreto, de forma

rectilínea o doblada, para poder ser dispersada de forma homogénea en la masa, sin alterar sus características geométricas.

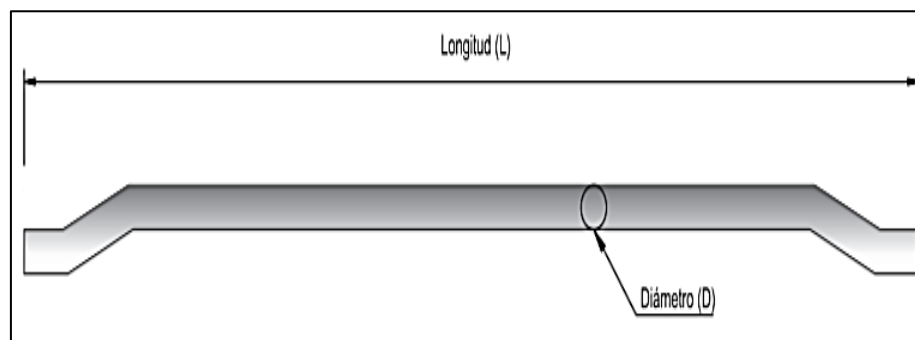


Figura 2.7. Ejemplo de Fibra Metálica con Anclaje en las Extremidades. Tomada del Manual Técnico de Fibras Como Elemento Estructural Para el Refuerzo del Concreto, Maccaferri, 2015.

Según Maccaferri (2015), mediante la siguiente proposición se puede obtener la relación de aspecto de la fibra de acero al relacionar la longitud y el diámetro o diámetro equivalente:

Ecuación 01: Densidad aparente

$$\lambda = \frac{L}{D_e}$$

Ecuación 02: Diámetro equivalente

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Donde:

L= Longitud.

A= Área.

De= Diámetro o diámetro equivalente.

2.2.2.2. Clasificación de las fibras de acero

Maccaferri (2015) menciona que todas las fibras de acero presentan longitudes singulares unas de otras, con superficies trabajadas, las cuales axialmente pueden ser rectilíneas o perfiladas y transversalmente pueden tener sección circular, rectangular o variada.

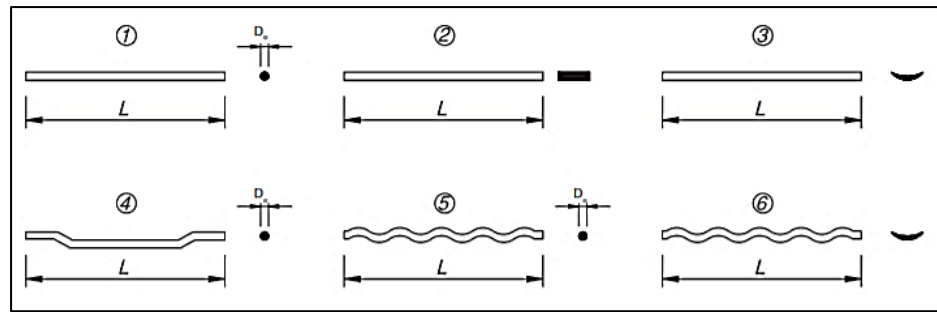


Figura 2.8. Ejemplo de las Diferentes Formas de las Fibras Metálicas
Tomada del Manual Técnico de Fibras Como Elemento Estructural Para el Refuerzo del Concreto, Maccaferri, 2015.

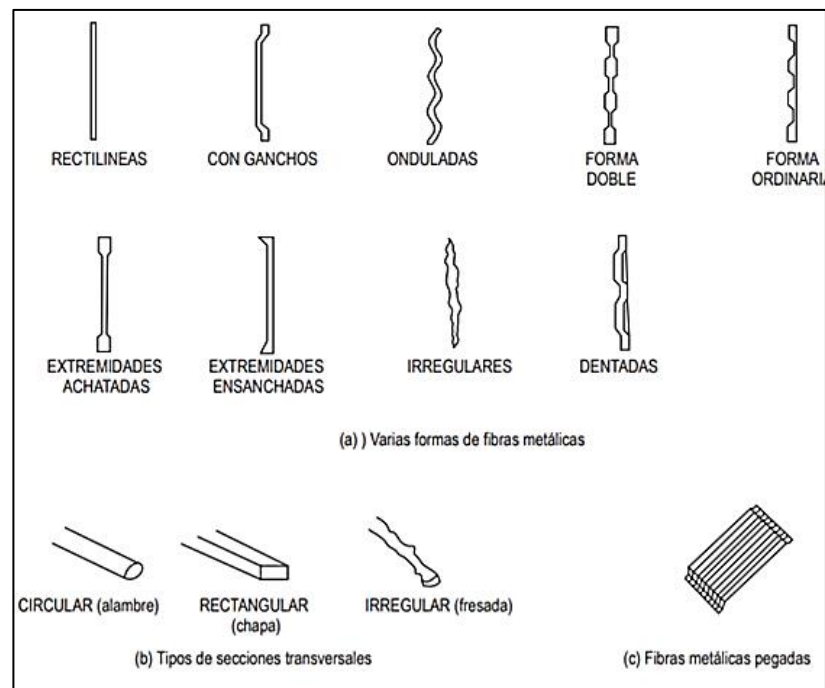


Figura 2.9. Tipos de Fibras Metálicas Según su Sección transversal. Tomada del Manual Técnico de Fibras Como Elemento Estructural Para el Refuerzo del Concreto, Maccaferri, 2015.

2.2.2.3. Propiedades de las fibras de acero y su efecto en el concreto

Las fibras de acero cortas son pequeños pedazos discontinuos de acero con un aspecto o esbeltez (relación entre longitud y diámetro) que varía entre 20 y 100 y con muchas secciones transversales, y son suficientemente pequeñas para ser aleatoriamente dispersas en una mezcla de concreto fresco utilizando procedimientos usuales. Algunas fibras de acero tienen extremos conformados para mejorar la resistencia al arrancamiento de la matriz a base de cemento.

La norma ASTM A 820 clasifica las fibras de acero en cuanto a su manufactura en cuatro tipos:

Tipo I: Las fibras de alambre conformadas en frío son las más fácilmente encontradas en el mercado, fabricadas de alambre de acero conformado.

Tipo II: Las fibras cortadas de chapas se fabrican como el propio nombre dice: las fibras de acero se cortan de las chapas de acero.

Tipo III: Las fibras extraídas de fundición, las cuales se fabrican por técnicas relativamente complicadas donde una rueda en rotación se usa para levantar el metal líquido de una superficie de metal fundido, a través de la acción de capilaridad. El metal fundido extraído se congela rápidamente en forma de fibras y se quita de la rueda por fuerza centrífuga. Las fibras resultantes tienen una sección transversal en forma de medialuna.

Tipo IV: Otras fibras. Para conocer sobre las tolerancias de longitud, diámetro y esbeltez, así como las resistencias a tensión mínimas y los requisitos a flexión, se recomienda consultar la norma ASTM A 820.

2.2.2.4. Ventajas y desventajas el concreto reforzado con fibras de acero

Laos (2007), menciona algunas de las ventajas más importantes que ofrecen las fibras de acero al ser incorporadas en la masa de concreto:

- Alta resistencia a tracción.
- Alta absorción de energía.
- Reduce la colocación de armadura tradicional en losas de concreto.
- Mejoran la resistencia del concreto a la fisuración por contracción.
- Es más eficiente y económico.
- Aumento de la capacidad de carga.
- Reduce la formación de fisuras.
- Produce concretos menos permeables.

El concreto reforzado con fibras de acero presenta una desventaja que no solamente es una deficiencia en este tipo de mezclas si no que comúnmente padecen todos los concretos reforzados. Esto sucede al momento del mezclado del concreto con las fibras, cuando estas se distribuyen aleatoriamente, algunas de ellas se acomodan en un ángulo que no es favorable para evitar el agrietamiento del concreto, es por esto que se reduce el porcentaje de fibras que ayudan al concreto a absorber las tensiones provocados por los esfuerzos a los cuales son sometidos.

2.2.3. Las fibras de polipropileno

2.2.3.1. Concepto de las fibras de polipropileno

Según Martínez (2000), las fibras sintéticas de polipropileno como adición al concreto fueron empleadas por primera vez en la década de los sesenta. Este material es un polímero sintético que comúnmente es fabricado a través de procesos de alargamiento en caliente. Estas fibras cuentan con propiedades que favorecen al concreto al momento del mezclado, ya que no reaccionan químicamente con los demás componentes de la mezcla. Esto es porque cuentan con una superficie impermeable que no reduce el agua de la mezcla. Complementando las características mencionadas, estas fibras suelen ser livianas y a la vez adquirir resistencias medianamente significativas a la tensión. Además, se fabrican en una diversidad de formas y a la vez pueden ser más económicas en comparación con otras fibras comerciales. Así como presentan características atractivas, también cuentan con algunas desventajas, como la limitada adherencia con la matriz del cemento, un diminutivo punto de fusión, son altamente combustibles y, por último, presentan un bajo módulo de elasticidad. A continuación, en la tabla N°02 se presentan algunas de las propiedades más relevantes de las fibras de polipropileno:

Tabla 2.2. Propiedades Técnicas de las Fibras de Polipropileno

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Densidad promedio	0.93	g/cm^3
Resistencia ultima a la tracción	3.10×10^2	Kg/cm^2
Alargamiento a la rotura	20	%
Módulo de elasticidad	9.97×10^3	Kg/cm^2

Nota: Disponible en: <http://www.matweb.com/search/DataSearch/DataSheet.aspx>

Ciertamente, las fibras como refuerzo no dependen únicamente de las propiedades que puedan ofrecer dichas fibras, sino también de la adherencia que se pueda dar entre la fibra y la mezcla de concreto. Se tiene la información de que la fibra sintética de polipropileno no tratada presenta una carencia de adherencia; es por ello que al ser necesario mejorar dicha característica es que se produjeron ciertas técnicas como la de revestir su superficie con ciertos materiales y ensanchar o torcer los extremos de la

misma. Con la mejora de estas técnicas, se puede mejorar el valor de la adherencia de 6 kg/cm² hasta 35 kg/cm² (Martínez, 2000).

La fibra de polipropileno es producida a través de un proceso de estiramiento, el material suele ser de diversos polímeros sintéticos, y su fabricación puede ser de sección circular o plana y de longitud plana o corta, las que unidas pueden formar mallas. Su uso difiere de otras fibras, como de acero y vidrio, debido a sus variados tamaños, formas y peculiares propiedades físico- mecánicas (Martínez, 2000).

2.2.3.2. Influencia de las fibras de polipropileno en el concreto

Martínez (2000) menciona que el desempeño de un elemento fibroreforzado depende principalmente de la dosis empleada, la longitud, las propiedades físicas y el grado de adherencia al estar unido con la mezcla de concreto. Otro factor que no forma parte de las características de la fibra en sí, pero influye significativamente en la transmisión de cargas, es la orientación de la fibra ante un plano de rotura, el cual es conveniente que se ubique de manera perpendicular a dicho plano para lograr efectos positivos.

2.2.3.3. Clasificación de las fibras de polipropileno

Se pueden apreciar las microfibras y macrofibras de polipropileno en la figura N°10.

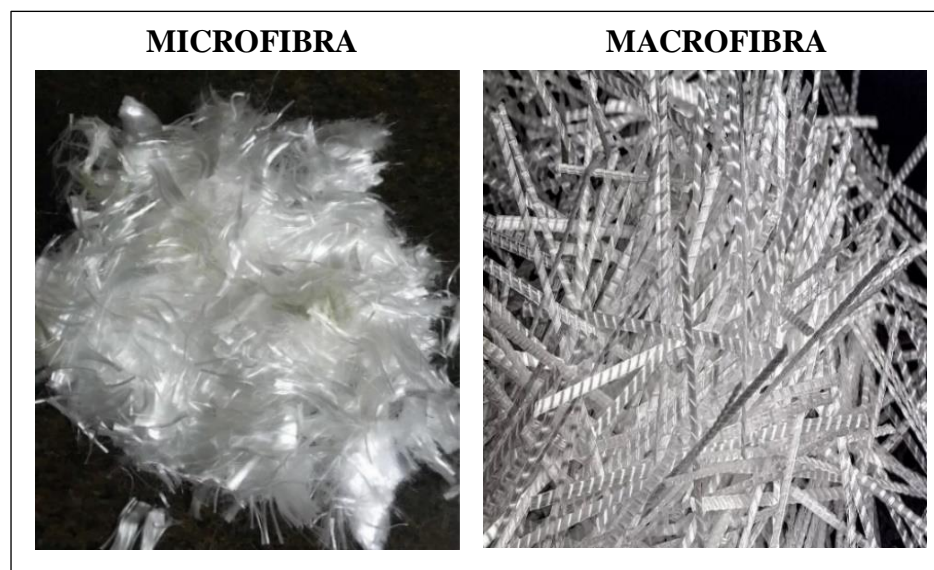


Figura 2.10. Microfibras y macrofibras de polipropileno. Tomada del Manual Técnico de Fibras Como Elemento Estructural Para el Refuerzo del Concreto, Maccaferri, 2015.

Según la Mármol (2010) las fibras de polipropileno de acuerdo a su diámetro pueden ser microfibras o macrofibras. En el caso de las

microfibras, tienen diámetros menores a 0.30 mm, mientras que las macrofibras tienen diámetros mayores o iguales a 0.30 mm con una longitud que varía de 20 mm a 60 mm y además pueden colaborar estructuralmente en el concreto.

Por otro lado, las fibras de polipropileno según su proceso de fabricación se clasifican en

- Monofilamentos extruidos:

Según ACI Comité 544 (2002) las fibras de polipropileno en forma de monofilamento son resultado de un proceso de extrusión, que consiste en estirar el material en caliente y es cortado mediante un disco de sección circular, generando una serie de filamentos separados continuos.

- Laminas fibriladas:

Las fibras de polipropileno fibriladas son resultado de un proceso de extrusión, las cuales son cortadas por un disco de sección rectangular, y se obtienen unas fibras unidas de polipropileno que están tejidas longitudinalmente dentro de cintas de igual ancho, es decir son paquetes de muchas fibras pequeñas; durante el mezclado, por el movimiento de los agregados, los paquetes son separados en paquetes más pequeños o en fibras individuales.

- Multifilamentos:



Figura 2.11. Tipos de fibras de polipropileno, Mármol, 2010.

Mármol (2010) menciona que las fibras multifilamento se suman a la clasificación, las cuales se generaron como reemplazo de las variedades de fibras monofilamento y están teniendo gran aceptación en el mercado de fibras sintéticas debido a que estas fibras mejoran la adherencia fibra-matriz

2.2.3.4. Procedencia y selección de las fibras de polipropileno

Las fibras de polipropileno, que serán utilizadas en la investigación, serán proporcionadas por Z Aditivos, empresa peruana dedicada principalmente a la tecnología en el ámbito de la construcción. Estas fibras han sido denominadas por sus productores como “Fibra de Polipropileno Z”, el cual es un tipo de fibra sintética apropiado para ser utilizado en el reforzamiento de concretos. Según Z Aditivos, la fibra "Polipropileno Z" ha sido fabricada con el objeto de inhibir la contracción plástica del concreto y dar solución antes de la formación de grietas, además que reducirían el agrietamiento en la retracción del concreto endurecido, y mejoraría la tenacidad del concreto como una alternativa de refuerzo secundario o de temperatura.

Las características de “Polipropileno Z” que Z Aditivos ha proporcionado son las siguientes:

- Cumple con las normas ASTM C1116, ASTM C1399 y resistencia residual ASTM C 1116-95.
- En su configuración, la fibra se presenta en forma de filamentos de polipropileno de longitud determinada.
- Químicamente, la fibra está fabricada de material de polipropileno 100% virgen.
- En dosificación, la fibra se usa en una dosis mínima de 400 gr a 1000 gr por cada metro cúbico de concreto.
- La longitud correcta de la fibra será de $\frac{3}{4}$ " como mínimo. Fibras más largas deben ser usadas según el tamaño máximo del agregado grueso del concreto como se muestra a continuación:

Tabla 2.3. Longitud de Fibra Según el Tamaño Nominal del Agregado

TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO	LONGITUD DE FIBRA
$\frac{1}{4}$ " (6mm)	$\frac{1}{2}$ " (13mm)

½" (13mm)	¾" (19mm)
¾" (19mm)	1 ½" (38mm)
>1" (>25mm)	2 ¼" (54mm)

Nota: Tomado de Recomendaciones de Uso de Fibra Super Net en Hormigones.

2.2.3.5. Propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polipropileno

Según Maccaferri (2015), las fibras de polipropileno tienen ciertas propiedades, que las hacen más favorables para su mezclado en el concreto. No tienen reacción química y son muy estables, presentan una superficie impermeable por lo cual no se quita agua de mezclado, son livianas y pueden alcanzar medianas resistencias a la tensión. Pueden ser fabricadas en diversas formas y con costos más bajos que otros tipos de fibras. Además, tienen un bajo módulo de elasticidad, un bajo punto de fusión y son combustibles. Las propiedades físicas y mecánicas de la fibra "Polipropileno Z", se muestran en la Tabla N°04.

Tabla 2.4. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Fibra "Fibra Z de polipropileno"

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Material	Polipropileno 100% virgen	-
Peso Específico	0.9	g/cm ³
Punto de Fundición	160 a 170	°C
Módulo de elasticidad	15000	kg/cm ²
Alargamiento a la rotura	20-30	%
Conductividad Térmica	Baja	-
Conductividad Eléctrica	Baja	-
Absorción	Ninguna	-
Resistencia a ácidos y sales	Si	-
Resistencia a la Tracción	560 a 765	Mpa
Longitud de Fibra	38	mm

Nota: Tomado de la Ficha Técnica "Fibra Z de Polipropileno", (2023).

2.2.4. Normas referentes al concreto reforzado con fibras

- ASTM C1116 (2015): especificación estándar para Concreto reforzado con fibras.

Esta norma informa al comprador sobre todos los tipos de concreto reforzado con fibra con los ingredientes uniformemente mezclados, las cuales pueden ser muestras y pruebas en los puntos de entrega.

- ASTM 820: Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete

Esta norma abarca los requisitos mínimos de las fibras de acero destinadas para su uso en concreto reforzado con fibras.

- ACI Committee - Report 544.1R (2002): State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete.

Incluye los principios fundamentales de los FRC, una descripción de los tipos de fibra, métodos de dosificación y mezcla, propiedades físicas, consideraciones de diseño y aplicaciones.

- ACI Committee - Report 544.2R (1989): Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete

Este informe trata sobre los procedimientos para la preparación de muestras y analiza las pruebas de trabajabilidad, resistencia a la flexión y absorción de energía del concreto reforzado con fibra o el concreto proyectado reforzado con fibra de material de acero, vidrio, poliméricas y naturales.

- ACI Committee – Report 544.3R (2008): Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced Concrete

Esta guía cubre la especificación, dosificación, mezcla, colocación y acabado del concreto reforzado con fibras.

- ACI Committee - Report 544.4R (2018): Guide to Design with Fiber - Reinforced Concrete

El fin de esta guía es proporcionar a los ingenieros pautas de diseño y recomendaciones para el uso de fibra como refuerzo en el concreto.

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) (2008) - Anexo 14: Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras

Esta instrucción, situada en el anexo 14, establece recomendaciones específicas y complementarias para el concreto con fibras en estado fresco, en las primeras edades o en estado endurecido, donde se pueden modificar algunas de sus propiedades.

2.2.5. Climas Fríos

2.2.5.1. Definición de clima frío

El clima frío se define como un período donde la temperatura promedio diaria desciende a 4°C en más de tres días sucesivos.

Según la norma E.060 en la sección 5.12 define al clima frío como: “se considera como clima frío a aquel en que, en cualquier momento del vaciado, la temperatura ambiente pueda estar por debajo de 5° C”.

Según la norma ACI 306R-10, en la sección 1.2 indica, “un periodo donde, por más de 3 días consecutivos, existen las siguientes condiciones: la temperatura promedio diaria del aire es menor a 5°C; la temperatura del aire no es mayor a 10°C durante más de la mitad de un periodo cualquiera de 24 horas”. La temperatura ambiente diaria es el promedio entre la temperatura más alta y la más baja, durante el período comprendido entre medio día y media noche.

2.2.5.2. Temperatura mínima

La temperatura mínima del aire, es una variable meteorológica que ocurre en las primeras horas del día, coincidiendo muchas veces con la salida del sol; es la temperatura leída en un termómetro expuesto al aire, protegido de la radiación solar directa. La temperatura mínima es la temperatura más baja alcanzada en un intervalo de tiempo dado y la temperatura mínima absoluta es la temperatura más baja de las temperaturas mínimas observadas en un tiempo dado durante un número de años determinado (SENAMHI, 2010).

Su comportamiento está sujeto a diversos factores, como la altitud, latitud, transparencia atmosférica, estacionalidad, entre otros. Por lo que sus valores difieren significativamente desde valores positivos a valores por debajo de los 0°C, en el territorio peruano.

En la figura N°12, presentada en el subtítulo 2.2.5.4. se muestra el comportamiento horario típico de la temperatura mínima del aire en los meses de enero y agosto, donde se observa el descenso nocturno hasta valores inferiores a 0°C durante las primeras horas de la madrugada.

2.2.5.3. Helada

Es un fenómeno geodinámico externo que consiste en la solidificación de lluvias que cubre generalmente campos y lagunas cuando la temperatura baja más allá de lo normal.

Desde el punto de vista meteorológico, se produce una helada cuando la temperatura ambiente desciende a 0° C o menos.

2.2.5.4. El clima frío en Perú

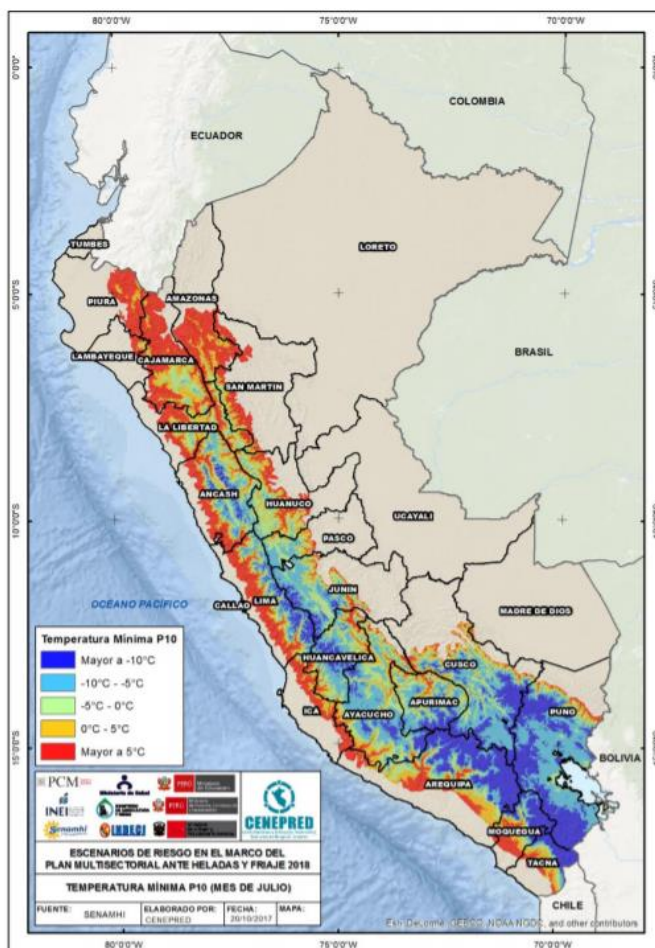


Figura 2.12. Temperatura Mínima Percentil a Nivel Nacional. Tomada de la guía del Escenario de riesgo por bajas temperaturas, CENEPRED, 2018.

El Perú, presenta grandes variaciones topográficas que determinan una acentuada variabilidad climática, lo que favorece la ocurrencia de eventos hidroclimáticos extremos tales como las heladas, granizadas, sequías, entre otros.

Las heladas meteorológicas suelen registrarse en general, en las partes altas de la región andina y principalmente en la estación seca del invierno; aunque también se presentan en las estaciones del verano y la primavera. En el contexto de la variabilidad climática, estos eventos extremos son cada vez más frecuentes e intensos, principalmente en la región andina (SENAMHI, 2010).

El inicio del descenso de las temperaturas en el Perú se da durante los meses de junio, julio y agosto. En este periodo se puede presenciar las heladas y friajes, las cuales generan diferentes efectos negativos a la

población. Es por ello que el CENEPRED en colaboración con diferentes instituciones como el SENAMHI elaboraron los escenarios de riesgos por heladas y friaje en el Perú en los sectores salud, agrario, vivienda, y educación. Esta información es una herramienta técnica que sirve para poder prevenir y reducir riesgos frente a las heladas y friaje (CENEPRED, 2021).

En la figura N°12 se pudo observar el mapa de temperatura mínima en las diferentes regiones del Perú, donde se da a conocer que en el mes de julio existen zonas donde los valores de temperatura llegan a descender por debajo de los 0°C y en zonas ubicadas sobre los 3000 m.s.n.m. (CENEPRED, 2018).

2.2.5.5. El clima frío en la región Junín

El departamento de Junín está ubicado en la región central del Perú. Esta cuenta con un total de 9 provincias. Además, su altitud varía desde los 201 m.s.n.m. hasta los 5730 m.s.n.m.

En la figura N°13 se puede notar la distribución altitudinal del departamento de Junín. En la cual se observa notoriamente que posee un relieve muy accidentado en donde la altitud sobrepasa los 4500 m.s.n.m. en determinados sectores (CENEPRED, 2021).

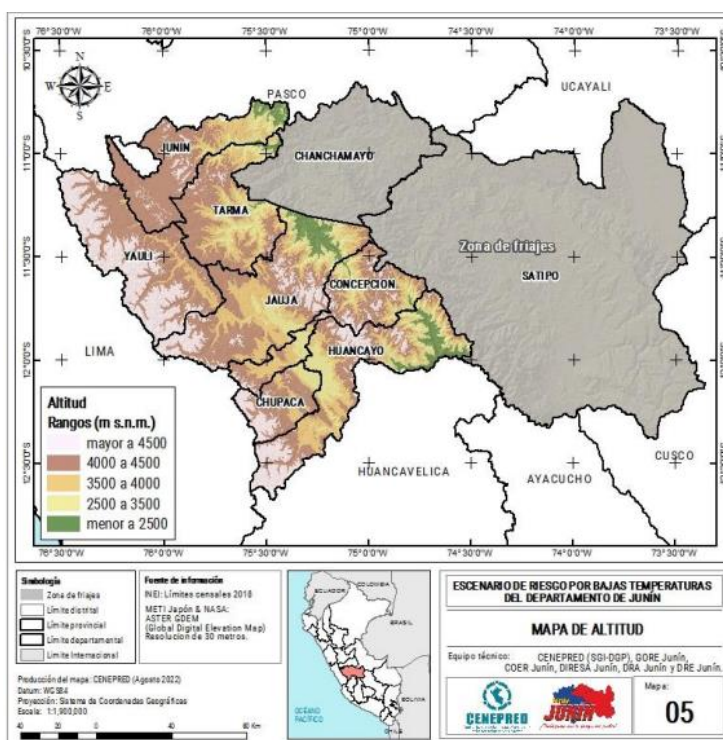


Figura 2.13. Mapa de altitud – Zona de heladas del departamento de Junín. Tomada de la guía del Escenario de riesgo por bajas temperaturas, CENEPRED, 2021.

Los efectos del clima frío como lo es la helada se dan principalmente en los meses de invierno, en donde según la información de SENAMHI la temperatura ambiente puede llegar a descender hasta 0°C o incluso menos. Es por ello que el CENEPRED relaboró el escenario de riesgos por bajas temperaturas para el departamento de Junín, el cual da a conocer información que incluye datos numéricos e información gráfica de temperatura mínima en la región mencionada (CENEPRED, 2021). A continuación, se pueden observar en las figuras N°14 y N°15 el mapa de temperatura mínima extrema percentil y su frecuencia en periodos de friaje en el departamento de Junín.

En el mapa presentado en la figura N°14 se puede observar que las zonas con mayor altitud registran valores de temperatura que están por debajo de 0°C en el mes de julio como es en el caso de la Provincia de Junín.

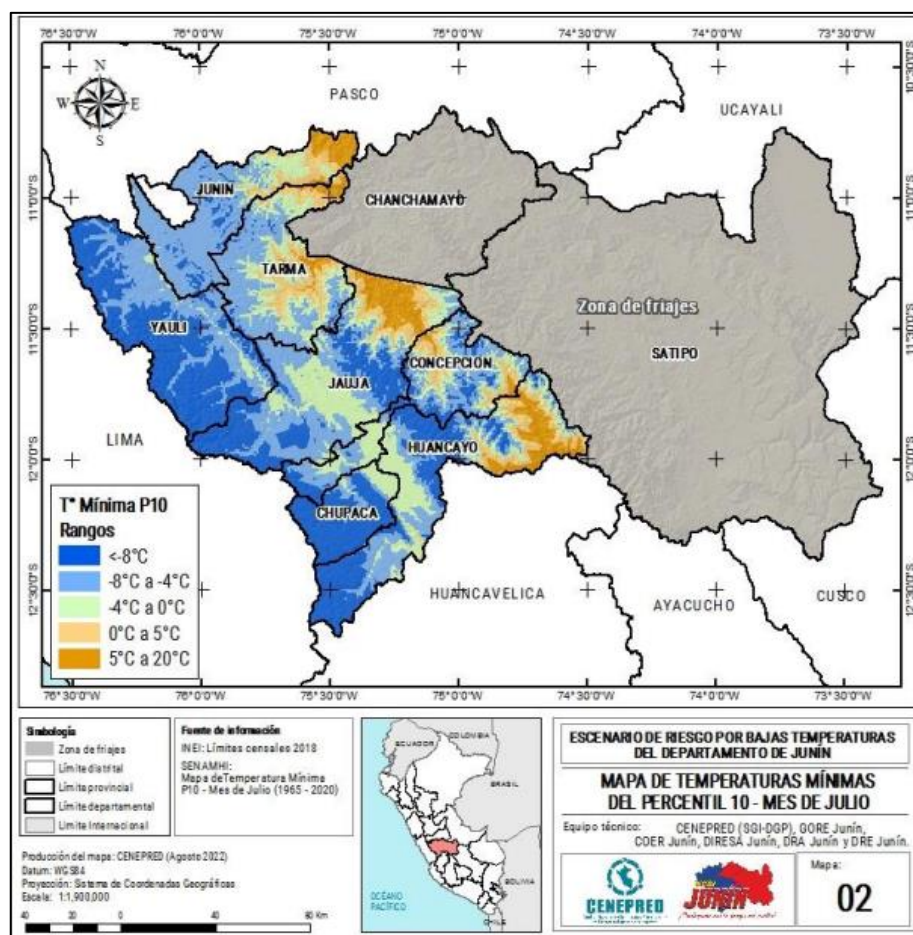


Figura 2.14. Mapa de temperatura mínima extrema - Mes de julio. Tomada de la guía del Escenario de riesgo por bajas temperaturas, CENEPRED, 2021.

Además, en el mapa de la figura N°15 se observa que diferentes zonas de las provincias de Junín, Yauli y Chupaca presentan mayor frecuencia de días de heladas en el mes de julio de entre 20 a 31 días (CENEPRED, 2021).

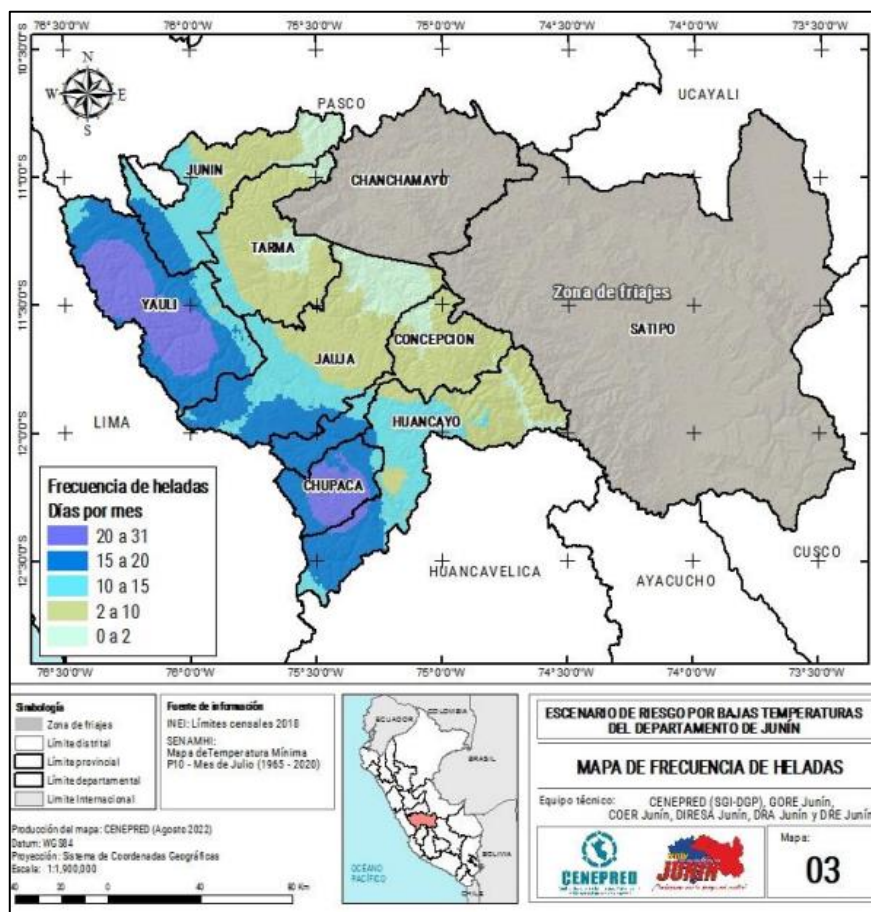


Figura 2.15. Frecuencia de heladas – Mes de julio. Tomada de la guía del Escenario de riego por bajas temperaturas, CENEPRED, 2021.

Las temperaturas en la provincia de Junín durante todo el año son bajas, en especial para aquellos lugares que están ubicados por encima de los 4000 m.s.n.m. Según CENEPRED (2021), la figura N°14 indica que las temperaturas más bajas se dieron en Carhuamayo (-16°C) y la menos baja en Ondores (-4.4°C); a este fenómeno de temperaturas extremas se le conoce como heladas, que son inferiores a 0°C .

2.2.6. Concreto en climas fríos

2.2.6.1. Mecanismos físicos y químicos de deterioro del concreto

Los mecanismos físicos y químicos de deterioro del concreto se pueden clasificar como se muestra en la Figura N°16.

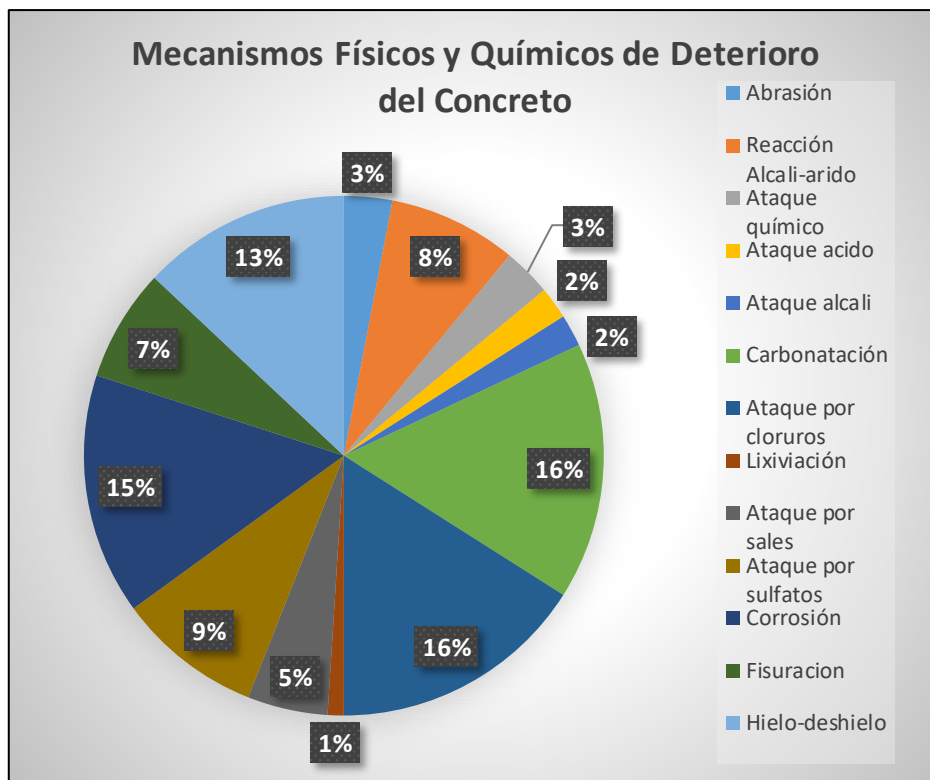


Figura 2.16. Mecanismos Físicos y Químicos de Deterioro del Concreto, por Rivva, 2010.

De acuerdo con esta clasificación, el 13% de los casos estudiados corresponde a problemas de durabilidad debido a ciclos de hielo-deshielo.

La desintegración del concreto, por acción alterna de heladas y deshielos, es debida a la congelación y expansión del agua en los poros de la pasta y/o el agregado.

La resistencia del concreto a la acción de las heladas depende principalmente de: La calidad de la pasta; la naturaleza de los agregados; la estabilidad de volumen de los agregados, definida como su habilidad para resistir cambios de volumen cuando están sujetos a procesos de congelación; la granulometría del agregado, dado que cuanto mejor es ésta más compacto e impermeable es el concreto; la estructura de poros, porosidad y absorción del agregado.

De acuerdo con esta clasificación, el 13% de los casos estudiados corresponde a problemas de durabilidad debido a ciclos de hielo-deshielo.

La desintegración del concreto, por acción alterna de heladas y deshielos, es debida a la congelación y expansión del agua en los poros de la pasta y/o el agregado.

La resistencia del concreto a la acción de las heladas depende principalmente de: La calidad de la pasta; la naturaleza de los agregados; la estabilidad de volumen de los agregados, definida como su habilidad para resistir cambios de volumen cuando están sujetos a procesos de congelación; la granulometría del agregado, dado que cuanto mejor es ésta más compacto e impermeable es el concreto; la estructura de poros, porosidad y absorción del agregado.

Un concreto que presente un agregado con buena calidad no será resistente a los procesos de congelación si la pasta es de calidad inadecuada. Igualmente, un concreto que tiene una pasta resistente a las heladas puede no ser totalmente resistente a éstas si contiene partículas de agregado no estables cuando están en un estado de saturación crítica (Rivva, 2010).

2.2.6.2. Ciclos de congelamiento en el concreto.

Los ciclos repetidos de congelamiento y deshielo en climas fríos provocan graves daños sobre las estructuras y los elementos de concreto, en particular sobre aquellos que tienen una gran superficie expuesta, tales como pavimentos, revestimientos de canales o tableros de puentes, etc. En esos casos, se ve comprometida además su funcionalidad, acelerándose la velocidad de deterioro por otras causas, tales como la abrasión y la erosión.

En su estado plástico, el concreto se congelará si su temperatura cae por debajo de -4°C , si el concreto en estado plástico se congela, su resistencia potencial puede ser reducida en más de un 50% y su durabilidad será afectada en forma adversa. El concreto estará protegido de la congelación cuando alcance una resistencia a compresión mínima de 3.5 MPa.

En cuanto a la temperatura que puede ocasionar la congelación del agua del concreto, teóricamente debería ser cuando desciende a 0°C , sin embargo, a esta temperatura sólo se congela el agua superficial. Debido a que el agua interna, que ocupa los poros de diferentes tamaños del concreto, requiere para congelarse una temperatura progresivamente más baja en función del tamaño de los poros, puede considerarse que la condición de riesgo por descenso de la temperatura ambiental se presenta cuando ésta desciende al punto de congelación (0°C) y continúa descendiendo hasta

llegar a un nivel suficientemente bajo para que se congele el agua en todos los poros del concreto (Tagle y Zapana, 2017).

2.2.6.3. Presión hidráulica.

El agua en los poros capilares del concreto está sometida a una presión que es tanto mayor cuanto menor es el diámetro de éstos y por tanto también se reduce el punto de congelación. Como consecuencia, el agua de los poros de mayor diámetro se hiela antes que la de los poros más finos, con lo cual los cristales de hielo que se han formado en los primeros impiden la expansión del agua al helarse en los más finos, dando lugar a la creación de una presión hidráulica sobre paredes de los poros que pueden llegar a fisurar el concreto (Fernández, 2011).

2.2.6.4. Factores que afectan a la resistencia del concreto frente al congelamiento

El clima frío puede causar problemas en el mezclado, vaciado, tiempos de fraguado y curado del concreto, teniendo un efecto adverso en las propiedades físicas y la vida de servicio. Sin embargo, la capacidad del concreto para resistir la acción de los ciclos de hielo-deshielo depende principalmente de las características tanto de la pasta de cemento como de los agregados.

Los principales factores que afectan al daño por congelamiento y deshielo en el concreto son:

- **Grado de saturación del concreto**

En cuanto a la magnitud del daño, el contenido de humedad del concreto en el momento del congelamiento es un factor fundamental. Aquí, la diferencia entre el grado de saturación crítico y el que existe en el momento de la congelación es lo que puede determinar la resistencia del concreto a la congelación. Al aumentar el contenido de humedad, existirá más agua disponible para congelar, por lo que el daño será mayor. Este grado de saturación crítico del concreto depende principalmente de su permeabilidad y de la disponibilidad de agua en contacto con el material; pero, también depende de las condiciones ambientales como la tasa de evaporación del agua, la velocidad de enfriamiento y la frecuencia de los ciclos hielo-deshielo.

- **Relación agua/cemento**

La relación a/c influye en la porosidad de la pasta y por lo tanto en todas las propiedades de durabilidad del concreto, además, la relación a/c y el contenido de aire de los concretos, son las variables más dominantes que inciden en los daños causados por los ciclos de hielo-deshielo.

Conviene emplear la mínima relación a/c posible, ya que cuanto mayor sea esta mayor es el volumen de grado de poros presente en la pasta de cemento hidratada, que es donde reside el agua más fácilmente congelable y también es mayor la permeabilidad (Tagle y Zapana, 2017).

2.2.7. Normas referentes a concreto en climas fríos

Existen diversas normas y métodos de ensayos desarrollados con el fin de evaluar la resistencia del concreto frente a los ciclos de congelamiento y deshielo. Estos métodos presentan distintas características, tanto en el método de ensayo como en la evaluación del daño. Los tipos de daño son el interno y el externo.

Cabe recalcar que los métodos de ensayo no intentan proporcionar una medida cuantitativa de la duración en servicio que puede esperarse para un determinado hormigón (concreto). Simplemente se utilizan para determinar los efectos de las variaciones de la composición y características del hormigón en la congelación y el deshielo. También se utilizan para verificar el comportamiento de áridos (agregados) de durabilidad cuestionable frente a la congelación y el deshielo (Navareño, 2015, p.51).

- **NORMA ASTM C 666:** Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.

Es un método para probar la resistencia del concreto frente a ciclos rápidos de hielo-deshielo comprendidos entre 4°C y -18°C que se completará entre 2 y 5 horas según dos métodos que se identifican como A y B. En el primer procedimiento la congelación de la muestra es sumergida en el agua mientras que en el segundo la congelación de la muestra está en el aire, pero, el descongelamiento en ambos casos se realiza en agua. El procedimiento A limita como máximo el tiempo para la descongelación en el 25% del tiempo total, y en el procedimiento B se limita en 20%. La muestra se ensaya hasta llegar a los 300 ciclos de hielo-deshielo o hasta que el módulo de elasticidad se reduzca al 60% de su valor original. Se obtiene así un “factor de durabilidad” y se expresa como:

Ecuación 3: Factor de durabilidad

$$DF = \frac{P \times N}{300}$$

Donde:

P= Porcentaje del módulo dinámico inicial después de N ciclos.

N= Número de ciclos

Este factor sirve para comparar concretos en los que cambia solo una variable, por ejemplo, el árido. Sin embargo, de modo de orientativo se puede considerar que:

P < 40, el concreto probablemente no sea satisfactorio para la resistencia a la helada

40 < P < 60, el comportamiento del concreto es dudoso

P > 60, el concreto probablemente se comportará de modo satisfactorio.

- **NORMA ASTM C 672:** Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals.

El objetivo principal de este método es determinar la resistencia de la superficie del concreto sometida a ciclos de hielo y deshielo en presencia de productos químicos para la descongelación. La evaluación cualitativa de la resistencia se realiza mediante el examen visual. Este método puede usarse para evaluar el efecto de la dosificación, el tratamiento de la superficie, el curado y otras variables de la resistencia.

Las probetas se congelan entre 16 y 18 horas, luego se almacenan en el laboratorio al aire con temperatura de aproximadamente 23±2°C y una humedad relativa del 45 a 55% durante 6 a 8 horas, para su descongelación. Si es necesario, se añade agua después de cada ciclo para mantener la profundidad apropiada de la solución. Se repite este ciclo diariamente y se limpian las superficies de las probetas al final de cada 5 ciclos con una brocha. Se cambia la solución después de realizar un examen visual.

- **NORMA PERUANA**

En nuestro país no existe una norma de ensayo para determinar la resistencia de concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo, sin embargo, en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma E.060 indica una serie de requisitos para satisfacer la durabilidad del concreto a ciclos de congelamiento y deshielo.

Tabla 2.5. Contenido de aire.

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Contenido de aire (%)	
	Exposición severa	Exposición moderada

9.5	7.5	6.0
12.5	7.0	5.5
19.0	6.0	5.0
25.0	6.0	4.5
37.5	5.5	4.5
50.0	5.0	4.0
75.0	4.5	3.5

Nota: Obtenido del RNE E 0.60.

2.2.8. Propiedades mecánicas del concreto

Se consideran propiedades mecánicas, a la capacidad de resistencia del concreto en donde el material es sometido a esfuerzos máximos soportando las diferentes cargas.

2.2.8.1. Resistencia a la compresión del concreto

La función principal del concreto es soportar los esfuerzos de compresión; el índice de su calidad dependerá de las solicitudes de resistencia a esfuerzos del concreto.

Para determinar la propiedad mecánica principal del concreto, se realiza un ensayo que consiste en colocar los especímenes de concreto en la prensa hidráulica, en la que se aplicará una fuerza de compresión axial continua hasta que ocurra la rotura de la probeta del concreto. Para determinar la compresión se realiza la división entre la carga máxima alcanzada y la sección de la probeta de concreto. (Sota, 2017).

La prueba de resistencia a compresión se realiza según lo establecido en la norma (NTP 339.034, 2008). Las probetas dependen a las siguientes dimensiones indicadas en la Tabla N°06:

Tabla 2.6. Diámetros permisibles en probetas de ensayo según NTP 339.034

Diámetro de probeta de ensayo (mm)	Diámetro máximo (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Nota: Tomado de la NTP 339.034, (2008).

Todas las probetas que se van a ensayar para una edad de ensayo establecida tendrán que ser fracturados en el tiempo permisible que muestra la siguiente tabla:

Tabla 2.7. Edad y Tolerancia de ensayo NTP 339.034

Tolerancia permisible	Edad de ensayo
+48 h o 2.2%	90 d
+20 h o 3.0%	28 d
+6 h o 3.6%	7 d
+2 h o 2.8%	3 d
+0.5 h o 2.1%	24 h

Nota: Tomado de la NTP 339.034, (2008).

- Se debe colocar el espécimen de rotura alineando los ejes sobre el cabezal de la máquina de prueba.
- Verificar que esté en cero el indicador de carga antes de ensayar la probeta.
- Con una velocidad de esfuerzo constante se aplica continuamente la carga encima de la probeta sin detenerse de 0.25 ± 0.05 MPa/s.
- Calcular la resistencia de la muestra a la compresión, dividiendo la carga máxima alcanzada en el transcurso del ensayo, entre el área media de la sección diametral promedio determinado y considerar el resultado con aproximación a 0.1 MPa.
- Corregir si en caso la relación entre el diámetro y la longitud es menor a 1.75 con la siguiente tabla:

Tabla 2.8. Relación longitud/diámetro

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

Fuente. NTP 339.034, (2008).

2.2.8.2. Resistencia a la tracción del concreto

Normalmente esta propiedad no es considerada para diseñar una estructura, ya que la resistencia a la tracción que tiene es muy baja. Por otro lado, los concretos que son constituidos por agregados livianos tienden a encogerse más de la normalidad, por lo que esta propiedad es importante y

en estos casos se tomaría en cuenta su diseño; también es importante en el agrietamiento del concreto debido a la restricción de la contracción provocada por la disminución de la temperatura o el secado del concreto. En esta propiedad es complejo el cálculo de la resistencia a la tracción por medio de ensayos directos, por su incertidumbre (Sota, 2017).

Según, Sota (2017) hay una forma indirecta de medir la resistencia a la tensión mediante una probeta cilíndrica estándar de 0.30 m de longitud y de 0.15 m de diámetro cargándolo a compresión de forma longitudinal, los apoyos pueden ser listones de madera laminada o cartón con un ancho aproximado de 2.5 cm y un espesor aproximado de 0.3 cm, estas deben estar libres de imperfecciones. Los procedimientos del curado y la elaboración de la probeta son similares a los procedimientos de la prueba a compresión, y la velocidad que se aplica en la carga de este ensayo es de 7 a 15 kg/cm²/min. Y se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4: Resistencia a la tracción del concreto

$$RT = \frac{2P}{\pi LD}$$

Dónde:

RT: Resistencia a la tracción de un cilindro (kg/cm²).

P: Máxima carga aplicada (kg).

L: Longitud del cilindro (cm).

D: Diámetro del cilindro (cm).

2.2.8.3. Resistencia a flexión del concreto

Se encuentra normalmente en las losas y vigas; también es conocida como módulo de rotura (MR) y su unidad está expresada en MPa. Mediante los ensayos ASTM C78 o ASTM C293 se determina la resistencia a flexión, para medirlo se aplican cargas en vigas con una sección transversal de 100 mm x 100 mm, la longitud de su luz debe de ser tres veces su espesor como mínimo. La resistencia a flexión se expresa también como una medida de la resistencia a tracción (NRMCA, 2021).

El valor del módulo de rotura dependerá de las características del agregado empleado en el concreto, que usualmente está entre el 10 % y el 20 % de la compresión (NRMCA, 2021).

Método de ensayo ASTM C78

a. Aparatos y materiales:

- Para desarrollar los ensayos de flexión en el concreto, las máquinas para el ensayo deben cumplir con las especificaciones requeridas en la norma, estas deben de tener la capacidad para conservar la distancia de separación especificada entre los bloques donde se aplica la carga y los bloques que lo soportan, la variación debe ser ± 1.3 mm.
- Para el ensayo las probetas deberán estar acorde a lo que piden los métodos de ensayo C42, fines prácticos C31 o el C192 aplicados en la viga y las probetas con secciones prismáticas, con una longitud de tres veces su altura, y las variaciones no deben sobrepasar el 2 %.

b. Procedimiento:

- Las probetas que están con curado húmedo se deben ensayar tan pronto se les retire de su almacenamiento.
- Para ensayar las probetas que fueron moldeadas, acomodarlas en la posición en que estas fueron moldeadas, luego se centra en los bloques de soporte.
- Colocar una carga continua a la probeta sin la necesidad de golpearla.
- En la fractura, para calcular la razón en el ensayo a flexión se utiliza la siguiente fórmula.

Ecuación 5: Razón de carga

$$r = \frac{Sbd^2}{L}$$

Dónde:

r = Es la razón de carga (MN/min)

S= La razón del aumento del esfuerzo en la fibra extrema (Mpa/min)

b = Ancho promedio del espécimen en la fractura (mm)

d= Altura promedio del espécimen (mm)

L= Longitud entre apoyos (mm)

- La siguiente ecuación es utilizada cuando la rotura se da en la superficie de tensión, dentro del tercio central de la longitud de la viga.

Ecuación 6: Módulo de rotura en el tercio central

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Dónde:

R = Módulo de Ruptura (Mpa)

P = Máxima carga aplicada, indicada por la máquina (N)

L = Longitud entre apoyos (mm)

b = Ancho promedio del espécimen en la fractura (mm)

d = Altura promedio del espécimen en la fractura (mm)

- La siguiente ecuación se utiliza cuando la fractura ocurra en la superficie a tensión entre apoyos a una longitud fuera del tercio medio, la distancia no debe sobrepasar el 5 % de la luz libre.

Ecuación 7: Módulo de rotura fuera del tercio central

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Donde:

a = Distancia promedio entre el apoyo más próximo y la línea de fractura, que se mide en una superficie a tensión (pulg. o mm).

- Cuando la fractura ocurra a una longitud entre apoyos fuera del tercio medio de la superficie a tensión, superando el 5 % la longitud de la luz libre, el resultado obtenido en el ensayo será descartado.

2.2.9. Propiedades físicas del concreto

2.2.9.1. Trabajabilidad

Es la facilidad de un material para mezclarse homogéneamente con los demás componentes y así formar el concreto, y de la misma manera de trasladarse, manipularse y de colocarse de manera sencilla y con un mínimo esfuerzo.

La mezcla de concreto debe contar con una trabajabilidad óptima para que éste tenga la capacidad de fluir y llenar todos los espacios del encofrado y también alrededor del acero de refuerzo, lográndose de esta manera un elemento homogéneo con la poca o nula presencia de burbujas de aire en su interior.

La trabajabilidad del concreto está sujeta en gran parte a las propiedades de los materiales que la componen, tales como la granulometría y dosificación de los agregados y la cantidad del agua de mezclado. Controlando se aportaría demasiado para lograr un concreto adecuado (Rivva López, 2000).

2.2.9.2. Consistencia

Es la oposición que experimenta el concreto en estado fresco a deformaciones. Esa docilidad depende de factores como la forma, la granulometría, y el tamaño máximo de los agregados empleados en la mezcla del concreto. El valor de la consistencia o fluidez del concreto se puede conocer realizando el ensayo del slump, el cual es una prueba que se realiza in situ, es decir, en el momento del amasado del concreto. Para ello, es necesario contar con equipos como el Cono de Abrams, una varilla lisa, etc. Otra prueba para conocer el mismo valor es la esfera de Kelly, la cual es un ensayo poco sencillo de realizar en comparación del mencionado anteriormente y que mayormente se usa en el laboratorio (Harman, 1998).

Tabla 2.9. Valores para medir el asentamiento y la trabajabilidad del concreto en estado fresco

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (PULG.)	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0 a 2	Poco trabajable o no fluye	Vibración normal
Plástica	3 a 4	Trabajable o fluye bien	Vibración ligera
Fluida	≥ 5	Muy trabajable o muy fluido	Chuseado

Nota: Tomado de Tecnología del concreto (Flavio Abanto Castillo, 2009).

2.2.9.3. Temperatura

La temperatura es un factor relevante para que pueda darse el proceso químico en el concreto, y además la temperatura también influye excesivamente sobre las características de la pasta, Pasquel (1998). Su medición se da durante el estado fresco del concreto y la norma que rige su obtención es NTP:339.184:2013; la misma que establece como equipos y herramientas a los siguientes:

- Recipiente.
- Aparato para la temperatura.

2.2.9.4. Peso unitario fresco

Es la determinación de la densidad del concreto en estado fresco y a su vez a través de fórmulas calcular el rendimiento, el mismo que viene a ser

el volumen de concreto producido a partir de una mezcla con cantidades conocidas de materiales. La norma que rige su medición es la NTP:339.046:2008, la misma que establece los siguientes equipos y herramientas de uso:

- Balanza.
- Barra compactadora.
- Recipiente de medida.
- Placa de enrase.
- Mazo.
- Cuchara.

2.2.9.5. Contenido de aire

Todo el concreto está conformado por aire atrapado, el mismo que depende de los aportes de los materiales, de la granulometría y tamaño máximo de los agregados; para el diseño de mezcla es necesario considerar el porcentaje de aire atrapado y a la vez en un estado fresco de la mezcla realizar su medición (Lao, 2007).

La norma técnica que rige tal ensayo es la NTP:339.083:2003 y establece los siguientes equipos y herramientas:

- Medidor de aire, ya sea tipo A o B.
- Recipiente de medición.
- Sistema de tapa.

2.3. Definición de términos

- **Fibra Híbrida:** Compuesto o combinación de dos o más fibras de diferentes características, las cuales intercambian sus propiedades más potenciales. Al ser utilizadas como refuerzo en el concreto pueden brindar una mejora en la resistencia por ser rígido y flexible a la vez (Natarajan, 2017).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La adición de las fibras híbridas al concreto de $f'c=280$ kg/cm² incide en las resistencias obtenidas de las propiedades mecánicas analizadas, mejorando los resultados cuando son sometidas a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

2.4.2. Hipótesis específicas

- A. La adición de las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² incrementa la resistencia a la compresión simple hasta en un 55% cuando es sometida a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.
- B. La adición de las fibras híbridas influye en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f'c=280$ kg/cm² incrementando su resultado hasta en un 50% cuando es sometida a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.
- C. Al adicionar las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² se mejora la resistencia a la flexión hasta en un 68% cuando es sometida a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

- **Variable independiente (X): Fibras híbridas**

Natarajan (2017) indica que: "Las fibras híbridas son la combinación de diferentes tipos de fibras, las cuales intercambian sus propiedades más potenciales para así mejorar las características de los materiales".

- **Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del concreto**

Alión (2020) señala: "Cuando finaliza el proceso de fraguado, el concreto se torna rígido y comienza su proceso de endurecimiento y de ganancia de resistencia en el tiempo". Dentro de las propiedades del concreto en estado endurecido se encuentran varias propiedades, como la resistencia y la durabilidad.

2.5.2. Definición operacional de la variable

- **Variable independiente (X): Fibras híbridas**

Se adicionaron fibras híbridas conformadas por fibras de acero más fibras de polipropileno en diferentes proporciones respecto del volumen del concreto a fin de ser comparadas con la muestra patrón sin ninguna adición.

- **Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del concreto**

Se realizaron ensayos de resistencia a compresión axial, flexión y tracción indirecta por compresión diametral en el concreto $f'c=280$ kg/cm² con y sin la adición de fibras híbridas para edades de 7, 14 y 28 días y curado a temperatura del medio ambiente (15°C) y temperatura de congelamiento (-5°C).

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 2.10. Operacionalización de Variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente	Fibras híbridas	Dosificación Fibra de acero + Fibra de Polipropileno	Fibra de acero (0.00%) + Fibra de polipropileno (0.00%)
			Fibra de acero (0.2%) + Fibra de polipropileno (0.02%)
			Fibra de acero (0.4%) + Fibra de polipropileno (0.04%)
			Fibra de acero (0.6%) + Fibra de polipropileno (0.06%)
			Resistencia a compresión simple
Variable dependiente	Propiedades mecánicas del concreto	Propiedades de resistencia en estado endurecido	Resistencia a la tracción diametral Resistencia a la flexión

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En esta investigación se utilizó el método científico. Bunge (1972) menciona que es un conjunto de procedimientos y operaciones para llegar a una meta. El sub método científico empleado fue el analítico, que consiste en la descomposición de un todo en sus partes o elementos para así observar y determinar las causas, la naturaleza y los efectos de un suceso.

Esta investigación se encuentra sujeta bajo ambos métodos porque investigamos la resistencia a compresión axial, tracción indirecta por compresión diametral y flexión en vigas de concreto a través de la conformación de dos grupos, uno con el refuerzo de la combinación de las fibras de acero y polipropileno en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con 0.02%, 0.04% y 0.06% respectivamente y otro grupo sin el refuerzo de estas. Posterior a la ejecución se contrastaron los resultados obtenidos y finalmente se publicaron los resultados.

3.2. Tipo de investigación

La investigación es del tipo APLICADA, Bunge (1972) nos dice que este tipo de investigación tiene el objetivo de dar solución a problemas concretos e identificables.

La presente investigación es aplicada porque trata de dar solución a la disminución de la propiedad de la resistencia a la tracción del concreto en temperaturas de congelamiento adicionando la combinación de fibras a su estructura.

3.3. Nivel de investigación

De acuerdo a la situación a estudiar, se incorpora el nivel de investigación denominado EXPLICATIVO, ya que se pretende explicar por qué ocurre un

determinado suceso y en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables (Sampieri, Fernández y Baptista, 2006).

En la presente investigación se busca determinar por qué la incorporación de la combinación de fibras mejora la resistencia en una de las propiedades mecánicas del concreto, como lo es la resistencia a la tracción diametral y sujeta a temperaturas de congelamiento en la Provincia de Junín.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño del trabajo de investigación es experimental de tipo cuasi-experimental, debido a que se manipulará intencionalmente la variable independiente para así analizar sus efectos sobre la variable dependiente. La principal característica de este tipo de diseño es que los individuos no se asignan aleatoriamente o al azar a los grupos de tratamiento y control, sino que dichos grupos ya han sido conformados previo a la realización del experimento (Sampieri, Fernández y Baptista, 2006). En este diseño uno de los grupos recibe el tratamiento o estímulo experimental de manera intencional y el otro no (grupo control), para luego evaluar las posibles consecuencias.

$$G_1 \quad X \quad O_1$$

$$G_2 \quad - \quad O_2$$

Donde:

G1: Representa el grupo de probetas de concreto (grupo experimental) reforzadas con la combinación de las fibras de acero y polipropileno en sus diferentes dosificaciones.

G2: Representa el grupo de probetas de concreto (grupo control) reforzadas con la combinación de las fibras de acero y polipropileno en sus diferentes dosificaciones.

X: Representa el estímulo o tratamiento experimental. Para el caso de esta investigación el curado a temperatura de -5°C (clima frío) representa el estímulo al que será sometido el grupo G1.

O1 y O2: Representan la posprueba que se obtendrá a través de los ensayos de resistencia a compresión simple, tracción diametral y resistencia a la flexión luego de someter al estímulo ambos grupos de probetas de concreto reforzadas con la combinación de fibras.

-: Representa la ausencia del estímulo, es decir el grupo control conformado por las probetas reforzadas con la combinación de las fibras serán sometidas a curado convencional a temperatura de 15°C .

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

En esta investigación, la población está conformada por 4 dosificaciones de concreto reforzadas con la adición de las fibras híbridas, repartidas intencionalmente en diferentes grupos. Un primer grupo sin la adición de la combinación de las fibras y otro grupo adicionado con la combinación de fibras en proporciones de 0.02%, 0.04% y 0.06% de la fibra de polipropileno con 0.2%, 0.4% y 0.6% de la fibra de acero respecto del volumen de concreto, las cuales serán sometidos a curado a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

3.5.2. Muestra

En la presente investigación se considerará una muestra de tipo dirigido o intencional ya que se seleccionó el 100% de la población al considerarla como un número manejable de sujetos. En este sentido, Ramírez (1997) considera a esta muestra de tipo censal, ya que todas las unidades de investigación son consideradas muestras.

Tabla 3.11. Distribución de la muestra en curado en clima frío

ENSAYOS	EIDADES DEL CONCRETO (DIAS)	DOSIFICACION DE FIBRA DE ACERO + FIBRA DE POLIPROPILENO (%)			
		0%	0.2% +	0.4% +	0.6% +
		(Patrón)	0.02%	0.04%	0.06%
Resistencia a la compresión	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
Resistencia a la tracción diametral	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
Resistencia a la flexión	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
SUB TOTAL (UND)		27	27	27	27
TOTAL (UND)		108			

Tabla 3.12. Distribución de la muestra en curado convencional

MUESTRAS SOMETIDAS A CURADO EN CLIMA CONVENCIONAL (15°C)					
ENSAYOS	EDADES DEL CONCRETO (DIAS)	DOSIFICACION DE FIBRA DE ACERO + FIBRA DE POLIPROPILENO (%)			
		0% (Patrón)	0% (Patrón)	0% (Patrón)	0% (Patrón)
Resistencia a la compresión	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
Resistencia a la tracción diametral	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
Resistencia a la flexión	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
SUB TOTAL (UND)		27	27	27	27
TOTAL (UND)				108	

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Las principales técnicas que fueron utilizadas en la investigación fueron:

- **Observación directa:** Que consistirá en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables a través de un conjunto de dimensiones e indicadores.
- **Revisión bibliográfica:** Se usó esta técnica, preferentemente en base a fuente primaria, y se tomaron en cuenta los procedimientos como el acopio bibliográfico.
- **Muestreo:** Se realizaron los ensayos en un laboratorio particular que permitió conocer las propiedades mecánicas de los elementos a evaluar.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los principales instrumentos que conformarán la investigación serán:

- **Formatos de ensayos estandarizados de laboratorio:** Con este instrumento se podrá registrar la información técnica de cada probeta ensayada, así como también de los distintos materiales que comprenden ésta, como los agregados, para finalmente poder realizar las comparaciones, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

3.7. Procesamiento de la información

3.7.1. Ubicación geográfica

La presente investigación se desarrolló tomando en cuenta los efectos de la temperatura mínima de la provincia de Junín sobre el concreto. Esta ciudad, la cual está ubicada en la provincia del departamento de Junín, está dividida por cuatro distritos (Junín, Carhuamayo, Ondores y Ulcumayo), los cuales cuentan con altitudes que superan los 4000 m.s.n.m., lo que genera que en determinados meses del año el clima llegue a descender hasta valores por debajo de 0°C.

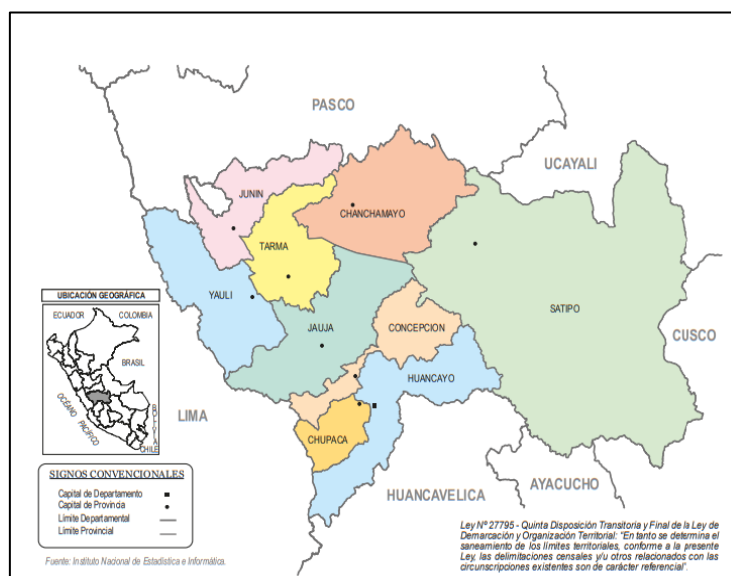


Figura 3.17. Ubicación Geográfica a Nivel Departamental de la Investigación. Tomada del INEI, 2008.



Figura 3.18. Ubicación Geográfica a Nivel Provincial de la Investigación. Tomada del INEI, 2008.

3.7.2. Ubicación de la cantera

La cantera seleccionada para la obtención de los agregados fue la cantera Roca Fuerte, la cual está ubicada en el Distrito de Ondores, de la Provincia de Junín. La aceptación se evaluó tomando una muestra representativa según lo contemplado en las normas ASTM C114-11.

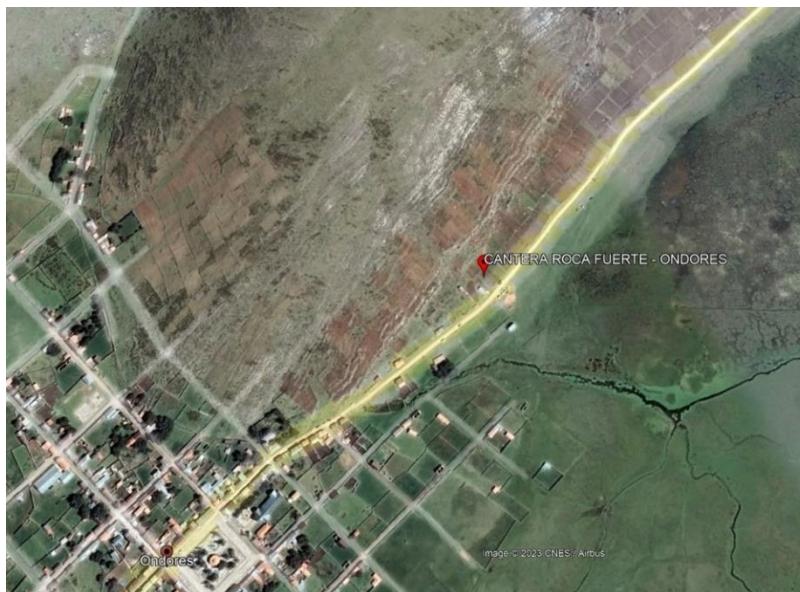


Figura 3.19. Ubicación de la Cantera Roca Fuerte. Tomada de Google Earth, 2017.

A continuación, se muestran los datos de la geolocalización de la Cantera Roca Fuerte:

- Coordenadas UTM

Coordenada Norte	: 8774956.83 S
Coordenada Este	: 374565.50 E
Zona	: 18
Altitud	: 4108 m.s.n.m.

3.7.3. Ensayos de laboratorio

3.7.3.1. Muestreo de agregados

Se llevó a cabo de acuerdo a la norma peruana NTP 400.010, la cual da a conocer el proceso para la adquisición de las muestras de agregado grueso y fino con ciertos requisitos para cumplir los estándares de calidad.

La cantidad de las muestras necesarias depende principalmente de la propiedad que se requiere conocer, lo cual debe ser lo suficiente para garantizar un correcto resultado al culminar los ensayos.

Para determinar la cantidad de las muestras es necesario primero establecer el tamaño máximo de los áridos a emplear. A continuación, se muestra en la tabla N°13 la cantidad necesaria de la muestra en relación al tamaño máximo nominal del árido:

Tabla 3.13. Cantidad de la muestra

A Tamaño máximo nominal del agregado	B Masa mínima aproximada para la muestra de campo Kg
	Agregado fino
2,36 mm	10
4,76 mm	10
	Agregado grueso
9,5 mm	10
12,5 mm	15
19,0 mm	25
25,0 mm	50
37,5 mm	75
50,00 mm	100
63,00 mm	125
75,00 mm	150
90,00 mm	175

Nota: Tomado de la. NTP 400.010.

A: Para el agregado triturado de cantera, se determina a partir del primer retenido por el menor tamiz.

B: Para agregados en general como para el uso en base o sub-base, la cantidad mínima necesaria para la muestra de agregado grueso será 10 kg.

Es necesario aclarar la importancia de realizar una investigación y punto de muestreo de la cantera de los agregados con la cual se trabajará, ello con la finalidad de garantizar que el elemento de concreto a construir sea durable en el tiempo.

3.7.3.2. Reducción de las muestras para ensayos

Se realizó siguiendo la norma NTP 400.043, la cual describe el proceso para la reducción de las muestras de agregados en porciones para someterlos a los ensayos requeridos. A continuación, se explica el equipo necesario para los dos tipos de agregados:

- Agregado fino: La muestra de agregado fino, que debe estar en condición saturada y superficialmente seca, se reducirá a un tamaño manejable a través de un cuarteador mecánico por uno de los tres métodos A, B y C.

- Agregado grueso: Para la reducción de este agregado se utiliza el cuarteador mecánico por medio de los métodos A o B.

A continuación, se detallarán los aparatos, materiales y el procedimiento del método B, el cual se aplicará en la presente investigación:

Método de ensayo NTP 400.010

Método de ensayo B:

a. Instrumentos y materiales:

- Cucharón metálico
- Pala
- Plástico
- Sacos
- Brocha
- Regla de aluminio o similar

b. Procedimiento:

- Humedecer superficialmente y homogéneamente la muestra.
- Ubicar la muestra en una superficie plástica a fin de evitar perder alguna porción del material del ensayo.
- Ejecutar el mezclado de la muestra por al menos tres veces formando un montón de forma cónica.
- Explanar el montón con una pala de manera homogénea.
- Separar la muestra en 4 partes totalmente iguales, luego separa los dos cuartos que se encuentran diagonalmente contrarios, y con la ayuda de una brocha recoger el material fino con el objetivo de no perder ninguna parte del material.



Figura 3.20. Cuarteo del Agregado Fino según la NTP 400.043.

- El proceso se continúa de la misma manera con los 2 cuartos restantes, hasta obtener la cantidad necesaria de muestra para el ensayo.



Figura 3.21. Cuarteo del Agregado Grueso según la NTP 400.043.

3.7.3.3. Granulometría

Se realiza de acuerdo al procedimiento explicado por la norma NTP 400.012, la cual es útil para determinar la clasificación por tamaño del agregado grueso y fino. Para ello es necesario contar con una serie de tamices con aberturas de dimensión de mayor a menor. Los tamices a utilizar se encuentran especificados en la norma mencionada.

Los volúmenes de muestra que se emplearon para este ensayo fueron de 1346.30 gr. para el agregado fino y 5048.20 gr. para el agregado grueso.

Método de ensayo NTP 400.012

a. Instrumentos y materiales:

- Balanza electrónica calibrada, para el agregado fino con una aproximación de 0.1 gr. y para el agregado grueso de 0.5 gr.
- Tamices normalizados de abertura cuadrada, para el agregado fino ordenados desde el N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, el N°100 y el fondo y para el agregado grueso desde las 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼" y el N°4.
- Horno eléctrico para el secado de las muestras.
- Recipientes de metal o de otro material resistente.

b. Procedimiento:

- Poner a secar la muestra en el horno eléctrico a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y por un tiempo tal que se logre el objetivo de esta etapa.



Figura 1.22. Secado del agregado grueso y fino según el procedimiento de la norma NTP 400.012.

- Seleccionar y ordenar los tamices de manera decreciente para cada tipo agregado, los cuales deben estar perfectamente encajados con la finalidad de no sufrir ningún accidente durante el proceso.
- Colocar una porción adecuada de muestra en el interior del tamiz de mayor abertura, debemos evitar la sobrecarga de muestra.



Figura 1.23. Tamizado del agregado fino según la norma NTP 400.012.

- Realizar el movimiento del conjunto de tamices ya sea de manera manual o mecánica, el tiempo dependerá de la densidad de la muestra.

- Luego, procedemos a desmontar el conjunto de tamices y a verter cada una de las muestras sobre bandejas metálicas, asegurándonos que no más del 1 % de la muestra quede atrapado en las aberturas de los tamices. Si es necesario podemos apoyarnos de una escobilla para retirar la totalidad de la muestra.
- Por último, procedemos a pesar y a anotar el valor de la masa de cada una de las pequeñas muestras retenidas por los tamices.

3.7.3.4. Peso unitario

Se ejecutó siguiendo la norma NTP 400.017, la cual describe el proceso para determinar el peso unitario de los agregados en estado suelto y/o compactado.

El valor obtenido de este ensayo es utilizado mayormente para conocer la densidad del material, lo cual a su vez es necesario para realizar el diseño de la mezcla de concreto.

Método de ensayo NTP 400.017

a. Instrumentos y materiales:

- Balanza electrónica con una aproximación de 0,05 kg.
- Varilla lisa de acero de 5/8" de diámetro y de 60 cm de longitud.
- Recipiente metálico de medida, del cual se debe conocer el valor de su volumen, de preferencia debe tener asas para facilitar su traslado. La capacidad del recipiente dependerá del volumen de la muestra, el cual también es especificado por la presente norma.
- Cucharón metálico para llenar el agregado al recipiente.

b. Procedimiento:

A continuación, se explica los dos procedimientos para determinar el peso unitario de la muestra:

1. Peso Suelto:

- Determinar el peso del recipiente vacío.
- Con el cucharón metálico llenamos el recipiente de medida hasta la totalidad del recipiente y hasta hacer rebosar de material el recipiente, el agregado debe dejarse caer desde una altura no mayor a las 2" o 5 cm por sobre el borde del mismo.

- Con una regla metálica eliminamos el sobrante de la muestra en el recipiente.
- Por último, pesamos el recipiente y su contenido y registramos dicho valor.

2. Peso Compactado:

- Pesamos el recipiente vacío y registramos su valor.
- Se llena el recipiente de medida en tres capas y con la ayuda de la varilla lisa de acero se compacta mediante 25 golpes cada una de las capas. El proceso de compactación no debe realizarse con tal fuerza que la varilla golpee el fondo del recipiente de medida o que logre penetrar a las capas que se encuentran debajo de la que se está compactando.
- En la última capa debemos rebosar de agregados el recipiente y apisonamos de la misma manera que las capas anteriores.
- Retiramos el sobrante de muestra del recipiente con la regla metálica.
- Por último, pesamos el recipiente con la muestra del agregado grueso o fino y anotamos dicho valor.



Figura 3.24. Apisonado de agregado fino según norma NTP 400.017.



Figura 3.25. Enrasado de agregado fino según norma NTP 400.017.

3. Los datos registrados se proceden a remplazar en la siguiente fórmula, la cual puede emplearse para ambos pesos de la muestra:

Ecuación 8: Formula para determinar el peso unitario compactado o suelto del agregado

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

Donde:

M: Peso Unitario del agregado en kg/m³

G: Peso del recipiente de medida más el agregado en kg

T: Peso del recipiente de medida en kg

V: Volumen de la medida en m³

3.7.3.5. Peso específico y absorción del agregado grueso

Se realizó de acuerdo al método especificado en la norma NTP 400.021, el cual detalla lo necesario y el procedimiento de ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.

a. Instrumentos y materiales:

- Balanza electrónica con una sensibilidad de 0,5 gr y una capacidad de por lo menos 5 kg.
- Cesta metálica de malla con abertura equivalente al tamiz N° 6 o menor.
- Depósito de agua estancada para sumergir la cesta metálica de malla

- Aparato para suspender la cesta metálica de malla desde el centro de la balanza.
- Cocina o estufa para el secado instantáneo de las muestras.

b. Procedimiento:

- Lavar la porción de muestra de agregado grueso con el objetivo de eliminar cualquier material adherido a su superficie como el polvo o impurezas.
- En la estufa o cocina poner secar la muestra a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, luego de ello lo retiramos dejamos enfriar a temperatura ambiente y ventilada por un tiempo aproximado de 1 h a 3 h.
- Luego pasamos a sumergir la muestra en el recipiente con agua a temperatura ambiente por un lapso de 24 horas aproximadamente.
- Retiramos la muestra del envase con agua y la colocamos sobre un paño absorbente y la hacemos rodar, hasta lograr que desaparezca el agua que puede ser visible en su superficie. Nos podremos dar cuenta al no presenciar el brillo del agregado.
- Procedemos a pesar la muestra después del secado manual, el cual se encontrará en condición saturada con superficie seca.
- Después de conocer el peso de la muestra, la colocamos en el interior de la cesta metálica de alambre para así saber el valor de su peso en condición sumergida.
- Para terminar con el ensayo procedemos a secar el agregado en la cocina a una temperatura homogénea de aproximadamente 100°C , luego solo queda dejarla enfriar a temperatura ambiente por un tiempo de 1 a 3 horas.
- El peso específico con superficie seca y la absorción del agregado grueso puede determinarse con las siguientes formulas:

Ecuación 9: Peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado grueso (P_{eSSS})

$$P_{eSSS} = \frac{B}{B - C} \times 100$$

Ecuación 10: Absorción del agregado grueso (Ab)

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire.

C: Peso en el agua de la muestra saturada.



Figura 3.26. Secado del agregado grueso para el ensayo de absorción de agregados según la norma NTP 400.021.



Figura 3.27. Peso de la muestra de agregado grueso sumergido según la norma NTP 400.021.

3.7.3.6. Peso específico y absorción del agregado fino

Se realizó en base a la norma NTP 400.022, la cual explica el proceso del ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino.

a. Instrumentos y materiales:

- Balanza electrónica, con sensibilidad de 0,1 gr y de capacidad no menor a 1 kg.
- Frasco volumétrico o fiola, de 500 cm³ de capacidad.
- Molde cónico de metal, de 4 cm diámetro superior, 9 cm diámetro inferior y 7.5 cm de altura.
- Varilla metálica o pisón para el compactado de la muestra, este deberá tener un extremo de superficie plana redondeada de 2.5 cm de diámetro.
- Estufa o cocina.

b. Procedimiento:

- Secar la muestra de agregado fino a una temperatura de 110°C aproximadamente y luego dejarla enfriar hasta una temperatura tal que facilite su manipulación.
- Sumergir la muestra en un recipiente con agua a temperatura ambiente y por un tiempo cercano a las 24 horas.
- Tender la muestra en una superficie al aire libre y removerla repetidas veces para asegurar su secado homogéneo.
- Efectuar el ensayo para determinar la humedad superficial de la muestra:
 - Colocamos la muestra de agregado fino en condición parcialmente seca en el interior del molde cónico hasta llenarla al ras de la parte superior, y luego enrasamos el material excedente.
 - El pisón debe dejarse caer suavemente con la fuerza de la gravedad a una altura de 5 cm de la parte superior del molde, dando en total 25 golpes ligeros a la muestra.
 - Repetimos el proceso hasta completar el llenado del molde cónico y retiramos o limpiamos el excedente que se encuentra alrededor del molde.
 - Levantar el molde cónico vertical y ligeramente.

- Como se observa en la figura N°28 la muestra debe sufrir un leve desplome de agregado el cual da indicativo de que la muestra alcanzó una condición superficialmente seca.



Figura 3.28. Arena en condición saturada superficialmente seca realizada según norma NTP 400.022.

- Se continua con el desarrollo del ensayo de peso específico de la muestra:
 - Llene el picnómetro o la fiola con agua de manera parcial.
 - Llenamos 500 gr \pm 10 gr de la muestra empleada para el ensayo humedad superficial.



Figura 3.29. Ensayo de peso específico del agregado fino según la norma NTP 400.022.

- Adicionar agua hasta el nivel de la marca ubicada en el picnómetro, el cual indica 500 cm³ de volumen.
- Luego agite manualmente, ruede e invierta el picnómetro con el objetivo de suprimir las burbujas de aire que pudieron formarse durante el proceso inicial del ensayo.
- Después de eliminar las burbujas de aire, cuidadosamente procedemos a llenar el picnómetro con agua hasta volver a completar el volumen indicado en la marca del instrumento.
- Pasamos a determinar el peso de la fiola más el contenido de la muestra de agregado fino y registramos ese dato.
- Retiramos el agregado fino del picnómetro y la colocamos en la estufa para secarla a una temperatura de 110 °C ± 5°C.
- Finalmente, dejamos enfriarse la muestra a temperatura ambiente y determinamos el peso de la misma.
- Con los datos obtenidos de pesos reemplazar en las siguientes fórmulas:

Ecuación 11: Peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado fino (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{500}{V - V_a} \times 100$$

Ecuación 12: Absorción del agregado fino (Ab)

$$Ab(\%) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

V: Volumen del frasco en cm³

V_a: Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco.

W_o: Peso de la muestra seca en el horno en gr.

3.7.3.7. Contenido de humedad

El método se desarrolla conforme a lo explicado por la NTP 339.185, la cual detalla el proceso y materiales para determinar el porcentaje de humedad evaporable de las muestras de agregado fino o grueso por proceso de secado.

a. Instrumentos y materiales:

- Balanza eléctrica con una sensibilidad de 0,1 gr.

- Estufa o cocina.
- Recipientes metálicos o de otro material similar.
- Cuchara o espátula metálica.

b. Procedimiento:

- Para empezar con el método debemos contar con una muestra representativa directamente obtenida de la cantera, la cual debe encontrarse totalmente protegida del ambiente para evitar la pérdida su humedad original.
- Determinar el peso de la muestra en su estado natural.
- Procedemos a secar la muestra en la estufa revolviéndola de manera homogénea y a una temperatura constante y controlada de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
- Luego del tiempo de secado, retiramos la muestra de la estufa y la dejamos enfriar por el periodo necesario.
- Pesamos la muestra y anotamos el valor obtenido.
- Para determinar el contenido de humedad, utilizaremos la fórmula que se presenta a continuación:

Ecuación 13: Contenido de humedad (P)

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

Donde:

P (%): Contenido de humedad de la muestra en porcentaje.

W: Masa de la muestra húmeda original en gr.

D: Masa de la muestra seca en gr.

3.7.4. Fibras híbridas en el concreto

Cada una de las fibras empleadas en la presente investigación cumplen un papel específico dentro de la mezcla de concreto para de esta manera lograr el objetivo de mejorar las propiedades de la matriz de concreto. Siguiendo esa idea y tomando como referencia a los antecedentes de la investigación se determinó usar las fibras de la marca Z aditivos: Fibra Z de Polipropileno y Fibra metálica Z.

3.7.4.1. Fibra Z de Polipropileno

La fibra Z de polipropileno está fabricada de 100% de polipropileno virgen y fue desarrollada para principalmente prevenir rajaduras y fisuras en

el concreto y además está elaborada en base a la norma ASTM C1116 tipo I – II, ASTM C1399 y resistencia residual, ASTM C1116-95 y cuenta con las siguientes características o ventajas:

- Reduce la permeabilidad, contracción y pérdida de agua en las 3 primeras horas al 50%.
- Resistencia al impacto y abrasión.
- Bloquea la propagación de fisura.
- Resistente a álcalis.
- No corrosivo.
- No afecta el proceso de hidratación del cemento.



Figura 3.30. Presentación de la Fibra Z de polipropileno.

3.7.4.2. Fibra Metálica Z 80/60

Según Z Aditivos (2022), la fibra metálica Z 80/60 es un tipo de macrofibras fabricadas con bajo contenido de carbono, trefiladas y encoladas. Diseñadas para incrementar las resistencias mecánicas a flexión, flexo-tracción y esfuerzos residuales en estructuras de concreto. Cumple con las especificaciones de las normas ASTM A820 y ASTM C1116. Estas fibras se usan comúnmente en la construcción de losas, pavimentos, prefabricados de concreto, etc. Entre sus ventajas más notables tenemos:

- Incrementa la resistencia a la flexión.
- Incrementa la resistencia al impacto y fatiga
- Incrementa la resistencia residual en las estructuras.
- Por su fácil aplicación, mejora los costos de mano de obra.

- Reemplaza la malla tradicional de acero, ofreciendo un refuerzo tridimensional en la estructura.
- Por su presentación encolada, presenta una mejor distribución en la mezcla, evitando la generación de erizos de fibras.

En el siguiente cuadro se muestra la información técnica:

Tabla 3.14. Propiedades Físicas de la Fibra Metálica Z 80/60

Propiedades Físicas	Resultado
Largo	60 mm
Diámetro	0.75 mm
Relación Longitud/Diámetro	80
Resistencia a la tracción	1100 Mpa
Elongación de rotura	4%
Materia prima	Acero trefilado

Nota: Tomado de la Ficha técnica Z Aditivos (2022).7

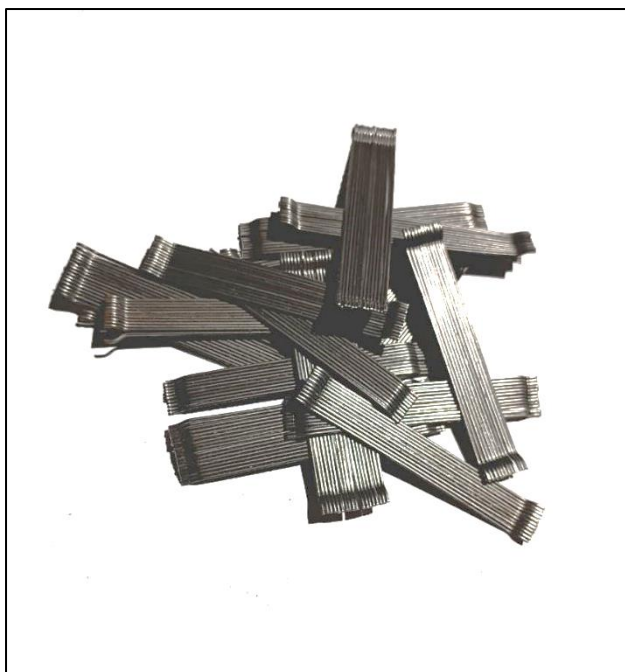


Figura 3.31. Fibra metálica Z 80/60 de Z aditivos.

3.7.5. Diseño de mezclas: Método módulo de fineza de la combinación de agregados

El diseño de mezclas para el concreto $f'c$ 280 kg/cm² se realizó con el método módulo de fineza de combinación de agregados, donde nos indica cómo realizar el diseño de mezclas para un concreto con peso específico de peso normal,

pesado y masivo. El diseño considera la adición de aire incorporado y los ajustes necesarios para la incorporación de la fibra metálica y polipropileno en proporciones de 0.2, 0.4 y 0.6% con 0.02, 0.04 y 0.06 % respectivamente.

a. Aparatos y materiales:

- Cemento Portland (Andino TI)
- Agregado grueso TMN 3/4" o 19.05 mm (cantera Roca Fuerte)
- Agregado fino con módulo de fineza de 3.30 (cantera Roca Fuerte)
- Agua potable

b. Procedimiento:

- Se seleccionaron los materiales intervinientes (cemento, agregados, aditivo incorporador de aire, fibras y agua potable), para ello primero se establece la resistencia a compresión promedio, luego se diseña la mezcla del concreto, el cual nos da valores como: la relación agua/cemento, el asentamiento, las proporciones en peso y volumen de agregado fino, grueso, cemento, porcentaje de aire incorporado y cantidad de la mezcla de fibras.

3.7.6. Preparación de la mezcla

- Mezclado del concreto:
 - Se realizó un diseño de mezcla, obteniendo las cantidades necesarias para una tanda de 0.021 m³ que se requiere para elaborar 12 especímenes cilíndricos o 0.063 m³ para elaborar 6 especímenes prismáticos.
 - Pesar los resultados obtenidos de cemento, agua, agregado fino y grueso.
 - Se debe limpiar y secar la mezcladora antes de vaciar los materiales, para que no aporte agua adicional a la mezcla, además de evitar la contaminación del concreto.
 - Previo al inicio de rotación de la mezcladora, añadir al agregado grueso, una parte del agua mezcla. Luego adicionar el agregado fino, el cemento y agua con la mezcladora en funcionamiento. Luego de que todos los ingredientes estén en la mezcladora, mezclar el concreto durante 3 min, seguido por 3 min de reposo y luego 2 minutos finales de mezclado. Cubrir la parte abierta o superior de la mezcladora para prevenir la evaporación durante el período de reposo. Para eliminar la segregación, colocar el concreto mezclado en un

recipiente limpio y húmedo y remezclar manualmente con una lampa o cucharón hasta que se vea uniforme.



Figura 3.32. Adición del aditivo Aircon Z a la mezcla de concreto.



Figura 3.33. Adición de la fibra híbrida en dosificación de 0.2% de fibra de acero + 0.02% de fibra de polipropileno.

- En los casos donde se utilizará fibra de acero y polipropileno, se deben pesar las dosificaciones para ser añadidas a la mezcla anterior.
- Mezclar la fibra con la mezcla durante 5 minutos hasta quedar uniforme.
- En caso de requerirlo se puede agregar agua para ajustar el mezclado al asentamiento deseado.
- En los casos donde se utilizará fibra de acero y polipropileno, se deben pesar las dosificaciones para ser añadidas a la mezcla anterior.
- Mezclar la fibra con la mezcla durante 5 minutos hasta quedar uniforme.

- En caso de requerirlo se puede agregar agua para ajustar el mezclado al asentamiento deseado.



Figura 3.34. Adición del agregado grueso y fino durante la preparación de la mezcla de concreto.

3.7.7. Consistencia del concreto

Se realiza según lo indicado en la norma NTP 339.035, el procedimiento indicado:

- Primero hay que humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana no absorbente.
- Mantener inmóvil el molde pisando firmemente sus aletas.
- Llenar vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del sólido.
- En cada capa se compacta dando 25 golpes con la barra compactadora y aplicados uniformemente en toda la sección.
- El molde se llena en exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiere una deficiencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde. Luego se procede a enrasar.
- Levantar el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.



Figura 3.35. Presencia de las fibras híbridas en el concreto.



Figura 3.36. Asentamiento de la mezcla en fresco de acuerdo a procedimiento de la NTP 339.035.

3.7.8. Contenido de aire

Contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión: Se realiza según lo indicado en la norma NTP 339.080, el procedimiento indicado:

a. Aparatos y materiales:

- Medidor de aire (Washintong).
- Varilla lisa de acero de 5/8" de diámetro.
- Regla metálica para enrasar de 300mm x 3mm.
- Recipiente de medición de volumen conocido.

b. Procedimiento:

- Se llena el recipiente metálico, compactándolo en 3 capas con 25 golpes por capa, con la varilla lisa metálica de 5/8" de diámetro. Para la capa del fondo, varillar en toda su profundidad, cuidando que la varilla no golpee el fondo del recipiente. En el varillado de las 2 últimas capas, usar la fuerza necesaria solamente para hacer que la varilla penetre 1 pulgada (25 mm) en la capa anterior previamente varillada.
- Después de varillar cada capa, golpee los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el mazo de goma para cerrar los vacíos dejados por la varilla y para dejar salir cualquier burbuja grande de aire que hubiera quedado atrapada.
- Enrasar la parte superior con la barra de enrase apoyada sobre el borde superior del recipiente del medidor con un movimiento de sierra hasta que el recipiente esté lleno y nivelado. Limpiar los bordes y en especial la goma de sello, colocar la tapa y ajustarla herméticamente con las llaves que dispone en los bordes de la tapa.
- Cerrar las válvulas para aire y abrir las llaves para agua. Mediante una jeringa de goma introducir agua por una de las llaves de agua hasta que fluya por la otra llave. Golpear lateralmente con un mazo para expulsar burbujas de aire atrapadas en el agua introducida y golpear ligeramente con la mano el indicador de presión para estabilizar la manecilla del medidor.
- Bombear aire en la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial. Reposar algunos segundos para enfriar el aire comprimido. Estabilizar la aguja, mediante bombeos o purgas, en la marca de presión inicial.
- Cerrar las dos llaves de agua y abrir la válvula de presión de 51 a 207 KPa de entrada de aire comprimido de la cámara de aire al recipiente. Golpear suavemente los costados del recipiente, así como la tapa del dial para estabilizar la lectura.
- Leer con aproximación a 0.1% el contenido de aire registrado en el dial. Antes de abrir la tapa, mantener cerradas las válvulas de aire y abrir las llaves de agua para liberar la presión de aire existente en el recipiente.



Figura 3.37. Obtención del contenido de aire según la 339.080.

3.7.9. Elaboración de especímenes de concreto

Se realizó conforme a las normas ASTM C192 y NTP 339.183 las cuales describen el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de concreto.

a. Aparatos y materiales:

- Moldes
 - Moldes cilíndricos: cuyas medidas son 0.10 cm de diámetro y 0.20 cm de altura, se realizaron 216 especímenes para ensayos de compresión y tracción indirecta por compresión diametral. Además, cumple con los requisitos de la norma ASTM C470.
 - Moldes prismáticos y vigas: cuyas medidas son 0.15 cm x 0.15 cm x 0.45 cm para ensayos de flexión.
- Varilla de compactación: será de acero, de sección circular recta y con el extremo del compactador redondeado a una punta semiesférica del mismo diámetro que la varilla.
- Martillo de goma.
- Herramientas:
 - Lampas
 - Baldes
 - Cucharas

- Guantes

- Balanza

b. Procedimiento:

- Moldear los especímenes tan cerca como sea posible del lugar donde se almacenarán las primeras 24 horas.
- Colocar los moldes sobre una superficie rígida libre de vibraciones y otras perturbaciones, para evitar todo tipo de choque, golpe o inclinación de la superficie de las probetas mientras los especímenes llegan al lugar de almacenamiento.
- Engrasar los moldes para mayor facilidad al retirar los especímenes.
- Colocar el concreto en los moldes utilizando un cucharón o lampa. Puede ser necesario remezclar el concreto en el recipiente con el cucharón para prevenir la segregación durante la elaboración de los especímenes.
- Mover el cucharón alrededor del borde superior del molde mientras el concreto es descargado con el fin de asegurar una distribución simétrica del concreto minimizando la segregación.
- Después de cada capa se deben dar 25 golpes con la varilla compactadora.
- En la capa final se debe añadir una cantidad de concreto que llene exactamente el molde después de la compactación.
- Una vez terminado el proceso se debe dar golpes con el martillo de goma como vibración para evitar la porosidad y finalmente, engrasar y alisar de manera que el concreto quede emparejado para un mejor acabado.



Figura 3.38. Elaboración de los especímenes de cilíndricos de concreto patrón según la norma NTP 339.023.



Figura 3.39. Elaboración de especímenes prismáticos de concreto con adición de las fibras híbridas.

3.7.10. Curado de los especímenes de concreto

El curado se realizó de acuerdo al procedimiento descrito en la norma ASTM C 192 y NTP 339.033:

a. Materiales:

- Agua potable para el curado del concreto.
- Pozas de curado.
- Congeladora MABE modelo MC-400H DE 410 litros de capacidad.
- Termómetro digital (-50°C +70°C) BOECO con exactitud de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.



Figura 3.40. Congeladora de 410 litros de capacidad.

b. Procedimiento:

- Se desmoldaron los 216 especímenes de concreto, entre cilíndricos y prismáticos, que previamente permanecieron por 24 horas en los moldes. Como se explicó en anteriores capítulos, los especímenes se encuentran divididos en dos grupos: el primer grupo que fue sometido al proceso de curado en congelamiento y deshielo y el segundo grupo sometido al curado convencional en inmersión en agua.



Figura 3.41. Desmoldado de especímenes de concreto patrón según la NTP 339.023.

- Para la elección de las temperaturas a las cuales será simulado el curado de los especímenes de concreto, se obtuvieron los datos hidrometeorológicos de temperaturas máximas y mínimas mensuales registradas en los últimos 13 años por la estación ubicada en la provincia de Junín. Con la información proporcionada por el SENAMHI se procedió a determinar la temperatura máxima y mínima media, las cuales se muestran en las tablas N°15 y 16. Es preciso mencionar que para efectos de la presente investigación no se empleó la temperatura de curado en laboratorio de 23 ± 2 °C según la NTP, ya que, en la realidad, en la provincia de Junín, así como sus distritos, la temperatura se encuentra por debajo de los valores solicitados por la norma. A continuación, se muestran los datos de la estación de la provincia de Junín:

- ESTACIÓN: PROVINCIA DE JUNÍN
- LATITUD: 11°08'35.25" ESTE
- LONGITUD: 75°59'19.42" SUR
- ALTITUD: 4106 M.S.N.M.

Tabla 3.15. Temperatura Máxima Media Mensual

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)				
AÑO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
2010	13.2	14.1	14.0	13.8
2011	13.2	12.6	13.7	12.8
2012	12.3	12.6	13.4	12.7
2013	11.8	11.0	13.0	12.8
2014	13.5	12.4	12.4	12.7
2015	12.8	13.7	13.8	14.0
2016	13.3	13.5	14.1	13.6
2017	13.2	13.1	14.3	13.1
2018	12.4	12.3	12.4	13.3
2019	13.2	13.2	13.3	13.0
2020	13.4	13.8	14.8	12.5
2021	13.1	14.0	14.5	12.0
2022	13.2	14.5	13.8	13.3
PROMEDIO	13.0	13.1	13.7	13.1

Nota: Datos obtenidos de la base de datos del SENAMHI, (2021).

Temperatura Máxima Media (C°)	13.20
Rango Muestral (C°)	0.69
Varianza	0.09
Desviación Estándar	0.31
Coficiente de Variación	2.33%

Tabla 3.16. Temperatura Mínima Media Mensual

TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)				
AÑO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
2010	-2.6	-4.5	-5.5	-2.2
2011	-3.0	-3.6	-3.0	-0.6
2012	-2.3	-4.8	-5.2	-2.7
2013	-0.8	-3.0	-2.6	-1.9
2014	-1.9	-2.3	-3.3	0.2
2015	-2.3	-4.2	-3.5	-0.1
2016	-3.0	-5.0	-2.2	-1.3
2017	-1.2	-4.1	-2.5	-0.2
2018	-2.4	-3.8	-2.2	-2.4
2019	-3.8	-3.8	-5.7	-0.6
2020	-2.5	-8.3	-3.2	-0.5
2021	-3.4	-7.5	-4.8	-2.1
2022	-3.0	-7.5	-5.0	-2.0
PROMEDIO	-2.5	-4.8	-6.7	-1.3

Nota: Datos obtenidos de la base de datos del SENAMHI, (2021).

Temperatura Mínima Media (C°)	-3.81
-------------------------------	-------

Rango Muestral (C°)	5.44
Varianza	5.86
Desviación Estándar	2.42
<u>Coefficiente de Variación</u>	<u>1.61%</u>



Figura 3.42. Colocación en la congeladora de las muestras de concreto reforzados con la adición de las fibras híbridas.

- En las tablas presentadas anteriormente se puede observar la temperatura mínima y máxima media a lo largo del periodo ya mencionado, en donde se tiene que la temperatura máxima media es de 13.20 °C y la temperatura mínima media es de -3.81 °C. De hecho, por términos de investigación y sabiendo que existen otras zonas de la provincia de Junín que se encuentran a más metros sobre el nivel del mar donde la temperatura suele llegar a descender a menores valores negativos que los ya presentados, se decidió trabajar con la temperatura máxima media de 15 °C y la temperatura mínima media de -5 °C.
- Ya determinada la temperatura de congelamiento para la investigación, el primer grupo de especímenes, tanto vigas como probetas cilíndricas, fueron introducidas al interior de la congeladora durante las noches desde las 6:00 pm. hasta las 7:00 am. del día siguiente y a una temperatura constante y controlada de -5°C con el termómetro digital Boeco y durante el día desde las 7:00 am. hasta las 6:00 pm. fueron retiradas de la congeladora para poder ser sumergidas en las pozas de curado a una temperatura de 15°C. De esta forma se desarrolla el ciclo de curado en congelamiento y deshielo para simular el cambio de temperaturas durante las 24 horas en la provincia de

Junín. Cabe necesario resaltar que se utilizó el método B de curado en congelamiento explicado por la norma internacional ASTM C666.



Figura 3.43. Termómetro digital Boeco - HTC-8.

- El proceso de curado de las muestras cilíndricas en congelamiento se realizó a edades de 7, 14 y 28 días, concluyendo de esta manera con los ensayos correspondientes con el primer grupo.



Figura 3.44. Especímenes cilíndricos reforzados con la fibra híbrida en curado en congelamiento a -5°C .

- El segundo grupo de especímenes fueron sumergidos en agua potable en las pozas de curado y en temperaturas de medio ambiente de entre 15°C. En este grupo se encuentran las muestras con concreto patrón y las muestras de concreto con la adición de la combinación de fibras.



Figura 3.45. Especímenes cilíndricos reforzados con la adición de la fibra híbrida en curado en convencional.

3.7.11. Propiedades físico – mecánicas del concreto

3.7.11.1. Peso Unitario del concreto fresco

Se realiza conforme las normas ASTM C138 y NTP 339.046 las cuales describen el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de concreto.

a. Materiales y equipos:

- Balanza
- Moldes

b. Procedimiento:

- Pesarse los moldes antes de colocar el concreto fresco (procedimiento antes detallado).
- Pesarse el molde después de colocar el concreto.
- Reemplazar datos en la siguiente fórmula:

Ecuación 14: Peso unitario del concreto fresco (Puc)

$$P_{uc} = \frac{P_t - P_m}{V_m}$$

Donde:

Pt: Peso total de molde más la muestra en gr.

Pm: Peso del molde en gr.

Vm: Volumen del molde en gr.

3.7.11.2. Peso Unitario del concreto endurecido

a. Materiales y equipos:

- Balanza
- Vernier
- Regla metálica

b. Procedimiento:

- Pesar los especímenes de concreto, luego medir las dimensiones con ayuda del vernier y de la regla metálica.
- Calcular el peso unitario dividiendo la masa de los especímenes sobre el volumen determinado por el promedio de sus mediciones.

3.7.11.3. Resistencia a compresión

Se realiza conforme a las normas ASTM C39 y NTP 339.034 las cuales describen el procedimiento para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

a. Materiales y equipos:

- Máquina Universal de ensayo a compresión.
- Platos retenedores con discos de neopreno.
- Especímenes

b. Procedimiento:

- Los especímenes se ensayan a los 7, 14 y 28 días para tener una referencia en la variación e incremento de la resistencia.
- Los especímenes de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro del tiempo permitido de tolerancia prescrita.

Tabla 3.17. Relación de la Edad de Ensayo y Tolerancia Permisible

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
----------------	-----------------------

24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
3 d	± 2 h ó 2.8 %
7 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %
90 d	± 48 h ó 2.2%

Nota: Tomado de la. NTP 339.034

- Colocar el bloque de rotura inferior sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal.
- Colocar el deformímetro en la máquina de ensayo, y asimismo verificar que se encuentre en ceros.
- Velocidad de carga: Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.
- Durante el inicio de la fase, se permitirá una alta velocidad de carga. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.
- Durante el inicio de la fase, se permitirá una alta velocidad de carga. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.



Figura 3.46. Ensayo a compresión de las muestras cilíndricas de concreto patrón a edad de 28 días según la NTP 339.034.



Figura 3.47. Rotura de las muestras de concreto con la adición de la fibra híbrida según el procedimiento de la NTP 339.034.

- No hay que hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.

3.7.11.4. Resistencia a flexión

Se realiza conforme a las normas ASTM C293 y NTP 339.079 las cuales describen el procedimiento para la determinación de la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo.

a. Materiales y equipos:

- Máquina Universal de ensayo a flexión.
- Aparatos de carga
- Deformímetro
- Especímenes

b. Procedimiento:

- Los especímenes se ensayan a los 7, 14 y 28 días para determinar la resistencia a la flexión.
- Se gira el espécimen sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre los bloques de apoyo.
- Centrar el sistema de carga en relación con la fuerza aplicada.



Figura 3.48. Ensayo de resistencia a flexión del espécimen reforzado con la fibra híbrida a edad de 28 días según la ASTM C78.

- Colocar el deformímetro en la máquina de ensayo, y asimismo verificar que se encuentre en cero.
- Cargar la viga de forma continua y sin impactos.
- Aplicar la carga a una velocidad constante hasta el punto de rotura.
- Determinar el módulo de rotura, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 15: Módulo de rotura

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

Donde:

M_r = Módulo de rotura, en kg/cm^2

P = Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en kg

L = Es la longitud del tramo, en cm.

b = Es el ancho promedio de la viga en la sección en falla, en cm.

H = Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

3.7.11.5. Resistencia a tracción por compresión diametral

Se realiza conforme las normas ASTM C496 - 96 y NTP 339.084 las cuales describen el procedimiento para la determinación de la resistencia a

tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

a. Materiales y equipos:

- Máquina Universal de ensayo a compresión.
- Deformímetro
- Especímenes

b. Procedimiento:

- Los especímenes se ensayan a los 7, 14 y 28 días para determinar la resistencia.
- Los especímenes se colocan de manera diagonal sobre la máquina universal de ensayo a compresión.
- Colocar el deformímetro en la máquina de ensayo, y asimismo verificar que se encuentre en ceros.



Figura 3.49. Ensayo a tracción diametral del espécimen reforzado según la NTP 339.084.

- Velocidad de carga: Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.
- Durante el inicio de la fase, se permitirá una alta velocidad de carga. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.

- No se deben hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.
- Determinar la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 16: Resistencia a la tracción indirecta

$$St = \frac{2 * P}{\pi * d * l}$$

Dónde:

St = Resistencia a la tracción

P = Carga máxima.

d = Diámetro del cilindro inscripto

l = Longitud a lo largo del cual se aplica la carga



Figura 3.50. Falla después del ensayo a tracción diametral del espécimen reforzado con las fibras híbridas.

3.7.11.6. Evaluación del grado de control de los especímenes

3.7.11.6.1. Resistencia promedio

Resulta del promedio de las resistencias obtenidas de los especímenes con características iguales.

Ecuación 17: Resistencia promedio

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

3.7.11.6.2. Desviación estándar

Representa la medida de dispersión más común, indicando el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media.

Ecuación 18: Desviación estándar

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}}$$

3.7.11.6.3. Coeficiente de variación

Representa la desviación estándar expresada como un porcentaje de la resistencia promedio.

Ecuación 19: Coeficiente de variación

$$CV = \frac{S}{|\bar{X}|}$$

Asimismo, los valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación están dados por:

Tabla 3.18. Coeficiente de variación y grado de control

CONTROL	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
Obtenible únicamente en ensayo de laboratorio	5 %
Excelente en obra	10 % a 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%

Nota: Tomado de la NTP 339.034

3.8. Técnicas y análisis de datos

Con los datos obtenidos del laboratorio se procedió a realizar el análisis de datos para la presente investigación, para el cual se utilizaron modelos gráficos. Además, se utilizó el software Ms-Excel para obtener las medidas de tendencia central como la media aritmética, la mediana y la moda, y de dispersión como la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas de los agregados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos luego de realizar la caracterización de los agregados. Estos cumplen con los requerimientos solicitados por las normas nacionales para poder ser empleados como componente del concreto. Esto significa que pueden ser utilizados para la campaña experimental. En las siguientes figuras y tablas se muestran la composición granulométrica y las propiedades físicas del agregado fino y grueso.

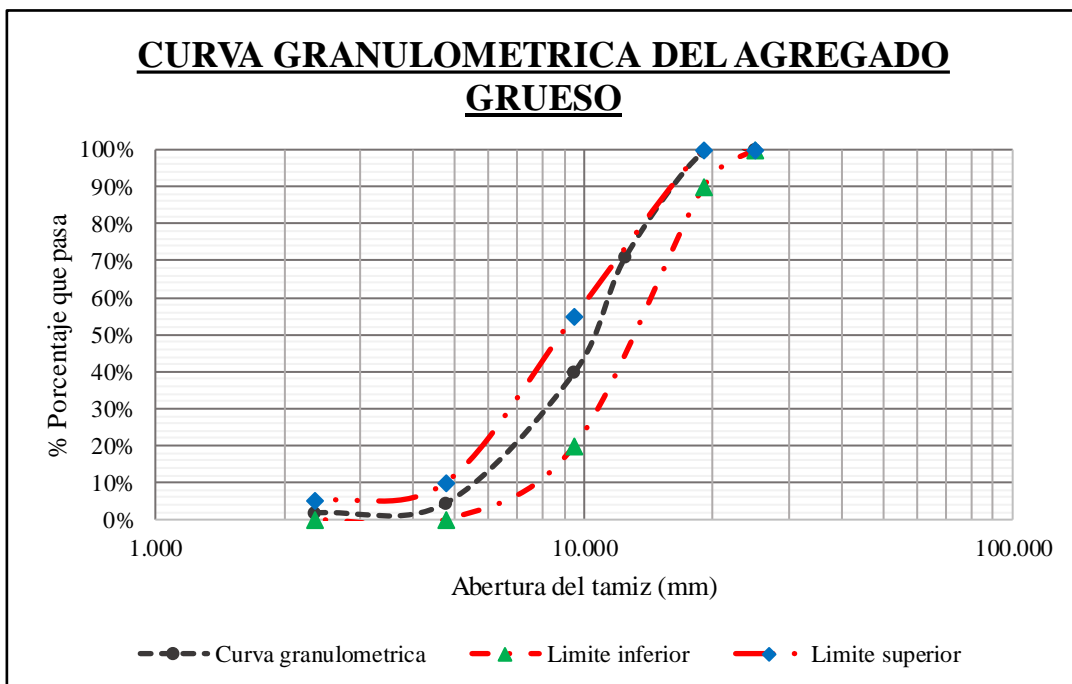


Figura 4.51. Curva granulométrica del agregado grueso.

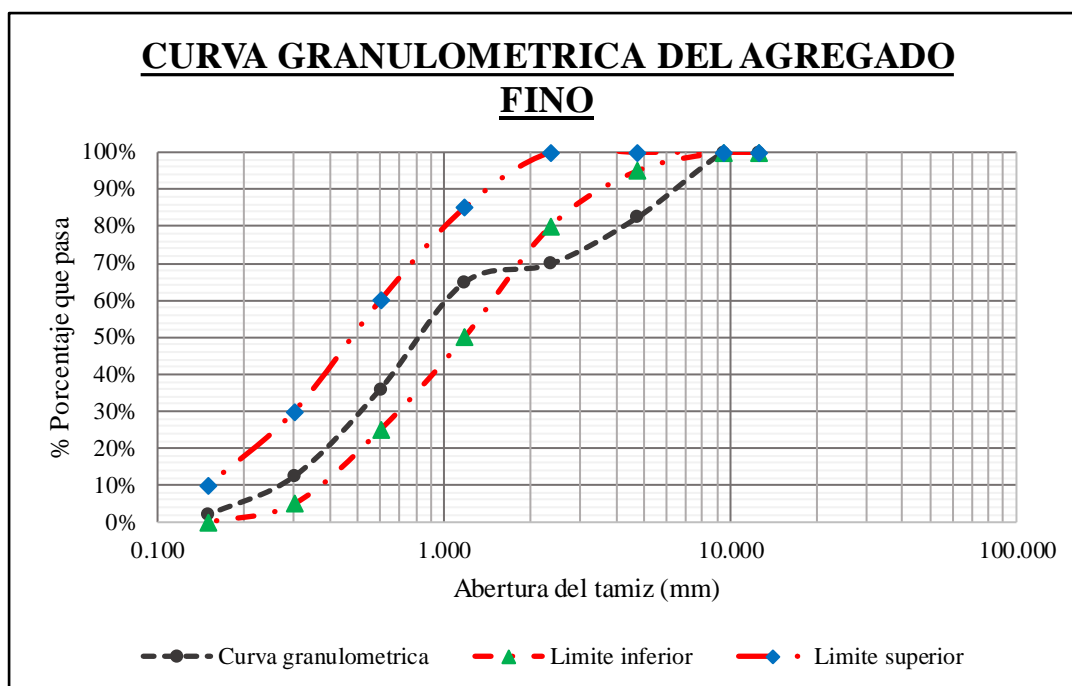


Figura 4.52. Curva granulométrica del agregado fino.

Tabla 3.19. Resumen de las propiedades del agregado fino.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	RESULTADO
1	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		
2	MÓDULO DE FINURA		3.30
3	PESO UNITARIO SECO SUELTO	kg/m ³	1641
4	PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	kg/m ³	1766
5	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.80
6	PESO ESPECÍFICO DE MASA	gr/m ³	2.587
7	PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	gr/m ³	2.696
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE	gr/m ³	2.627
9	ABSORCIÓN	%	1.57

Tabla 3.20. Resumen de las propiedades del agregado grueso.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	RESULTADO
1	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		1/2"
2	TAMAÑO MÁXIMO		3/4"
3	PESO UNITARIO SECO SUELTO	kg/m ³	1513
4	PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	kg/m ³	1662
5	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.10
6	PESO ESPECÍFICO DE MASA	gr/m ³	2.656
7	PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	gr/m ³	2.710
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE	gr/m ³	2.676
9	ABSORCIÓN	%	0.74

De la gráfica de curva granulométrica del agregado grueso presentada anteriormente se puede observar que el tamaño máximo nominal es de 1/2" y el tamaño máximo de 3/4" por lo que de acuerdo a norma ASTM C33 le corresponde el huso granulométrico 7. La curva granulométrica es continua, lo cual indica que se tiene una distribución adecuada de sus fracciones y ello de esta forma garantiza una buena densidad, trabajabilidad y consistencia de la mezcla del concreto.

De la composición granulométrica del agregado fino se muestra que solo el 1% de las partículas finas pasan la malla N° 200, por lo que se puede deducir que no contiene impurezas, livianas o excesos de arcillas, cumpliendo de esta forma con la norma que especifica como máximo un 3% de partículas finas.

De acuerdo a la norma técnica peruana NTP 400.021, los valores de absorción en agregados convencionales estarían en el rango de 1% a 5%, encontrándose nuestro agregado grueso dentro del rango con un porcentaje de absorción de 1.5% y el agregado fino con 1.4%. La baja absorción de nuestros agregados es beneficiosa al elaborar la mezcla de concreto, ya que ésta le brinda mayor consistencia y manejabilidad en estado fresco. El porcentaje de absorción es superior al porcentaje de humedad, lo cual nos indica que los agregados no están saturados con agua. El porcentaje de absorción es un indicador de la calidad de los agregados, es decir que a menor porcentaje de absorción el agregado es más durable y más resistente, otorgando estas propiedades a los concretos de los que forman parte.

El peso específico del agregado grueso es de 2710 kg/m³ y del agregado fino es de 2696 kg/m³, lo que se clasifica como un agregado normal por encontrarse su peso específico entre 2500 kg/m³ y 2750 kg/m³. El peso específico de nuestros agregados influirá en el aumento de la resistencia de nuestro concreto endurecido, pero si se emplea un material con una buena densidad (mayor o igual a 2250 kg/m³) el concreto resultante podría ser mayor o igualmente denso, lo cual tendrá una influencia directa sobre el peso volumétrico y la resistencia a la compresión del concreto. En las condiciones de congelamiento-deshielo es recomendable agregados más densos debido a que tendrán una menor cantidad de vacíos de forma irregular, y así reducir el ingreso de agua al agregado que al congelarse aumenta su volumen y puede generar fracturas superficiales.

4.2. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se desarrolló en el laboratorio de concreto ICONEG INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN por el método módulo de fineza de la combinación

de agregados, para el cual se elaboró el diseño patrón del concreto y a partir de este, se obtuvieron 3 diseños de mezcla de concreto adicionado con la combinación de las diferentes dosificaciones de las fibras de acero y polipropileno. A continuación, en las siguientes tablas se muestran los diseños de mezcla elaborados a través del método mencionado:

Tabla 4.21. Diseño de concreto patrón.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN					
COMPONENTES DEL CONCRETO	PESO EN KG	VOLUMEN M3	HUMEDAD	ABSORCION	PESOS CORREGIDOS KG
CEMENTO (kg/m ³)	393.20	0.125			393.20
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (ml/m ³)	157.30	0.065			157.30
ARENA GRUESA (kg/m ³)	745.80	0.277	7.80	1.57	804.00
PIEDRA CHANCADA (kg/m ³)	947.30	0.350	1.10	0.74	958.00
FIBRA DE ACERO (kg/m ³)	0.00	0.000			0.00
FIBRA DE POLIPROPILENO (gr/m ³)	0.00	0.000			0.00
AGUA (lt/m ³)	183.80	0.184			134.00
TOTAL (kg/m ³)	2412.75	1.00			2446.50

Tabla 4.22. Diseño de concreto con fibra de acero 0.2% + polipropileno 0.02%.

DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRA DE ACERO 0.2% + POLIPROPILENO 0.02%					
COMPONENTES DEL CONCRETO	PESO EN KG	VOLUMEN M3	HUMEDAD	ABSORCION	PESOS CORREGIDOS KG
CEMENTO (kg/m ³)	393.20	0.125			393.20
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (ml/m ³)	157.30	0.065			157.30
ARENA GRUESA (kg/m ³)	743.10	0.277	7.80	1.57	801.00
PIEDRA CHANCADA (kg/m ³)	944.00	0.350	1.10	0.74	954.00
FIBRA DE ACERO (kg/m ³)	15.70	0.002			15.70
FIBRA DE POLIPROPILENO (kg/m ³)	0.20	0.000			0.20
AGUA (lt/m ³)	183.80	0.184			134.00
TOTAL (kg/m ³)	2412.75	1.00			2455.40

Tabla 4.23. Diseño de concreto con fibra de acero 0.4% + polipropileno 0.04%.

DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRA DE ACERO 0.4% + POLIPROPILENO 0.04%					
COMPONENTES DEL CONCRETO	PESO EN KG	VOLUMEN M3	HUMEDAD	ABSORCION	PESOS CORREGIDOS KG
CEMENTO (kg/m ³)	393.20	0.125			393.20
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (ml/m ³)	157.30	0.065			157.30
ARENA GRUESA (kg/m ³)	745.50	0.277	7.80	1.57	798.00
PIEDRA CHANCADA (kg/m ³)	940.70	0.350	1.10	0.74	951.00
FIBRA DE ACERO (kg/m ³)	31.40	0.000			31.40
FIBRA DE POLIPROPILENO (kg/m ³)	0.40	0.000			0.40
AGUA (lt/m ³)	183.80	0.184			134.00
TOTAL (kg/m ³)	2412.75	1.00			2465.30

Tabla 4.24. Diseño de concreto con fibra de acero 0.6% + polipropileno 0.06%.

DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRA DE ACERO 0.6% + POLIPROPILENO 0.06%					
COMPONENTES DEL CONCRETO	PESO EN KG	VOLUMEN M3	HUMEDAD	ABSORCION	PESOS CORREGIDOS KG
CEMENTO (kg/m ³)	393.20	0.125			393.20
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (ml/m ³)	157.30	0.065			157.30
ARENA GRUESA (kg/m ³)	737.90	0.277	7.80	1.57	795.00
PIEDRA CHANCADA (kg/m ³)	937.40	0.350	1.10	0.74	948.00
FIBRA DE ACERO (kg/m ³)	47.10	0.000			47.10
FIBRA DE POLIPROPILENO (kg/m ³)	0.50	0.006			0.50
AGUA (lt/m ³)	183.80	0.184			134.00
TOTAL (kg/m ³)	2412.75	1.00			2475.10

Para obtener los diseños de concreto con la adición de la mezcla de las fibras de acero y polipropileno en las 3 dosificaciones, la proporción del agregado fino se vio afectada por lo que se tuvo que hacer un reajuste en las demás proporciones para no afectar en las propiedades mecánicas que se podrán observar más adelante.

4.3. Ensayos del concreto en estado fresco

4.3.1. Asentamiento del concreto fresco con el Cono de Abrams

Los resultados del ensayo de asentamiento de las mezclas de concreto mostraron una ligera variación según se fue incrementando el porcentaje del aditivo incorporador de aire Aircon Z, mostrando valores con una tendencia lineal creciente, donde se aprecia claramente que el comportamiento que presenta este parámetro es proporcional a las adiciones del aditivo incorporador de aire. Los valores están dentro del rango especificado en la norma ASTM C143 (1/2" a 9"), de esta manera se observa la acción del aditivo al incrementar el valor del asentamiento mientras más se aumente la dosis de dicho aditivo.

- La curva obtenida al analizar la granulometría del agregado fino arroja una granulometría discontinua, la cual genera concretos menos dóciles y menos trabajables, pero al agregar burbujas de aire estas le dan una mayor plasticidad a la mezcla.
- Se puede apreciar en la figura N°53 de asentamiento que el promedio en la muestra patrón es de 3.15 pulgadas. Además, se observa que, al adicionar las dosificaciones de fibras, se originan incrementos en el asentamiento de la mezcla llegando hasta una consistencia plástica.
- Cuando se incrementó la cantidad de fibras, también se incrementó la cantidad de aditivo incorporador de aire para mejorar la trabajabilidad y fluidez del concreto. Es por ello que es importante aumentar la cantidad de aditivo para evitar los efectos que genere cuando se aumente las fibras.

Tabla 4.25. Asentamiento de las mezclas.

DISEÑO		ASENTAMIENTO EN PULGADAS			
		Muestra N°01	Muestra N°02	Muestra N°03	Promedio
COMBINACIÓN DE ACERO Y POLIPROPILENO	0.0% + 0.00%	3.15	3.10	3.20	3.15
	0.2% + 0.02%	3.35	3.55	3.40	3.43
	0.4% + 0.04%	4.15	4.20	4.05	4.13
	0.6% + 0.06%	4.30	4.35	4.20	4.28

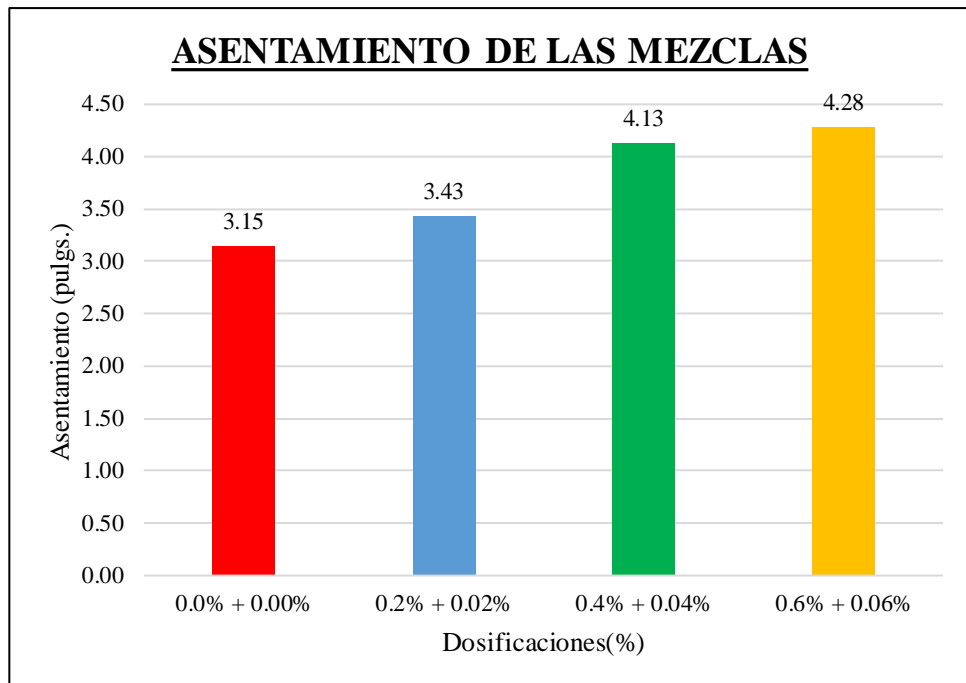


Figura 4.53. Grafica de asentamiento de las mezclas.

- Como ya vimos que mientras se aumenta la dosificación de la combinación de las fibras el asentamiento va aumentando, además observamos que con la proporción de 0.6% + 0.06% de fibra híbrida de acero y polipropileno respectivamente es el que genera un mayor asentamiento en comparación de las otras dosificaciones.
- Cabe mencionar que el asentamiento depende también de las características físicas de los agregados usados en las mezclas y del módulo de fineza total de esta, pues mezclas de una misma relación agua/cemento pueden dar diferente asentamiento; así por ejemplo se sabe que el agregado mientras más fino sea tiene mayor superficie por ende su absorción aumenta, lo que hace que la cantidad de agua usada para el diseño de mezcla sea insuficiente si se quiere tener un concreto trabajable, ocasionando el poco manejo del concreto y dificultando su uso. Además de encontrar factores que afectan a la trabajabilidad como las condiciones ambientales.

4.3.2. Contenido de aire

El contenido de aire del concreto fresco se presentó en (%). Para la investigación se consideró emplear 6.0% de aire incorporado para la mezcla patrón por considerarse que el concreto estará en condiciones de congelamiento de severa a crítica, y a partir de ello se incrementó en 0.5% por cada una de las tres dosificaciones con adición de las fibras híbridas. Al realizar el diseño de

mezclas se tuvo en cuenta el incremento del aditivo para hacer los ajustes necesarios en el contenido de agua en dicha mezcla. Estos porcentajes se controlaron a través del ensayo correspondiente.

En la investigación se adicionó el aditivo incorporador de aire Aircon Z de la marca peruana Z aditivos. Z aditivos (2019), en su ficha técnica menciona que este aditivo está elaborado a base de agentes tensoactivos para la inclusión de microburbujas de aire en hormigones expuestos a ciclos de hielo y deshielo. Este aditivo presenta las siguientes ventajas:

- Reduce la segregación en el concreto, especialmente en las faenas de transporte.
- Evita el fisuramiento del concreto por acción de hielo y deshielo en zonas donde existen bajas temperaturas.
- Reduce la exudación del concreto.
- No afecta el tiempo de fraguado.

4.3.3. Peso Unitario del concreto en estado fresco

Los resultados del peso unitario del concreto en estado fresco se determinaron a partir de 12 muestras elaboradas para el ensayo de resistencia a compresión.

- Al observar los valores presentados en la tabla N°26 y la gráfica de barras de la figura N°54, se nota un ligero decrecimiento en los valores promedios obtenidos.
- La reducción en el peso unitario de las mezclas puede ser causado principalmente por considerable contenido de burbujas de aire atrapado que presenta la masa de concreto en su interior y también a la distribución aleatorio de las fibras que formarían espacios libres.

Tabla 4.26. Peso unitario del concreto en estado fresco.

DISEÑO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (Kg/m ³)				
	uestra N° 01	uestra N° 02	uestra N° 03	Promedio	
PATRÓN	0.0% + 0.00%	2408.48	2395.33	2403.37	2402.39
COMBINACIÓN DE ACERO Y	0.2% + 0.02%	2392.41	2398.32	2395.24	2395.32
POLIPROPILENO	0.4% + 0.04%	2388.32	2381.58	2388.25	2386.05

0.6% + 0.06%	2385.39	2372.59	2369.35	2375.78
-----------------	---------	---------	---------	---------

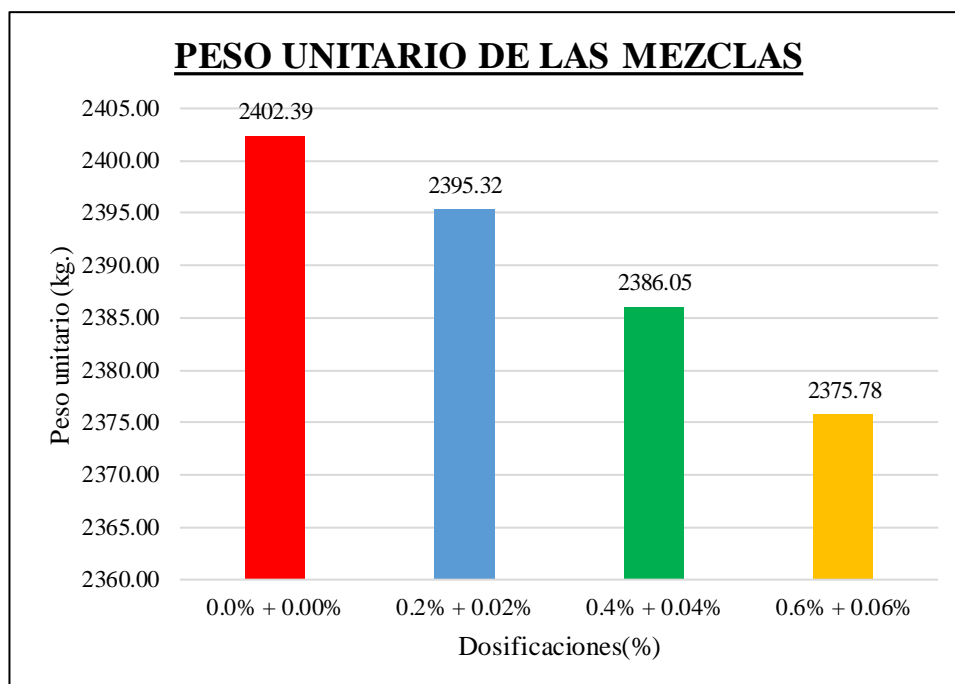


Figura 4.54. Peso unitario del concreto en estado fresco.

4.4. Ensayos del concreto en estado endurecido

La presente investigación consideró desarrollar los ensayos de resistencia a la compresión, tracción por compresión diametral y el ensayo a la flexión del concreto a edades de 7, 14 y 28 días.

4.4.1. Resultados del ensayo a compresión

Se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.034. Para el diseño de la mezcla de concreto de $f'c=280$ kg/cm²; se elaboraron el total de 72 especímenes de concreto de los cuales 18 especímenes fueron de concreto patrón, 54 especímenes reforzados con la combinación de las fibras de acero en dosis de 0.2%, 0.4% y 0.6% con las fibras de polipropileno en dosis de 0.02%, 0.04% y 0.06%. La mitad de este grupo fue sometida a curado en temperaturas de congelamiento y la otra mitad en curado convencional.

• **Resultados de los especímenes ensayados a la edad de 7 días**

Tabla 4.27. Resistencia a compresión a edad de 7 días en curado convencional a 15°C.

Código	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Sección Transversal (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRÓN - 1	20.34	10.01	78.70	19133.10	243.12	236.86
PATRÓN - 2	20.29	9.98	78.23	18521.12	236.76	
PATRÓN - 3	20.23	10.2	81.71	18851.51	230.70	
P0.02-0.2SC01	20.16	9.88	76.67	19885.45	259.38	254.59
P0.02-0.2SC02	20.00	9.92	77.29	19466.45	251.87	
P0.02-0.2SC03	20.08	10.05	79.33	20031.29	252.51	
P0.04-0.4SC10	20.31	10.11	80.28	21075.35	262.53	267.88
P0.04-0.4SC11	20.18	9.98	78.23	21925.55	280.28	
P0.04-0.4SC12	20.06	10.15	80.91	21103.10	260.81	
P0.06-0.6SC19	20.15	10.42	85.28	20715.31	242.92	240.47
P0.06-0.6SC20	20.30	10.42	85.28	20482.83	240.20	
P0.06-0.6SC21	20.11	10.42	85.28	20320.11	238.29	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	236.86	254.59	267.88	240.47
Rango Muestral (kg/cm ²)	6.12	18.16	15.64	4.63
Varianza	9.98	83.59	74.81	5.43
Desviación Estándar	3.16	9.14	8.65	2.33
Coefficiente de Variación	1.62%	4.32%	3.77%	1.20%

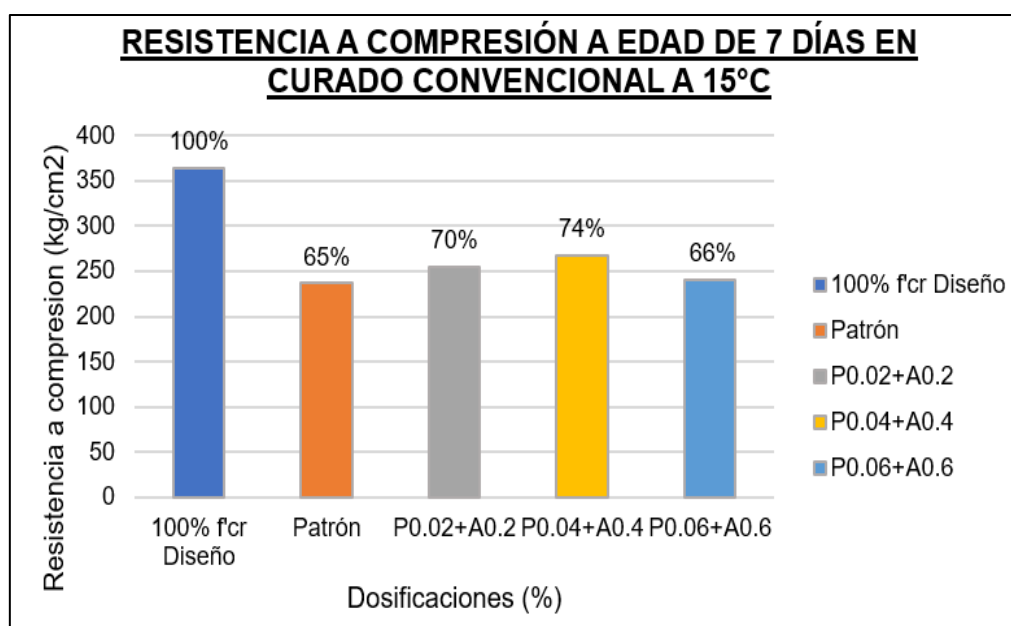


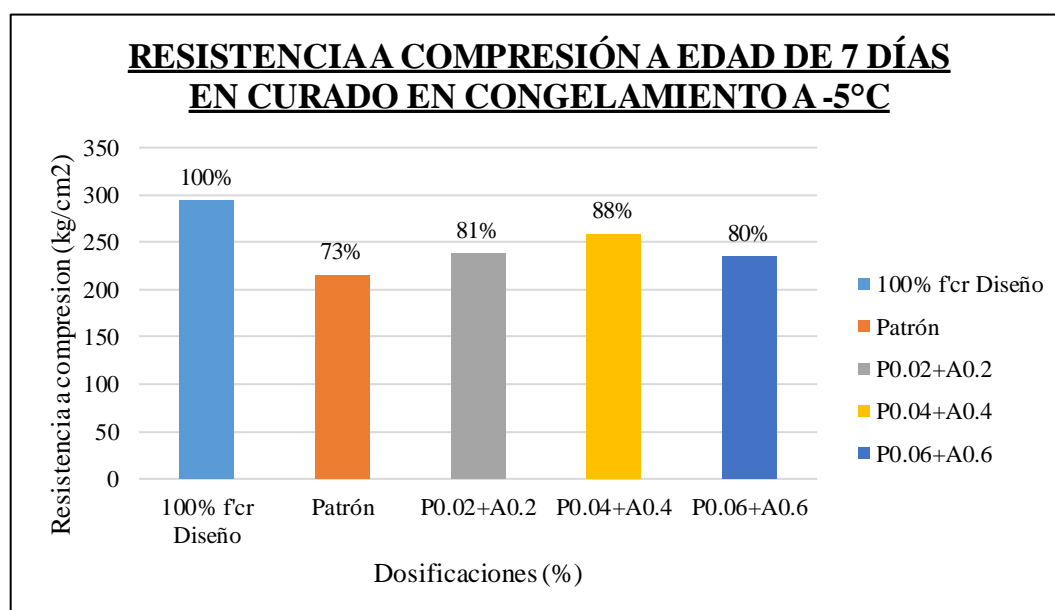
Figura 4.55. Resistencia a compresión simple a edad de 7 días en curado a 15°C.

Tabla 4.28. Resistencia a compresión a la edad de 7 días en curado en congelamiento a -5°C .

Código	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Sección Transversal (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRÓN - 10	20.18	10.15	80.91	18191.26	224.82	
PATRÓN - 11	20.20	10.22	82.03	17820.45	217.23	215.32
PATRÓN - 12	19.98	10.31	83.48	17022.98	203.91	
P0.02-0.2SC27	19.96	9.91	77.13	18995.25	246.27	
P0.02-0.2SC28	20.12	10.19	81.55	18682.31	229.08	237.75
P0.02-0.2SC29	20.20	10.08	79.80	18984.02	237.89	
P0.04-0.4CC37	20.25	10.30	83.32	21723.53	260.72	
P0.04-0.4CC38	20.32	10.15	80.91	20951.21	258.93	258.59
P0.04-0.4CC39	20.02	10.24	82.35	21094.15	256.14	
P0.06-0.6CC46	20.11	9.98	78.23	19152.30	244.83	
P0.06-0.6CC47	20.24	10.11	80.28	18221.30	226.98	234.67
P0.06-0.6CC48	19.96	10.22	82.03	19047.15	232.19	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	215.32	237.75	258.59	234.67
Rango Muestral (kg/cm ²)	5.44	14.51	9.15	9.92
Varianza	9.05	52.85	22.88	28.80
Desviación Estándar	3.01	7.27	4.78	5.37
Coefficiente de Variación	1.81%	3.84%	2.19%	2.94%

Figura 4.56. Resistencia a compresión simple a edad de 7 días en curado a -5°C .

• **Resultados de los especímenes ensayados a la edad de 14 días**

Tabla 4.29. Resistencia a compresión a la edad de 14 días en curado convencional a 15°C.

Código	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Sección Transversal (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRÓN - 4	20.05	10.04	79.17	23529.68	297.21	293.16
PATRÓN - 5	20.15	10.20	81.71	24043.28	294.24	
PATRÓN - 6	20.37	10.28	83.00	23905.37	288.02	
P0.02-0.2SC04	20.15	10.01	78.70	26029.76	330.76	323.15
P0.02-0.2SC05	20.21	10.12	80.44	25643.01	318.80	
P0.02-0.2SC06	20.35	10.17	81.23	25985.66	319.89	
P0.04-0.4SC13	20.01	10.13	80.60	27015.22	335.20	335.13
P0.04-0.4SC14	20.12	10.04	79.17	27033.45	341.46	
P0.04-0.4SC15	20.26	10.22	82.03	26966.11	328.72	
P0.06-0.6SC22	20.14	10.36	84.30	23397.02	277.56	286.46
P0.06-0.6SC23	20.21	10.14	80.75	23951.83	296.60	
P0.06-0.6SC24	19.97	10.29	83.16	23718.79	285.21	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	293.16	323.15	335.13	286.46
Rango Muestral (kg/cm ²)	6.86	16.13	10.98	9.95
Varianza	13.14	79.09	30.14	24.77
Desviación Estándar	3.62	8.89	5.49	4.98
Coefficiente de Variación	1.49%	3.36%	1.92%	2.06%

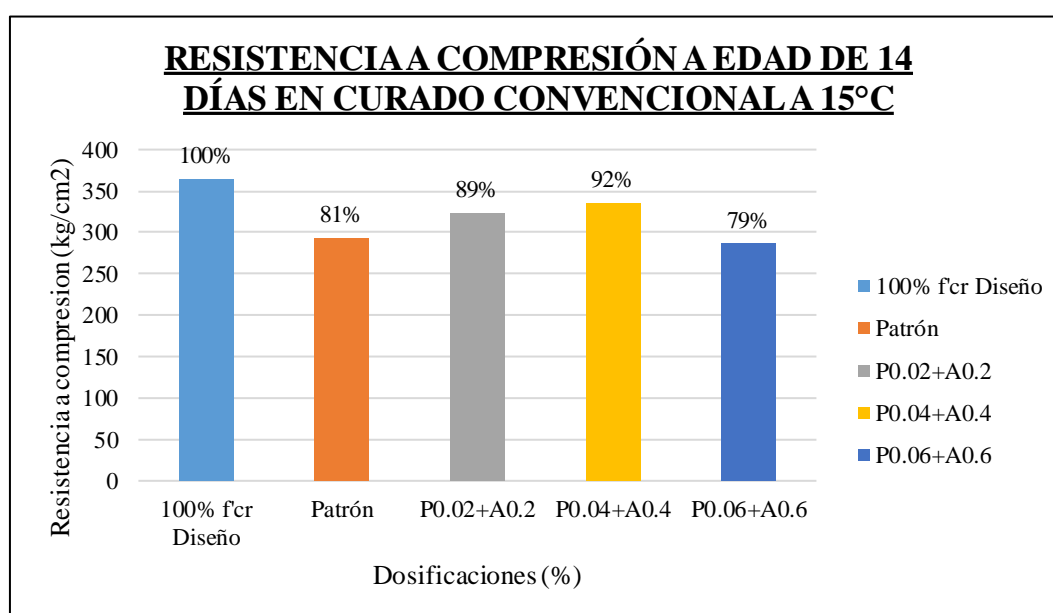


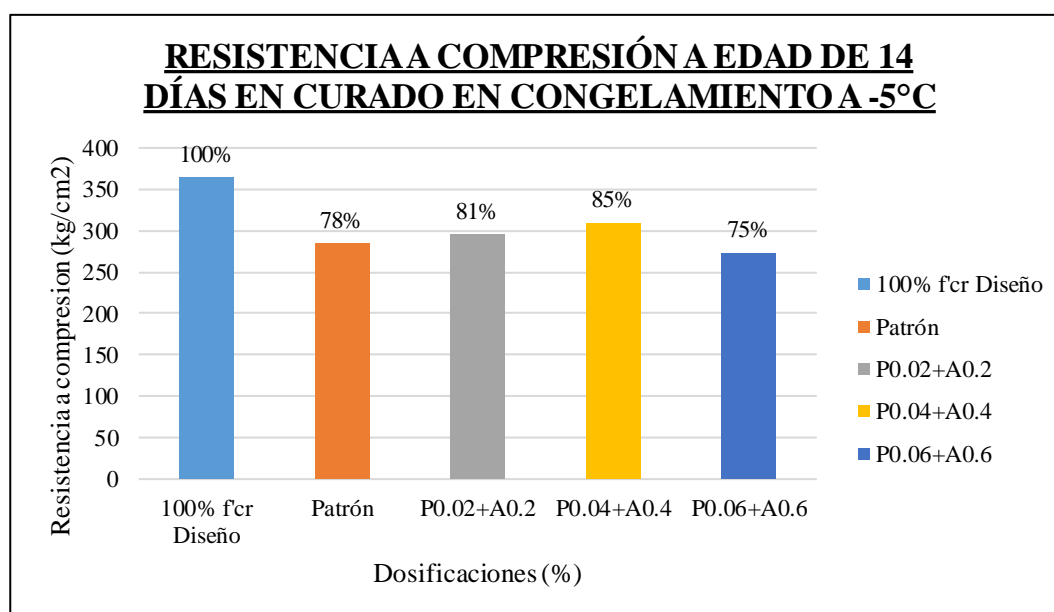
Figura 4.57. Resistencia a compresión simple a edad de 14 días en curado a 15°C.

Tabla 4.30. Resistencia a compresión a la edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C .

Código	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Sección Transversal (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRÓN - 13	20.38	9.80	75.43	22035.15	292.13	284.19
PATRÓN - 14	19.83	9.96	77.91	22313.10	286.39	
PATRÓN - 15	20.55	10.12	80.44	22044.97	274.07	308.57
P0.02-0.2CC31	19.98	10.14	80.75	23910.22	296.09	
P0.02-0.2CC32	20.33	10.07	79.64	23551.11	295.71	
P0.02-0.2CC33	20.07	10.11	80.28	23551.11	293.37	308.57
P0.04-0.4CC40	20.07	10.16	81.07	25367.63	312.90	
P0.04-0.4CC41	20.14	10.23	82.19	24985.01	303.98	
P0.04-0.4CC42	20.29	10.31	83.48	25783.22	308.84	272.38
P0.06-0.6CC49	20.00	10.00	78.54	21012.51	267.54	
P0.06-0.6CC50	20.03	10.00	78.54	21955.30	279.54	
P0.06-0.6CC51	20.16	10.11	80.28	21680.22	270.07	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	284.19	295.06	308.57	272.38
Rango Muestral (kg/cm ²)	10.59	11.31	8.42	10.49
Varianza	34.22	36.61	18.21	30.99
Desviación Estándar	5.85	6.05	4.27	5.57
Coefficiente de Variación	2.57%	2.51%	1.57%	2.40%

Figura 4.58. Resistencia a compresión simple a edad de 14 días en curado a -5°C .

• **Resultados de los especímenes ensayados a la edad de 28 días**

Tabla 4.31. Resistencia a compresión a la edad de 28 días en curado convencional a 15°C.

Código	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Sección Transversal (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRÓN - 7	20.61	10.05	79.33	25082.22	316.19	
PATRÓN - 8	20.07	10.14	80.75	25306.19	313.37	312.56
PATRÓN - 9	20.09	10.19	81.55	25129.05	308.13	
P0.02-0.2SC07	20.05	10.21	81.87	27394.35	334.60	
P0.02-0.2SC08	20.20	10.14	80.75	27828.64	344.61	339.48
P0.02-0.2SC09	20.17	10.10	80.12	27179.04	339.24	
P0.04-0.4SC16	20.09	10.00	78.54	29501.54	375.63	
P0.04-0.4SC17	20.25	10.12	80.44	29335.98	364.71	368.37
P0.04-0.4SC18	20.14	10.09	79.96	29167.66	364.78	
P0.06-0.6SC25	20.02	10.33	83.81	25215.20	300.87	
P0.06-0.6SC26	20.11	10.08	79.80	25574.42	320.48	303.96
P0.06-0.6SC27	20.19	10.47	86.10	25015.30	290.55	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	312.56	339.48	368.37	303.96
Rango Muestral (kg/cm ²)	7.71	9.51	9.94	28.09
Varianza	15.39	22.87	32.21	203.65
Desviación Estándar	3.92	4.78	5.68	14.27
Coefficiente de Variación	1.31%	1.58%	1.78%	5.10%

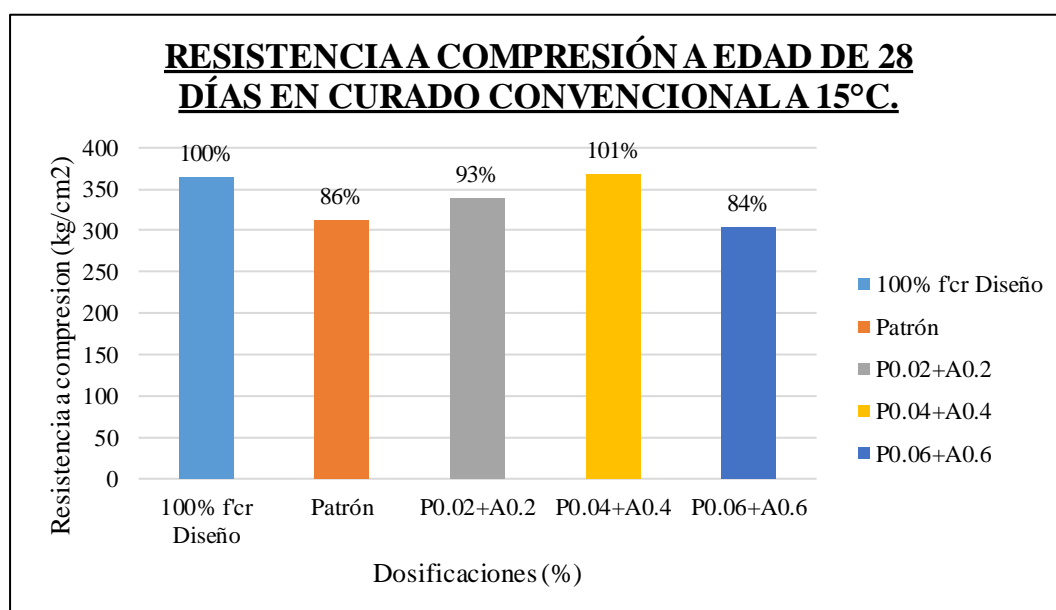


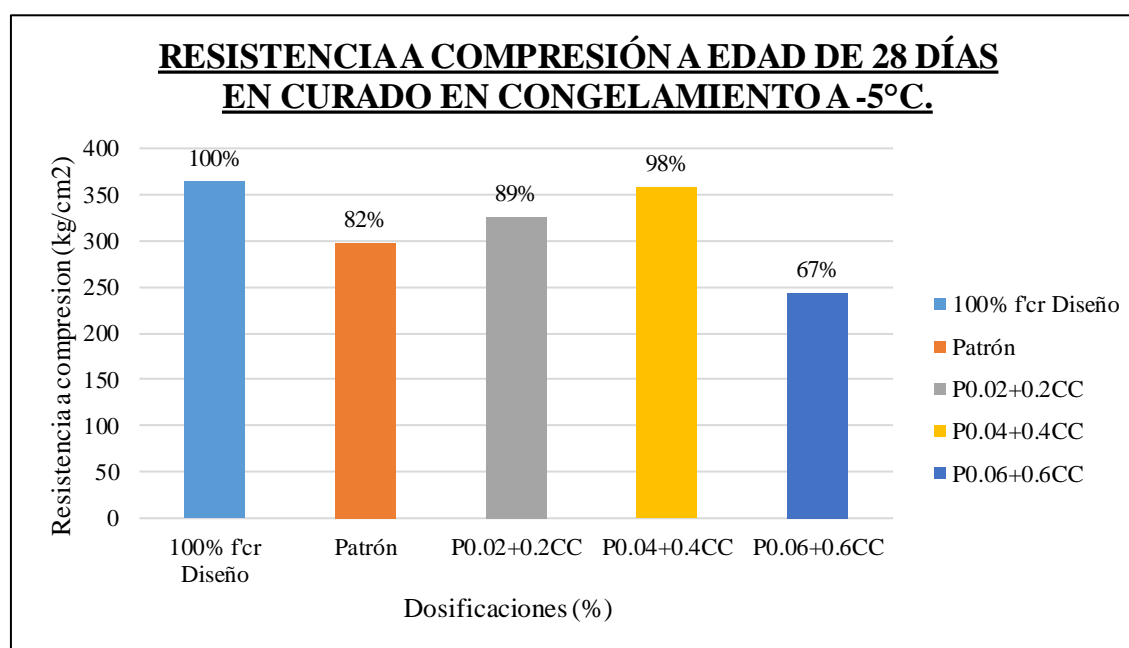
Figura 4.59. Resistencia a compresión simple a edad de 28 días en curado a 15°C.

Tabla 4.32. Resistencia a compresión a la edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C .

Código	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Sección Transversal (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRÓN - 16	19.80	10.30	83.32	24957.21	299.52	297.48
PATRÓN - 17	20.10	10.14	80.75	24908.65	308.45	
PATRÓN - 18	20.17	10.42	85.28	24257.14	284.46	325.65
P0.02-0.2CC34	20.19	10.13	80.60	26220.31	325.33	
P0.02-0.2CC35	20.25	10.18	81.39	26770.33	328.90	357.74
P0.02-0.2CC36	20.17	10.14	80.75	26060.90	322.72	
P0.04-0.4CC43	20.18	10.15	80.91	28906.54	357.25	357.74
P0.04-0.4CC44	20.26	10.08	79.80	28545.31	357.70	
P0.04-0.4CC45	20.21	10.10	80.12	28703.88	358.27	243.75
P0.06-0.6CC52	20.2	10.25	82.52	19952.09	241.80	
P0.06-0.6CC53	20.14	10.05	79.33	19754.22	249.02	240.44
P0.06-0.6CC54	20.29	10.18	81.39	19570.44	240.44	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	297.48	325.65	357.74	243.75
Rango Muestral (kg/cm ²)	10.69	6.57	0.76	3.76
Varianza	32.29	11.00	0.15	3.64
Desviación Estándar	5.68	3.32	0.39	1.91
Coefficiente de Variación (%)	2.07%	1.20%	0.13%	0.76%

Figura 4.60. Resistencia a compresión simple a edad de 28 días en curado a -5°C .

- Comparación de resultados de los especímenes ensayados a la edad de 7, 14 y 28 días

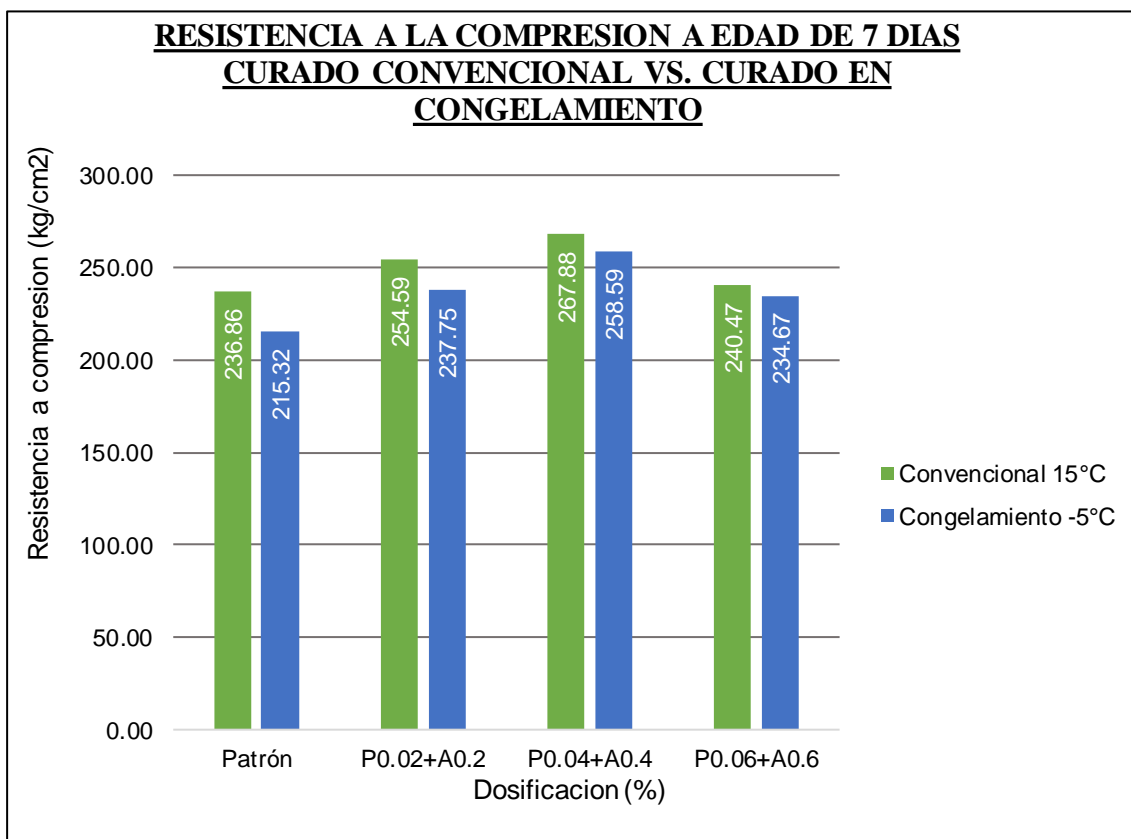


Figura 4.61. Comparación de resistencia a compresión simple a la edad de 7 días.

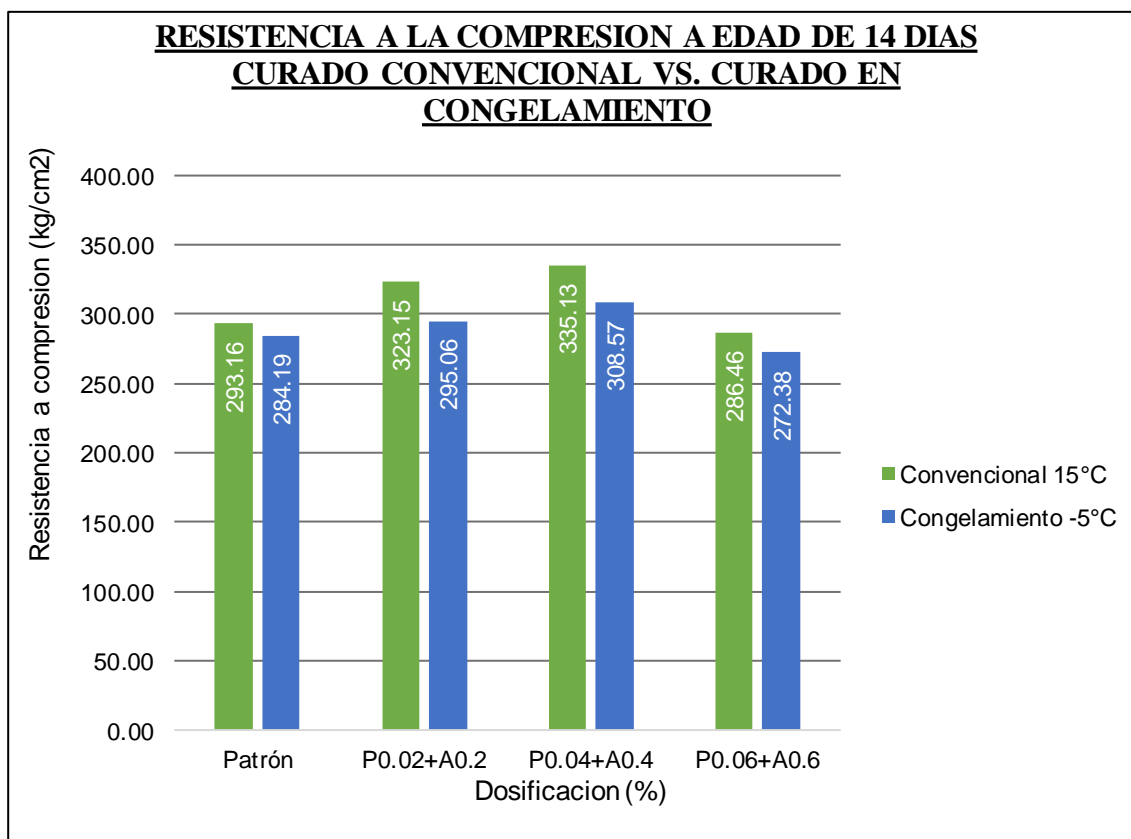


Figura 4.62. Comparación de resistencia a compresión simple a la edad de 14 días.

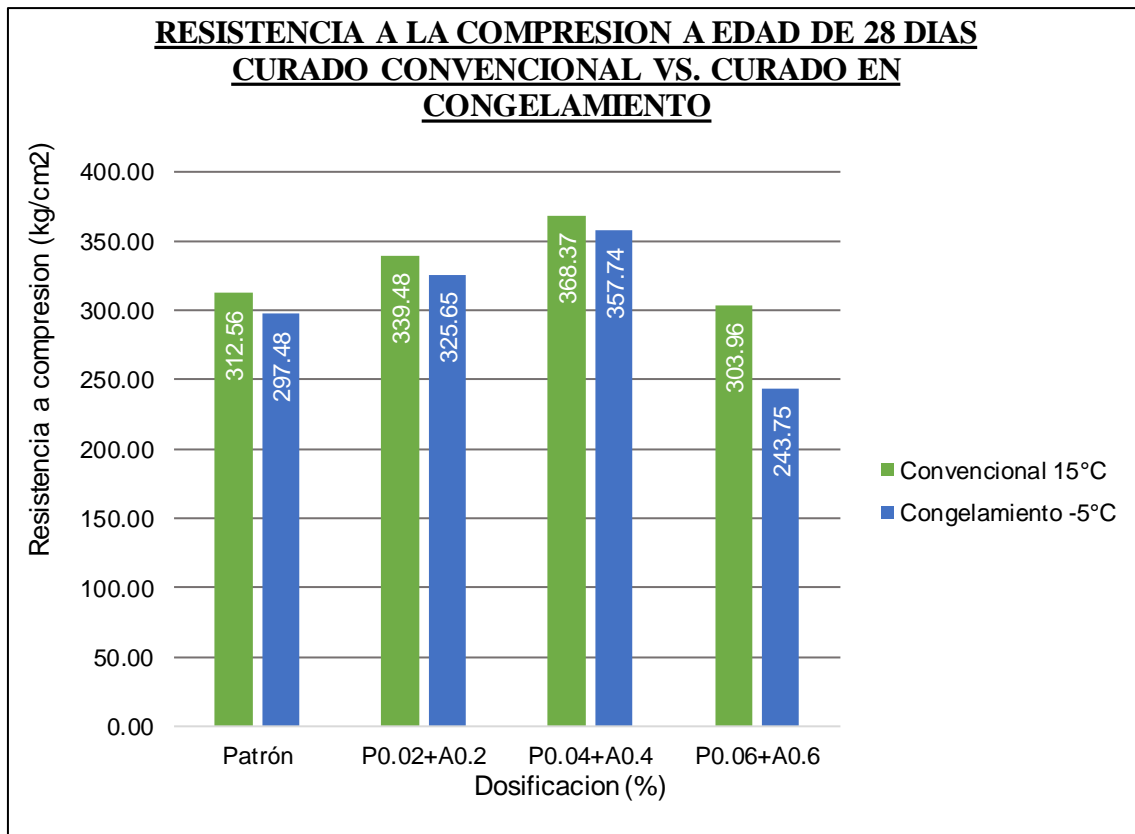


Figura 4.63. Comparación de resistencia a compresión simple a la edad de 28 días.

- De los resultados obtenidos, la primera observación que surge es que la resistencia a la compresión axial de las muestras de concreto patrón, a la edad de 28 días de curado a la temperatura 15°C, lograron alcanzar y superar el f'_c de diseño de 280 kg/cm², por lo que se puede asegurar que la calidad del concreto en esta investigación es la adecuada.
- A partir de lo evaluado anteriormente, se elaboró un concreto patrón con las mismas características, pero a diferencia que en esta ocasión la muestra estuvo sometida a curado en congelamiento a una temperatura de -5°C durante 28 días. Al comparar ambos resultados, se pudo notar la existencia de una notable diferencia en los valores obtenidos como se observa en la figura N°63, evidenciando una disminución en la resistencia de 15.08 kg/cm² que representaría el 15.50% respecto de las muestras en curado convencional.
- Con la notable diferencia de las resistencias queda claro que la temperatura de curado afecta severamente al concreto patrón cuando está sujeto a ciclos constantes de hielo y deshielo.
- A partir de dicha falencia, se agregaron las fibras híbridas en las tres dosificaciones al concreto y luego de ello fueron sometidas a curado en ambas

condiciones de temperatura, con el propósito de conocer su efecto y la proporción de fibras que mejores resultados ofrecen.

- En las figuras N°61, 62 y 63, se puede observar la pérdida de resistencia en los tres grupos de las muestras reforzadas con las fibras híbridas sometidas al curado en congelamiento. De estos tres grupos reforzados con las fibras híbridas, la combinación del 0.04% de las fibras de polipropileno más el 0.4% de las fibras de acero, es la dosificación que muestra resultados más eficientes en comparación a los otros grupos de concretos fibroreforzados. Siendo el 21.59% el máximo incremento obtenido respecto de los resultados de las muestras de concreto patrón sometido al curado a temperatura de congelamiento y el 3% la mínima pérdida de resistencia respecto de las muestras fibroreforzadas con la misma dosificación en curado convencional a una temperatura de 15°C.

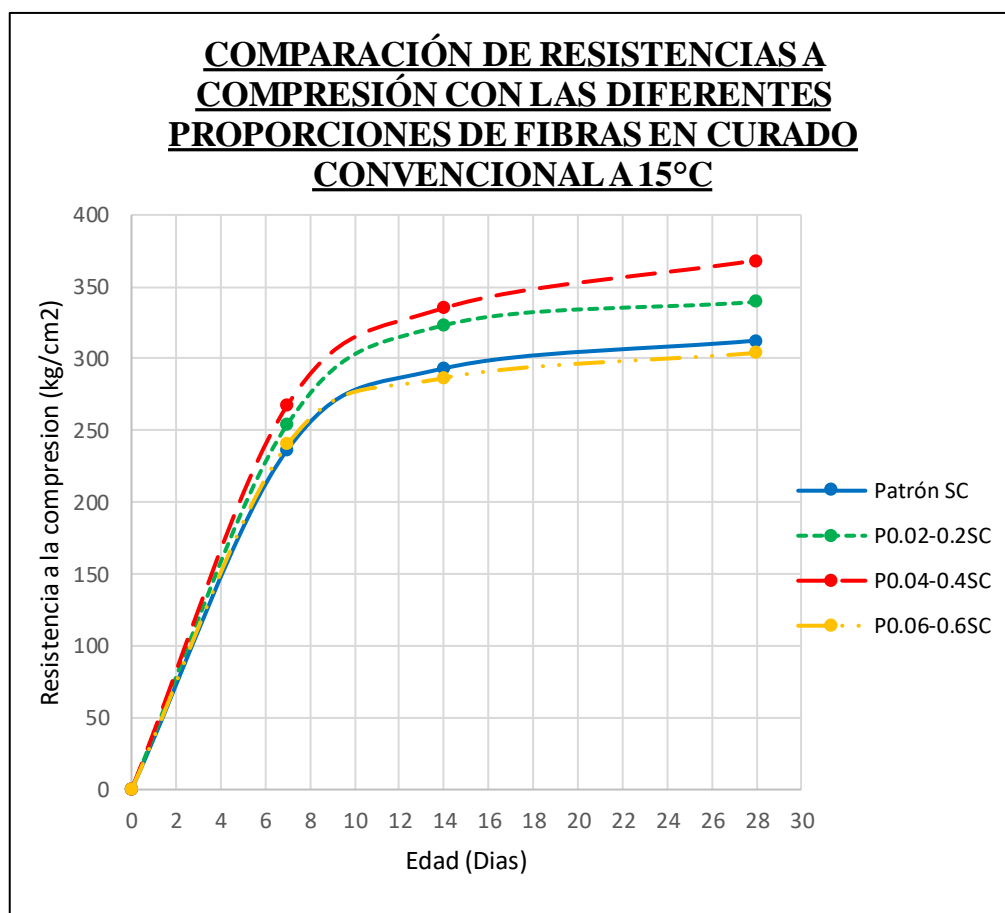


Figura 4.64. Curva de Resistencia a compresión simple vs. Edad del concreto en curado convencional a 15°C.

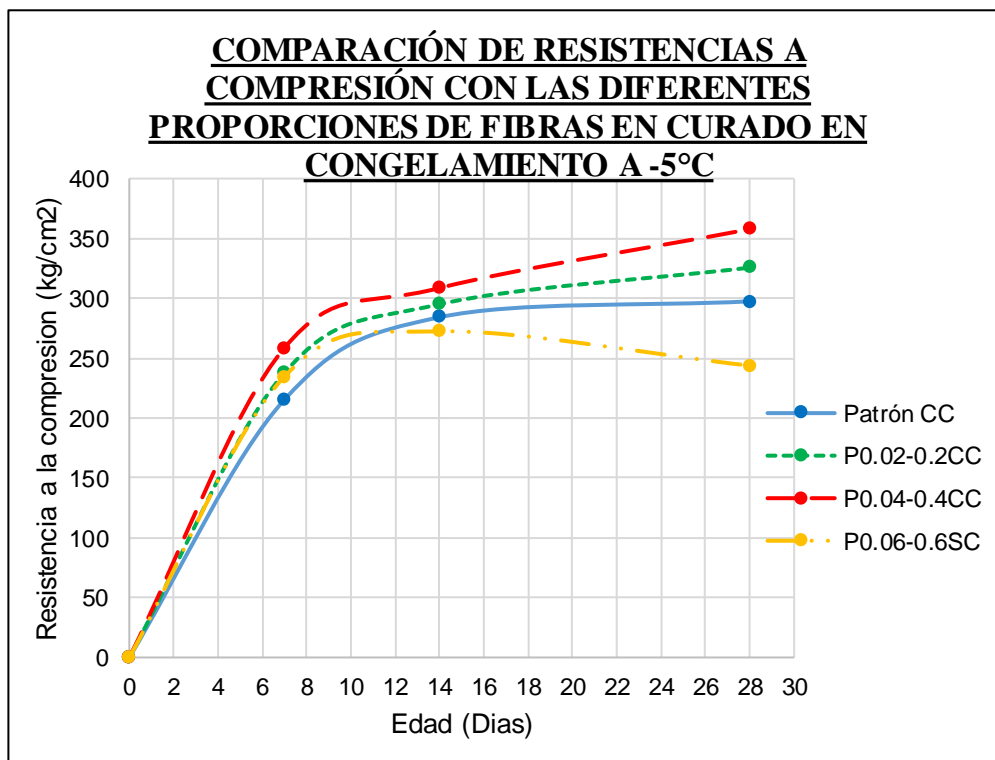


Figura 4.65. Curva de Resistencia a compresión simple vs. Edad del concreto en curado convencional a -5°C.

En las figuras N°64 y N°65, se observan las curvas generadas de resistencia a compresión simple vs. edad en días. En ellos se puede apreciar que las muestras con la adición de 0.04% de fibras de polipropileno más 0.4% de fibras de acero resaltan desarrollando una curva que muestra un mejor comportamiento a comparación de los dos grupos con las diferentes proporciones de fibras, llegando a una máxima resistencia de 368.37 kg/cm², cuyo resultado si es comparado con su grupo similar de curado en congelamiento se obtienen resultados muy cercanos. Finalmente, en esta parte se concluye que el curado en congelamiento influyó significativamente en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto en los diferentes grupos evaluados.

4.4.2. Resultados del ensayo a tracción

Los resultados de resistencia a tracción indirecta por compresión diametral se han determinado conforme a la normativa ASTM C496. A continuación, se presentan los valores obtenidos en laboratorio, mediante tablas y gráficos, los cuales describen el número de testigos, edades a las que fueron ensayados todos los especímenes, lectura del dial de la prensa hidráulica convertida de kN a kg, diámetro y altura convertidos de mm a cm y la resistencia.

• **Resultados de los especímenes ensayados a la edad de 7 días**

Tabla 4.33. Resistencia a la tracción a la edad de 7 días en curado convencional a 15°C.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIAMETRAL A LA EDAD DE 7 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C					
Código	Altura	Diámetro	Carga Máxima	f _c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRÓN - 19	20.25	10.16	5460.00	16.89	
PATRÓN - 20	20.34	10.25	6214.00	18.97	17.35
PATRÓN - 21	20.4	10.03	5200.00	16.18	
P0.02-0.2SC55	20.52	10.17	8216.00	25.06	
P0.02-0.2SC56	20.44	10.26	8014.00	24.33	24.98
P0.02-0.2SC57	20.56	10.25	8460.00	25.56	
P0.04-0.4SC64	20.54	10.27	9812.00	29.61	
P0.04-0.4SC65	20.29	10.85	9576.00	27.69	29.44
P0.04-0.4SC66	20.43	10.10	10050.00	31.01	
P0.06-0.6SC73	20.11	10.00	10029.00	31.75	
P0.06-0.6SC74	20.18	10.00	10364.00	32.70	32.58
P0.06-0.6SC75	20.15	9.90	10430.00	33.29	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	17.35	24.98	29.44	32.58
Rango Muestral (kg/cm ²)	2.80	1.23	4.06	1.54
Varianza	2.11	0.38	2.77	0.60
Desviación Estándar	1.45	0.62	1.66	0.78
Coficiente de Variación	8.37%	2.48%	5.65%	2.38%

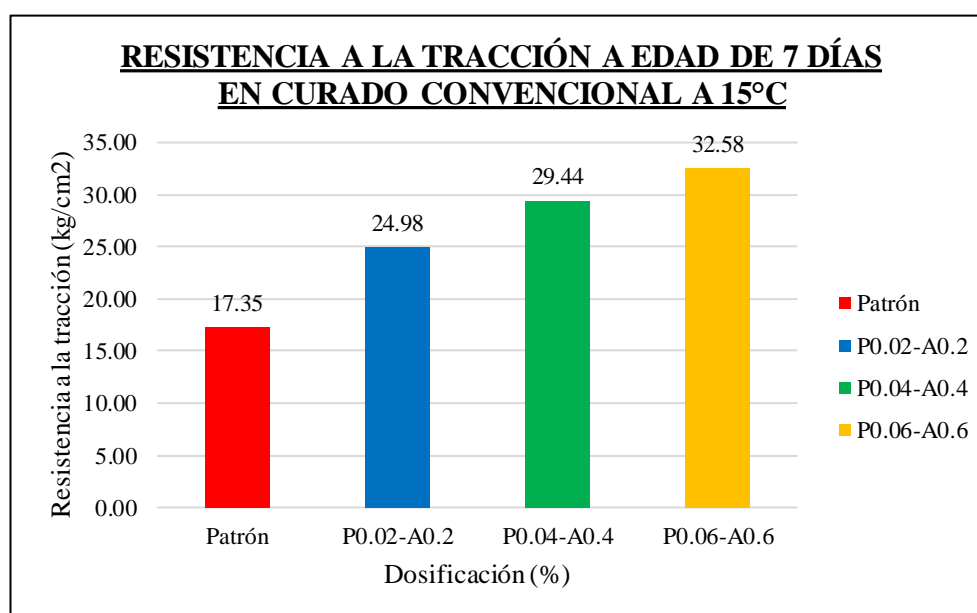


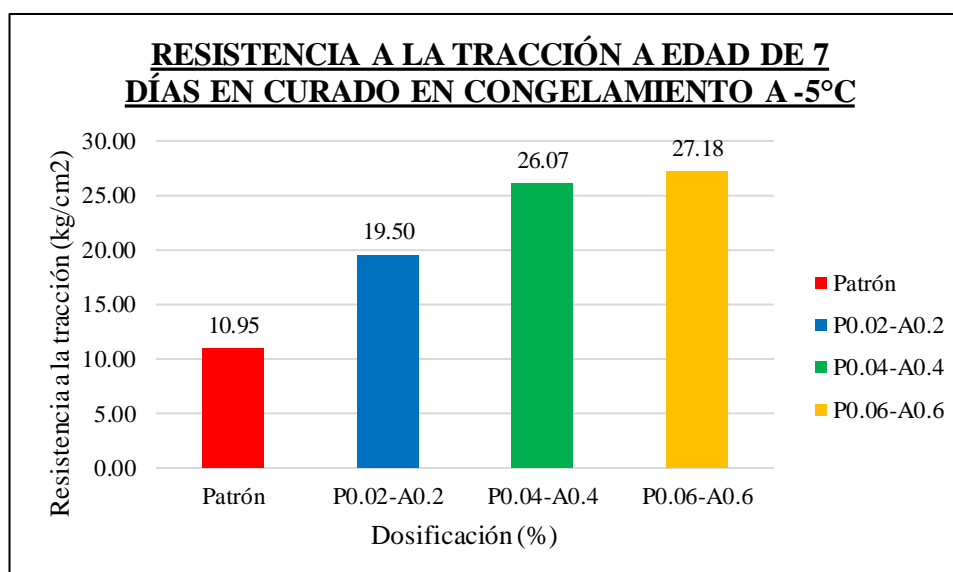
Figura 4.66. Resistencia a tracción a edad de 7 días en curado convencional a 15°C.

Tabla 4.34. Resistencia a la tracción a la edad de 7 días en curado en congelamiento a -5°C .

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIAMETRAL A LA EDAD DE 7 DÍAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°					
Código	Altura	Diámetro	Carga Máxima	f'c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRÓN - 28	20.19	10.12	3560.95	11.10	
PATRÓN - 29	20.10	10.20	3334.63	10.35	10.95
PATRÓN - 30	20.43	10.11	3702.55	11.41	
P0.02-0.2CC82	20.18	10.27	6022.00	18.50	
P0.02-0.2CC83	20.22	10.14	7256.00	22.53	19.50
P0.02-0.2CC84	20.16	10.11	5592.00	17.47	
P0.04-0.4CC91	20.19	10.54	8225.00	24.61	
P0.04-0.4CC92	20.13	10.63	8850.00	26.33	26.07
P0.04-0.4CC93	20.25	10.05	8722.00	27.28	
P0.06-0.6CC100	20.21	10.68	8829.00	26.04	
P0.06-0.6CC101	20.63	10.02	9364.00	28.84	27.18
P0.06-0.6CC102	20.54	10.50	9030.00	26.65	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	10.95	19.50	26.07	27.18
Rango Muestral (kg/cm ²)	1.06	5.06	2.68	2.80
Varianza	0.29	7.16	1.84	2.16
Desviación Estándar	0.54	2.68	1.36	1.47
Coefficiente de Variación	4.95%	13.72%	5.21%	5.41%

Figura 4.67. Resistencia a tracción a edad de 7 días en curado en congelamiento a -5°C .

• **Resultados de los especímenes ensayados a la edad de 14 días**

Tabla 4.35. Resistencia a la tracción a la edad de 14 días en curado convencional a 15°C.

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 14 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C					
Código	Altura	Diámetro	Carga Máxima	f'c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRÓN - 22	20.15	10.15	7120.00	22.16	
PATRÓN - 23	20.06	10.00	7340.00	23.29	22.91
PATRÓN - 24	20.11	10.31	7580.00	23.27	
P0.02-0.2SC58	20.35	10.40	9020.00	27.13	
P0.02-0.2SC59	20.75	10.52	9540.00	27.82	28.23
P0.02-0.2SC60	20.37	10.28	9780.00	29.73	
P0.04-0.4SC67	20.35	10.80	10520.00	30.47	
P0.04-0.4SC68	20.75	10.73	10320.00	29.51	31.06
P0.04-0.4SC69	20.37	10.36	11008.00	33.21	
P0.06-0.6SC76	20.38	10.10	10566.00	32.68	
P0.06-0.6SC77	20.12	10.20	11706.00	36.31	34.95
P0.06-0.6SC78	20.21	10.00	11379.00	35.84	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	22.91	28.23	31.06	34.95
Rango Muestral (kg/cm ²)	1.13	2.60	2.74	3.63
Varianza	0.42	1.81	3.68	3.91
Desviación Estándar	0.65	1.35	1.92	1.98
Coefficiente de Variación	2.83%	4.77%	6.18%	5.66%

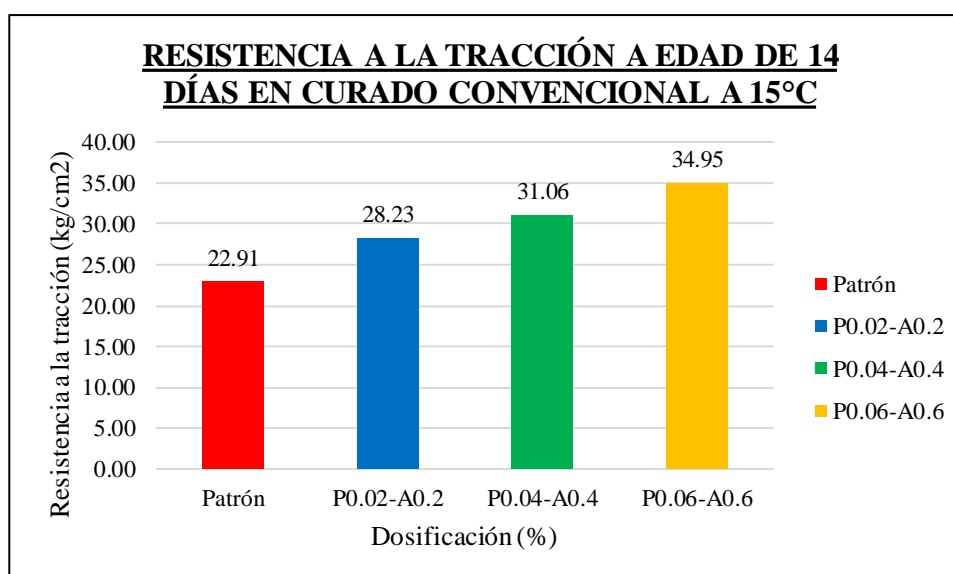
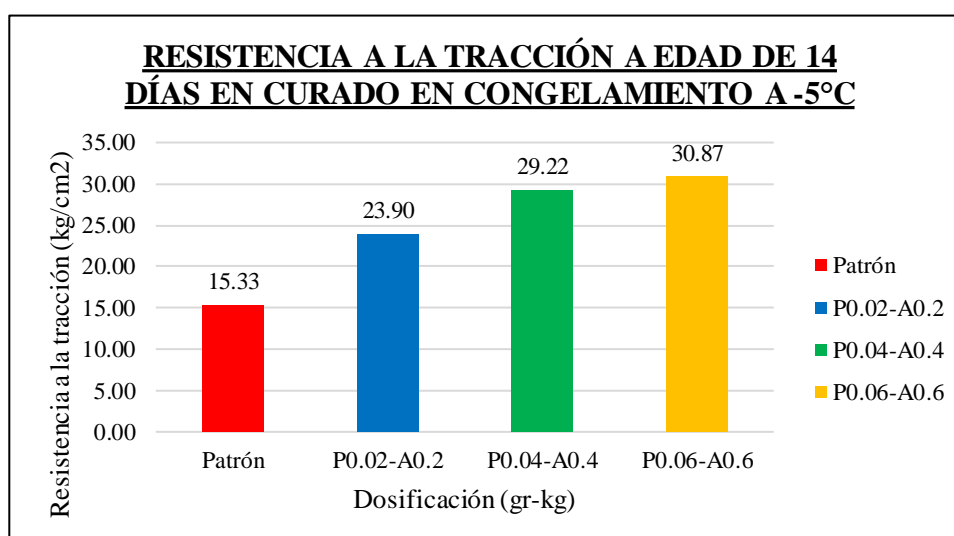


Figura 4.68. Resistencia a tracción a edad de 14 días en curado convencional a 15°C.

Tabla 4.36. Resistencia a la tracción a la edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C .

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIAMETRAL A LA EDAD DE 14 DÍAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C					
Código	Altura	Diámetro	Carga Máxima	f'c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRÓN - 31	20.99	10.22	4877.44	14.47	
PATRÓN - 32	20.56	10.18	5208.10	15.84	15.33
PATRÓN - 33	20.30	9.98	4985.92	15.67	
P200-20CC85	19.95	10.30	8020.00	24.85	
P200-20CC86	20.12	10.12	7640.00	23.89	23.90
P200-20CC87	20.34	10.19	7480.00	22.98	
P400-40CC94	20.14	10.15	8962.00	27.91	
P400-40CC95	20.66	10.31	10250.00	30.63	29.22
P400-40CC96	20.27	10.26	9508.00	29.11	
P600-60CC103	20.46	10.60	10366.00	30.43	
P600-60CC104	20.31	10.09	10506.00	32.64	30.87
P600-60CC105	20.08	10.82	10079.00	29.53	

TIPOS	MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS			
	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRÓN	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	15.33	23.90	29.22	30.87
Rango Muestral (kg/cm ²)	1.37	1.87	2.72	3.10
Varianza	0.55	0.88	1.87	2.55
Desviación Estándar	0.74	0.94	1.37	1.60
Coefficiente de Variación	4.85%	3.92%	4.67%	5.18%

Figura 4.69. Resistencia a tracción a edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C .

• **Resultados de los especímenes ensayados a la edad de 28 días**

Tabla 4.37. Resistencia a la tracción a la edad de 28 días en curado convencional a 15°C.

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 28 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C					
Código	Altura	Diámetro	Carga Máxima	f'c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRÓN - 25	20.49	9.95	9408.00	29.38	
PATRÓN - 26	20.3	10.14	9750.00	30.15	30.26
PATRÓN - 27	20.5	10.08	10145.00	31.25	
P200-20SC61	20.61	10.50	10918.00	32.12	
P200-20SC62	20.47	10.44	10714.00	31.92	32.41
P200-20SC63	20.29	10.59	11208.00	33.21	
P400-40SC70	20.61	10.08	11513.46	35.28	
P400-40SC71	20.47	10.67	11621.98	33.87	35.01
P400-40SC72	20.29	10.60	12117.53	35.87	
P600-60SC79	20.22	10.00	11124.00	35.02	
P600-60SC80	20.63	9.90	11734.00	36.58	36.42
P600-60SC81	20.31	10.20	12254.00	37.66	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS				
TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	30.26	32.41	35.01	36.42
Rango Muestral (kg/cm ²)	1.88	1.29	1.99	2.91
Varianza	0.89	0.48	1.05	2.17
Desviación Estándar	0.94	0.69	1.02	1.47
Coefficiente de Variación	3.12	2.14	2.93	3.89

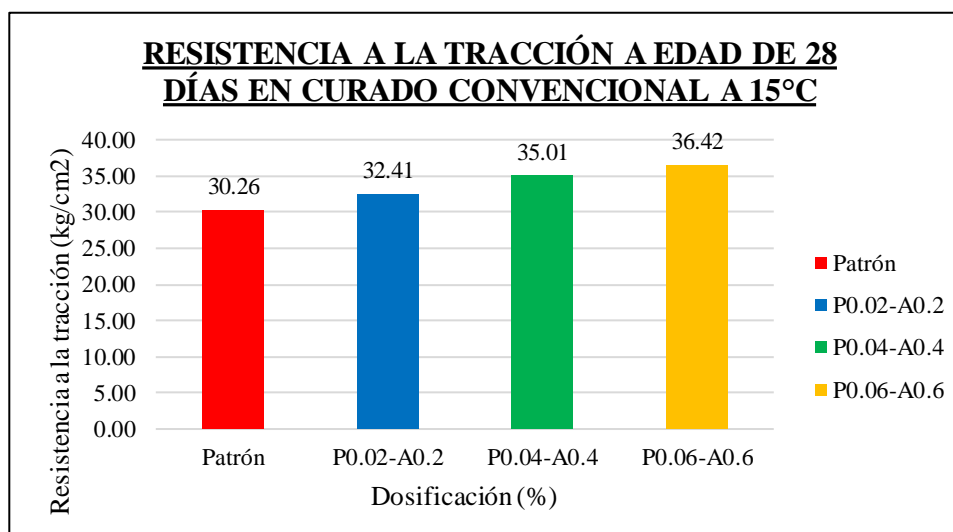
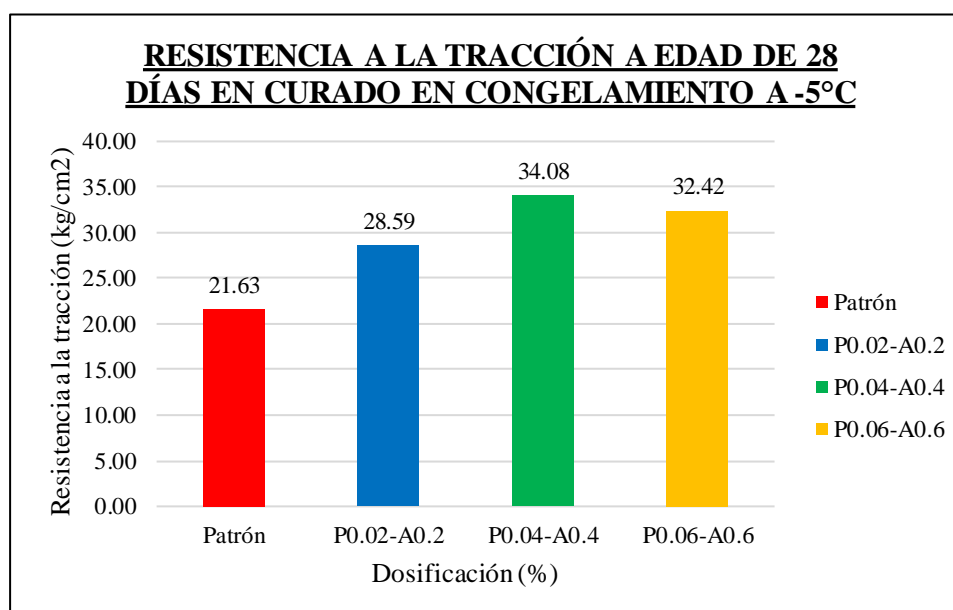


Figura 4.70. Resistencia a tracción a edad de 28 días en curado convencional a 15°C.

Tabla 4.38. Resistencia a la tracción a la edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C .

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 28 DÍAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C					
Código	Altura	Diámetro	Carga Máxima	f'c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRÓN - 34	20.05	10.25	7122.41	22.06	
PATRÓN - 35	20.12	10.10	7005.12	21.95	21.63
PATRÓN - 36	20.94	10.16	6980.06	20.89	
P200-20CC88	20.45	10.05	9021.00	27.94	
P200-20CC89	20.47	10.00	9178.00	28.54	28.59
P200-20CC90	20.29	10.10	9422.00	29.27	
P400-40CC97	20.41	10.71	11791.00	34.34	
P400-40CC98	20.19	10.60	11412.00	33.95	34.08
P400-40CC99	20.20	10.01	10781.00	33.94	
P600-60CC106	20.19	10.61	10992.00	32.67	
P600-60CC107	20.37	10.30	10894.00	33.06	32.42
P600-60CC108	20.25	10.98	11011.00	31.53	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS				
TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	21.63	28.59	34.08	32.42
Rango Muestral (kg/cm ²)	1.06	1.33	0.82	1.53
Varianza	0.42	0.44	0.17	0.63
Desviación Estándar	0.65	0.66	0.41	0.79
Coefficiente de Variación	3.00%	2.32%	1.27%	2.45%

Figura 4.71. Resistencia a tracción a edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C .

- Comparación de resultados de los especímenes ensayados a la edad de 7, 14 y 28 días

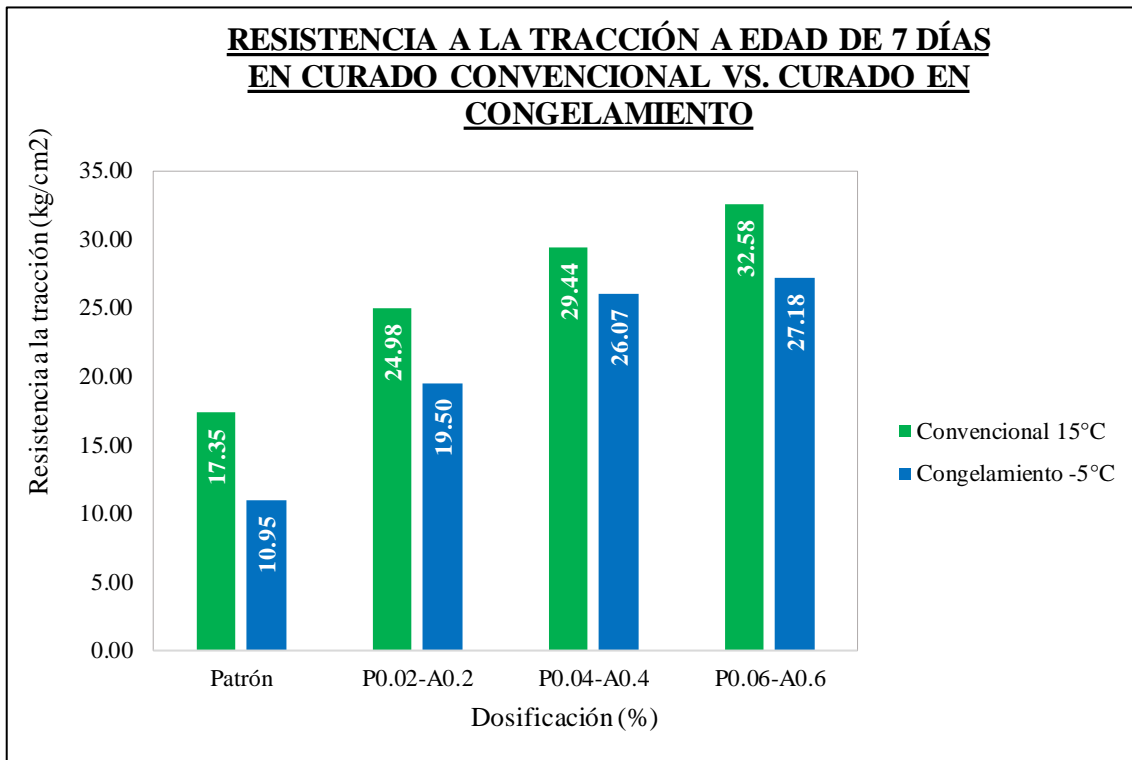


Figura 4.72. Comparación de resultados a tracción diametral a edad de 7 días.

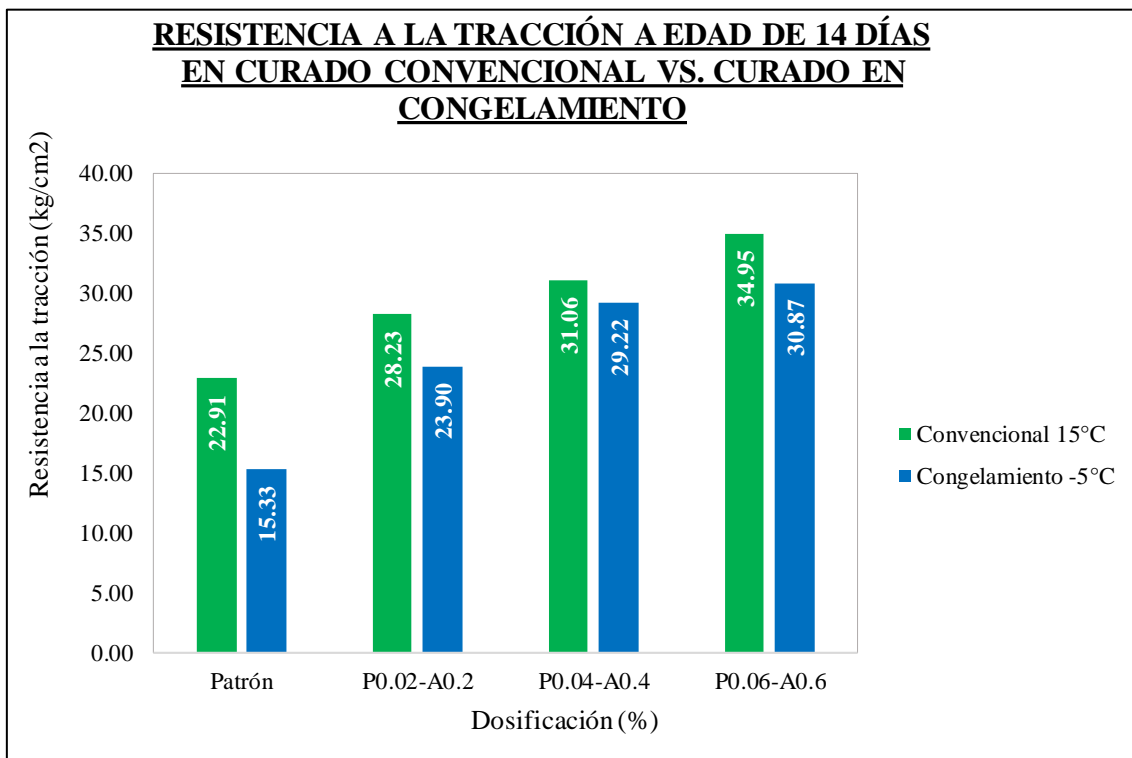


Figura 4.73. Comparación de resultados a tracción diametral a edad de 14 días.

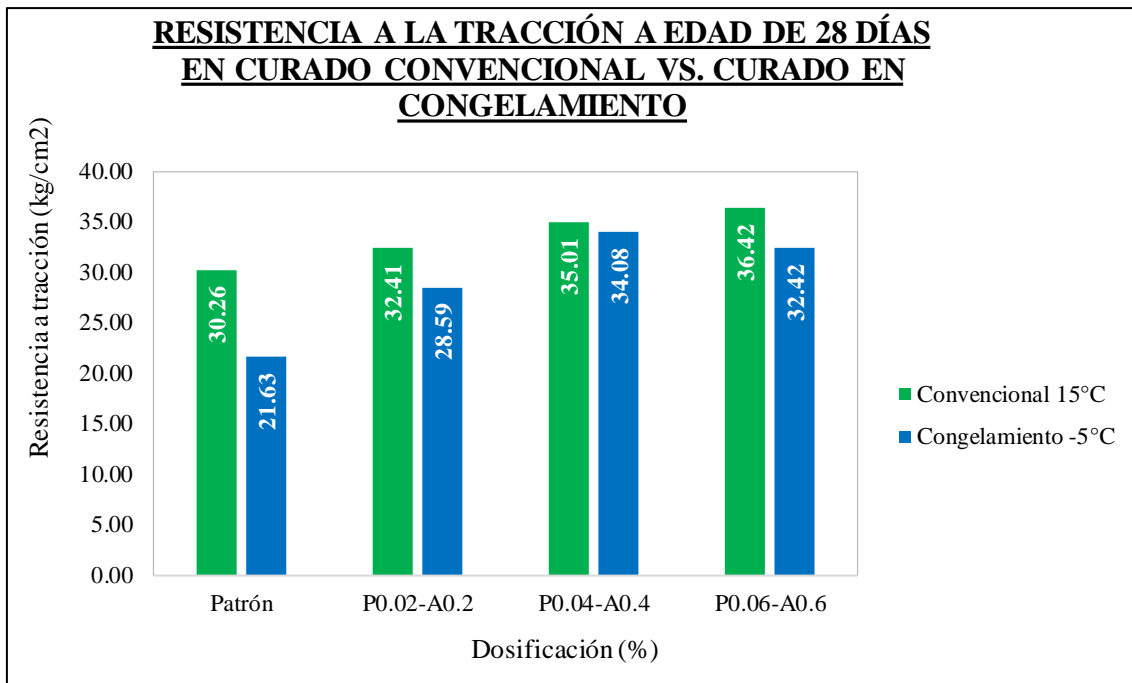


Figura 4.74. Comparación de resultados a tracción diametral a edad de 28 días.

- De acuerdo a los resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral de las muestras de concreto $f^c=280$ kg/cm² en condiciones de curado en congelamiento y curado convencional presentados en las figuras N° 72, 73 y 74, se observa una ligera tendencia de crecimiento constante a medida que se incrementa la dosificación de fibras híbridas, los porcentajes de los resultados de dichos incrementos a los 28 días en curado convencional son: 7.10%, 15.70% y 20.36%, respecto del concreto patrón, para las mezclas con las dosificaciones del 0.02% más 0.2%, 0.04% más 0.4% y 0.06% más 0.6% de las fibras híbridas de polipropileno y acero respectivamente. Para las muestras de concreto patrón sujetas a curado en congelamiento, los porcentajes de los resultados son: 32.18%, 57.56% y 49.88% en las mismas dosificaciones que el grupo de muestras ensayadas en curado convencional.
- De cada uno de los gráficos mostrados de resistencia a la tracción diametral podemos darnos cuenta de la existencia de una ligera disminución de resistencias en los tres grupos de muestras de concreto reforzadas con las fibras híbridas sometidas al curado en congelamiento. Las muestras de concreto reforzadas con la dosificación del 0.04% de las fibras de polipropileno más el 0.04% de las fibras de acero en curado en congelamiento muestran una leve disminución de la resistencia del 2.72% a los 28 días de curado, respecto de la muestra en curado convencional a la temperatura de 15°C, siendo el grupo que

obtiene la disminución más baja del resto del grupo de muestras reforzadas con las fibras híbridas.

4.4.3. Resultados del ensayo a flexión

Se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 78 y a la NTP 339.078, para el diseño de mezcla de 280 kg/cm²; se realizaron los 72 especímenes de concreto de los cuales se tienen 18 especímenes de concreto patrón, 54 especímenes reforzados con la combinación de las fibras de acero y polipropileno en dosis de 0.2%, 0.4% y 0.65 y 0.02%, 0.04% y 0.06% respectivamente. La mitad de este grupo fue sometida a curado en temperaturas de congelamiento y la otra mitad en curado convencional.

El valor del módulo de rotura se relaciona con el f'_c de los especímenes cilíndricos. Tomando en consideración:

Tabla 4.39. Relación entre M_r y f'_c .

FUENTE	RELACIÓN DEL M_r Y f'_c
ACI (ACI – 318)	$M_r = 0.62 \sqrt{f'_c}$

Nota: Tomado de la norma. ACI – 318



Figura 4.75. Ensayo a Resistencia a la flexión de la viga con carga en los tercios.

• **Resultado de los especímenes ensayados a la edad de 7 días**

Tabla 4.40. Resistencia a la flexión a la edad de 7 días en curado convencional a 15°C.

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 7 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C						
Código	Altura	Base	Longitud	Carga Máxima	f'c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRON V-1	15.24	15.13	45.00	859.80	24.55	
PATRON V-2	14.98	15.05	45.00	1014.25	30.19	26.18
PATRON V-3	14.89	15.00	45.00	784.97	23.81	
VP0.02-0.2SC01	15.14	15.30	45.00	1096.14	30.57	
VP0.02-0.2SC02	15.08	15.21	45.00	990.78	28.29	29.69
VP0.02-0.2SC03	14.98	15.25	45.00	1055.88	30.21	
VP0.04-0.4SC01	15.04	15.15	45.00	1252.30	36.32	
VP0.04-0.4SC02	15.01	15.07	45.00	1115.56	32.97	36.06
VP0.04-0.4SC03	14.95	14.99	45.00	1286.88	38.88	
VP0.06-0.6SC01	15.25	15.00	45.00	1380.66	40.41	
VP0.06-0.6SC02	15.07	15.18	45.00	1404.65	40.38	41.22
VP0.06-0.6SC03	14.96	15.24	45.00	1492.10	42.86	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	VP0.02-0.2SC	VP0.04-0.4SC	VP0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	26.18	29.69	36.06	41.22
Rango Muestral (kg/cm ²)	6.37	2.28	5.91	2.48
Varianza	12.16	1.51	8.78	2.03
Desviación Estándar	3.49	1.23	2.96	1.42
Coficiente de Variación	13.32%	4.13%	8.22%	3.45%

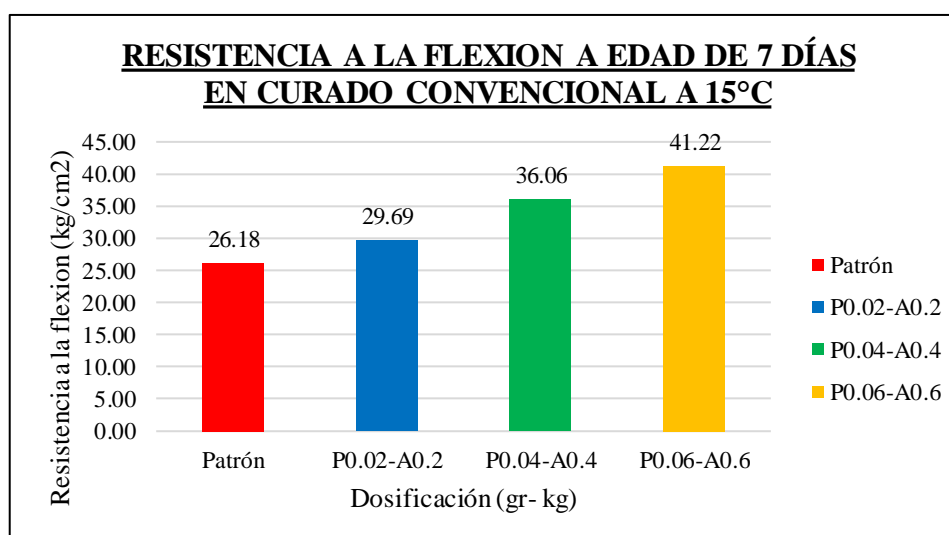
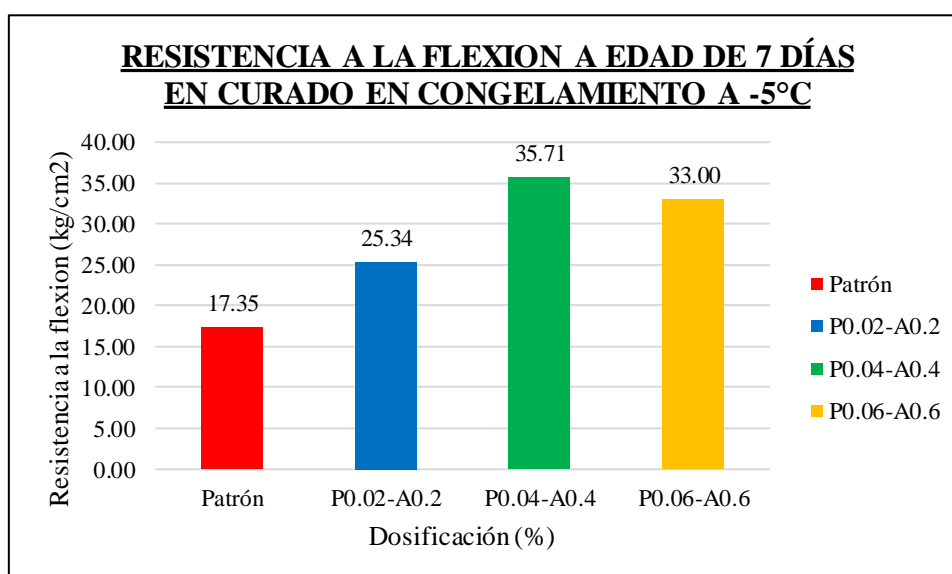


Figura 4.76. Resistencia a la flexión a edad de 7 días en curado a 15°C.

Tabla 4.41. Resistencia a la flexión a la edad de 7 días en curado en congelamiento a -5°C .

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 7 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A -5°C						
Código	Altura (cm)	Base (cm)	Longitud (cm)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRON V-10	15.15	15.02	45.00	701.02	20.64	
PATRON V-11	15.08	15.16	45.00	457.55	13.19	17.35
PATRON V-12	15.14	15.04	45.00	621.22	18.23	
VP0.02-0.2CC1	15.06	15.20	45.00	945.28	27.09	
VP0.02-0.2CC2	15.00	15.18	45.00	790.47	22.88	25.34
VP0.02-0.2CC3	15.10	15.25	45.00	921.02	26.04	
VP0.04-0.4CC1	14.90	15.15	45.00	1178.83	34.67	
VP0.04-0.4CC2	14.92	15.25	45.00	1410.15	40.59	35.71
VP0.04-0.4CC3	15.14	15.09	45.00	1096.43	31.86	
VP0.06-0.6CC1	15.11	15.22	45.00	1110.22	31.54	
VP0.06-0.6CC2	15.15	15.31	45.00	1382.44	38.44	33.00
VP0.06-0.6CC3	15.08	15.18	45.00	1010.58	29.02	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS				
TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	17.35	25.34	35.71	33.00
Rango Muestral (kg/cm ²)	7.45	4.21	8.73	9.42
Varianza	14.44	4.80	19.85	23.77
Desviación Estándar	3.80	2.19	4.46	4.88
Coefficiente de Variación	21.89%	8.65%	12.48%	14.77%

Figura 4.77. Resistencia a la flexión a edad de 7 días en curado a -5°C .

• **Resultado de los especímenes ensayados a la edad de 14 días**

Tabla 4.42. Resistencia a la flexión a la edad de 14 días en curado en convencional a 15°C.

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 14 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C						
Código	Altura (cm)	Base (cm)	Longitud (cm)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRON V-4	15.01	15.14	45.00	970.14	28.28	
PATRON V-5	15.09	15.08	45.00	1110.19	32.49	30.50
PATRON V-6	15.02	14.95	45.00	1016.52	30.74	
VP0.02-0.2SC04	15.00	15.13	45.00	1345.10	39.32	
VP0.02-0.2SC05	15.07	15.09	45.00	1190.26	34.83	38.17
VP0.02-0.2SC06	15.11	15.33	45.00	1451.09	40.35	
VP0.04-0.4SC04	15.04	15.02	45.00	1352.09	40.24	
VP0.04-0.4SC05	15.00	15.01	45.00	1588.44	47.56	42.67
VP0.04-0.4SC06	15.06	15.23	45.00	1410.70	40.20	
VP0.06-0.6SC04	14.99	15.30	45.00	1730.11	48.97	
VP0.06-0.6SC05	15.00	15.00	45.00	1610.84	48.33	47.78
VP0.06-0.6SC06	15.14	15.11	45.00	1590.22	46.03	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS				
TIPOS	PATRON	DOSIFICACIONES (%)		
		P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	30.50	38.17	42.67	47.78
Rango Muestral (kg/cm ²)	4.21	5.52	7.36	2.94
Varianza	4.47	8.62	17.95	2.39
Desviación Estándar	2.11	2.94	4.24	1.55
Coefficiente de Variación (%)	6.93%	7.69%	9.93%	3.24%

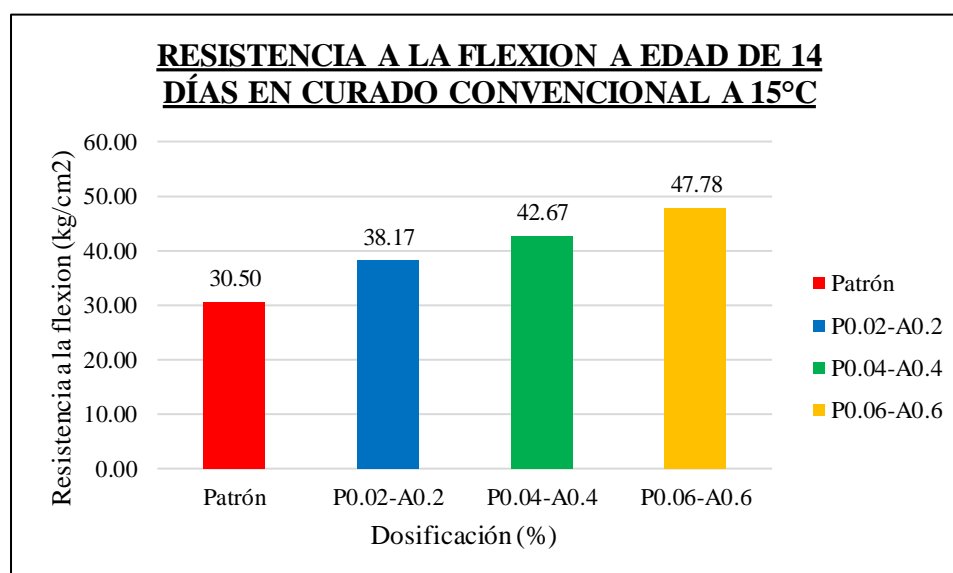


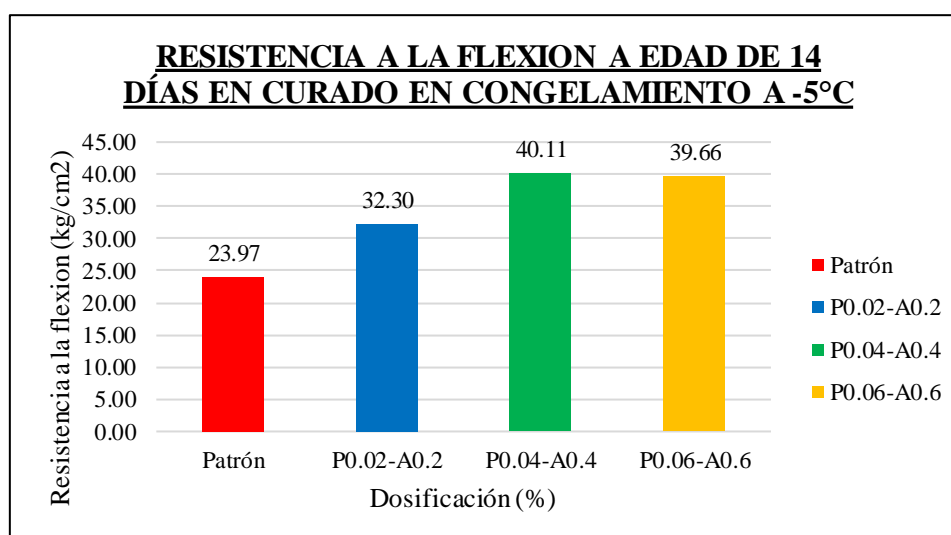
Figura 4.78. Resistencia a la flexión a edad de 14 días en curado a 15°C.

Tabla 4.43. Resistencia a la flexión a la edad de 14 días en curado en congelamiento a -5°C .

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 14 DÍAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C						
Código	Altura	Base	Longitud	Carga Máxima	f'c	f'c Promedio
	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
PATRON V-13	15.17	15.12	45.00	745.69	21.48	
PATRON V-14	15.02	15.20	45.00	888.04	25.56	23.97
PATRON V-15	15.00	15.11	45.00	847.88	24.89	
VP0.02-0.2CC4	15.30	15.26	45.00	1054.04	29.16	
VP0.02-0.2CC5	15.12	15.00	45.00	1156.20	34.27	32.30
VP0.02-0.2CC6	15.11	15.31	45.00	1198.26	33.45	
VP0.04-0.4CC4	15.08	15.11	45.00	1154.65	33.62	
VP0.04-0.4CC5	15.19	15.14	45.00	1748.19	50.06	40.11
VP0.04-0.4CC6	15.26	15.22	45.00	1309.77	36.67	
VP0.06-0.6CC4	15.00	15.24	45.00	1485.41	42.50	
VP0.06-0.6CC5	15.24	15.16	45.00	1265.22	35.91	39.66
VP0.06-0.6CC6	15.30	15.07	45.00	1412.55	40.57	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	23.97	32.30	40.11	39.66
Rango Muestral (kg/cm ²)	4.08	5.11	16.44	6.59
Varianza	4.78	7.53	76.45	11.48
Desviación Estándar	2.19	2.74	8.74	3.39
Coefficiente de Variación (%)	9.12%	8.50%	21.80%	8.54%

Figura 4.79. Resistencia a la flexión a edad de 14 días en curado a -5°C .

• **Resultado de los especímenes ensayados a la edad de 28 días**

Tabla 4.44. Resistencia a la flexión a la edad de 28 días en curado en convencional a 15°C.

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 28 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C						
Código	Altura (cm)	Base (cm)	Longitud (cm)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRON V-7	15.11	15.25	45.00	1450.88	40.98	
PATRON V-8	15.20	15.12	45.00	1358.62	39.02	41.10
PATRON V-9	15.18	15.15	45.00	1514.03	43.31	
VP0.02-0.2SC07	15.22	15.11	45.00	1585.62	45.54	
VP0.02-0.2SC08	15.31	15.01	45.00	1503.14	43.65	47.32
VP0.02-0.2SC09	15.06	15.26	45.00	1862.48	52.76	
VP0.04-0.4SC07	15.16	15.08	45.00	1570.55	45.64	
VP0.04-0.4SC08	15.11	15.31	45.00	1722.45	48.08	48.31
VP0.04-0.4SC09	15.05	15.26	45.00	1805.33	51.19	
VP0.06-0.6SC07	15.04	15.14	45.00	1814.00	52.72	
VP0.06-0.6SC08	15.11	15.07	45.00	1784.00	52.20	50.68
VP0.06-0.6SC09	15.08	15.22	45.00	1654.00	47.13	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	P0.02-0.2SC	P0.04-0.4SC	P0.06-0.6SC
Resistencia Media (kg/cm ²)	41.10	47.32	48.31	50.68
Rango Muestral (kg/cm ²)	4.29	9.11	5.55	5.59
Varianza	4.62	23.13	7.74	9.54
Desviación Estándar	2.15	4.81	2.78	3.09
Coefficiente de Variación	5.23%	10.16%	5.76%	6.09%

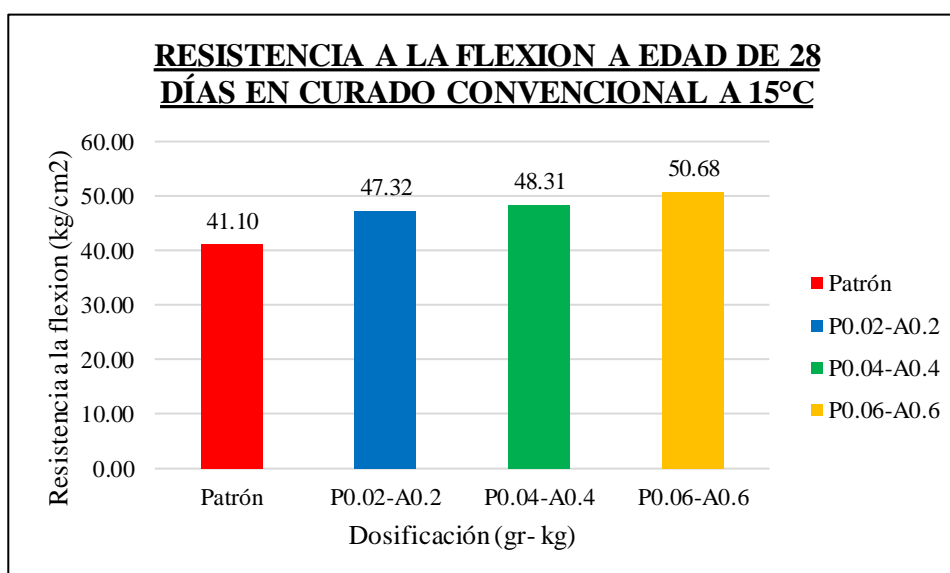


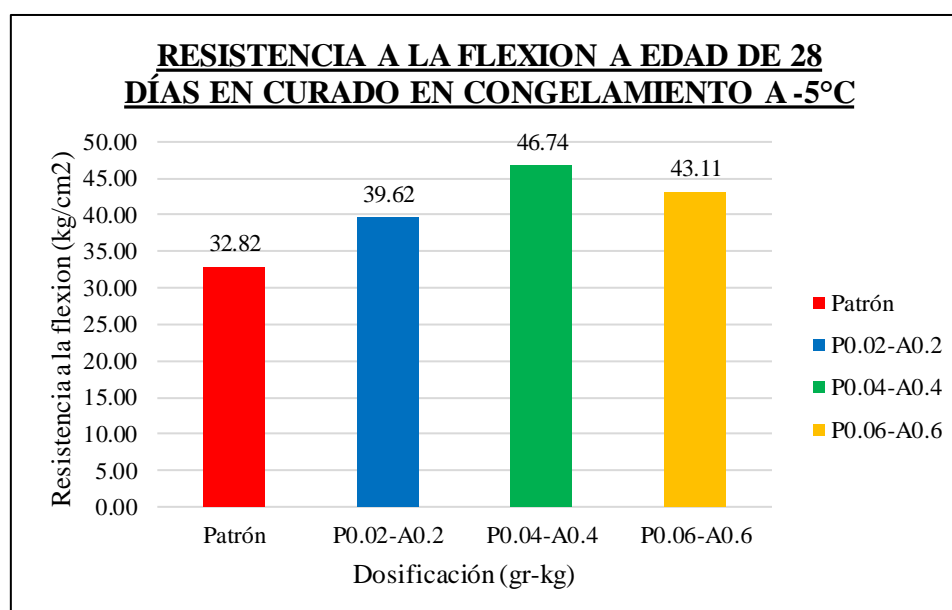
Figura 4.80. Resistencia a la flexión a edad de 28 días en curado a 15°C.

Tabla 4.45. Resistencia a la flexión a la edad de 28 días en curado en congelamiento a -5°C .

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 28 DÍAS EN CURADO CONVENCIONAL A -5°C						
Código	Altura (cm)	Base (cm)	Longitud (cm)	Carga Máxima (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
PATRON V-16	15.31	15.27	45.00	1130.44	31.19	
PATRON V-17	15.27	15.30	45.00	1261.20	34.73	32.82
PATRON V-18	15.01	15.02	45.00	1090.37	32.55	
VP0.02-0.2CC7	15.08	15.24	45.00	1290.55	36.63	
VP0.02-0.2CC8	15.26	15.09	45.00	1328.19	38.15	39.62
VP0.02-0.2CC9	15.33	14.95	45.00	1502.88	44.09	
VP0.04-0.4CC7	15.00	15.04	45.00	1650.14	49.11	
VP0.04-0.4CC8	15.24	15.18	45.00	1574.20	44.50	46.74
VP0.04-0.4CC9	15.07	15.21	45.00	1631.22	46.62	
VP0.06-0.6CC7	15.14	15.11	45.00	1431.05	41.42	
VP0.06-0.6CC8	15.12	15.02	45.00	1314.60	38.81	43.11
VP0.06-0.6CC9	15.09	15.15	45.00	1700.87	49.09	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS

TIPOS	DOSIFICACIONES (%)			
	PATRON	P0.02-0.2CC	P0.04-0.4CC	P0.06-0.6CC
Resistencia Media (kg/cm ²)	32.82	39.62	46.74	43.11
Rango Muestral (kg/cm ²)	3.54	7.46	4.61	10.27
Varianza	3.19	15.53	5.32	28.51
Desviación Estándar	1.79	3.94	2.31	5.34
Coefficiente de Variación (%)	5.44%	9.95%	4.93%	12.39%

Figura 4.81. Resistencia a la flexión a edad de 28 días en curado a -5°C .

- Comparación de resultados de los especímenes ensayados a la edad de 7, 14 y 28 días

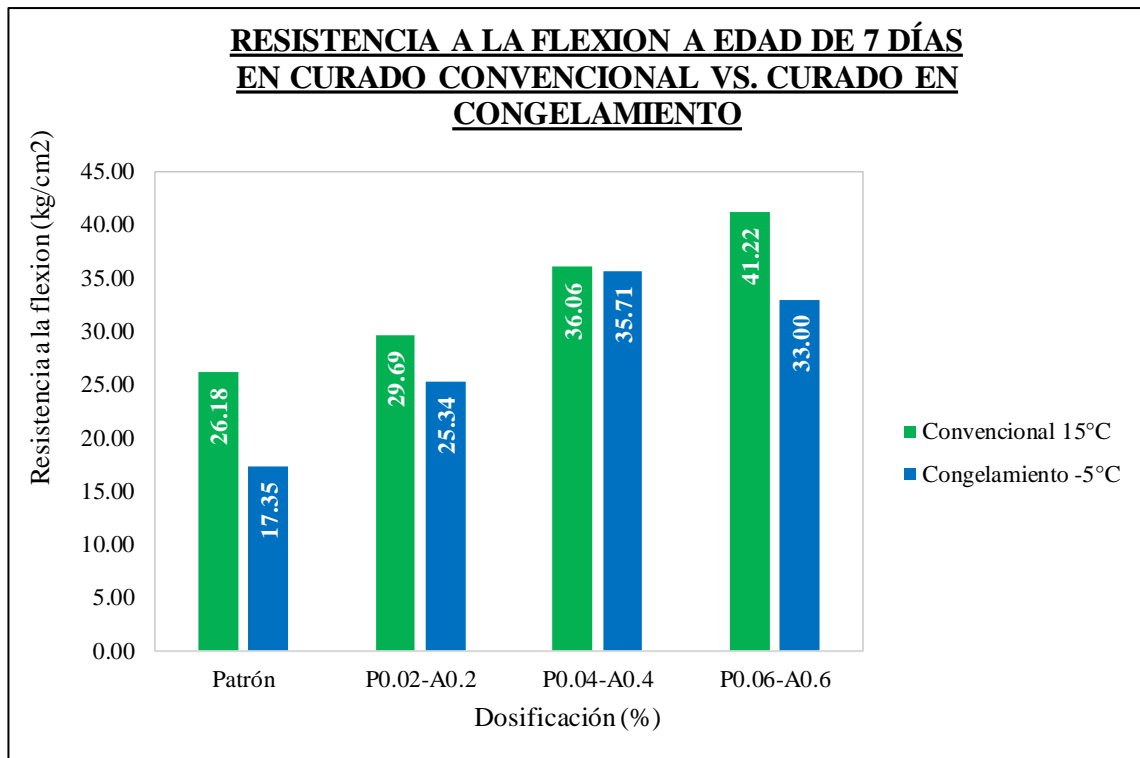


Figura 4.82. Comparación de resultados a flexión a edad de 7 días.

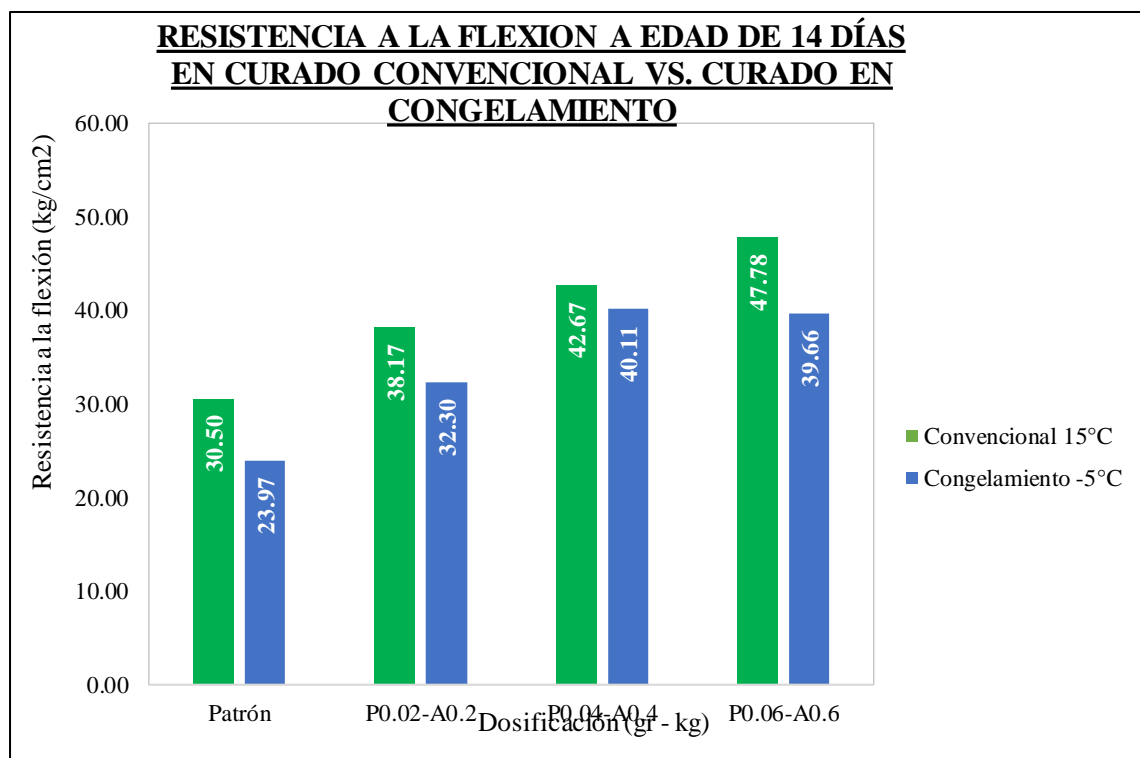


Figura 4.83. Comparación de resultados a flexión a edad de 14 días.

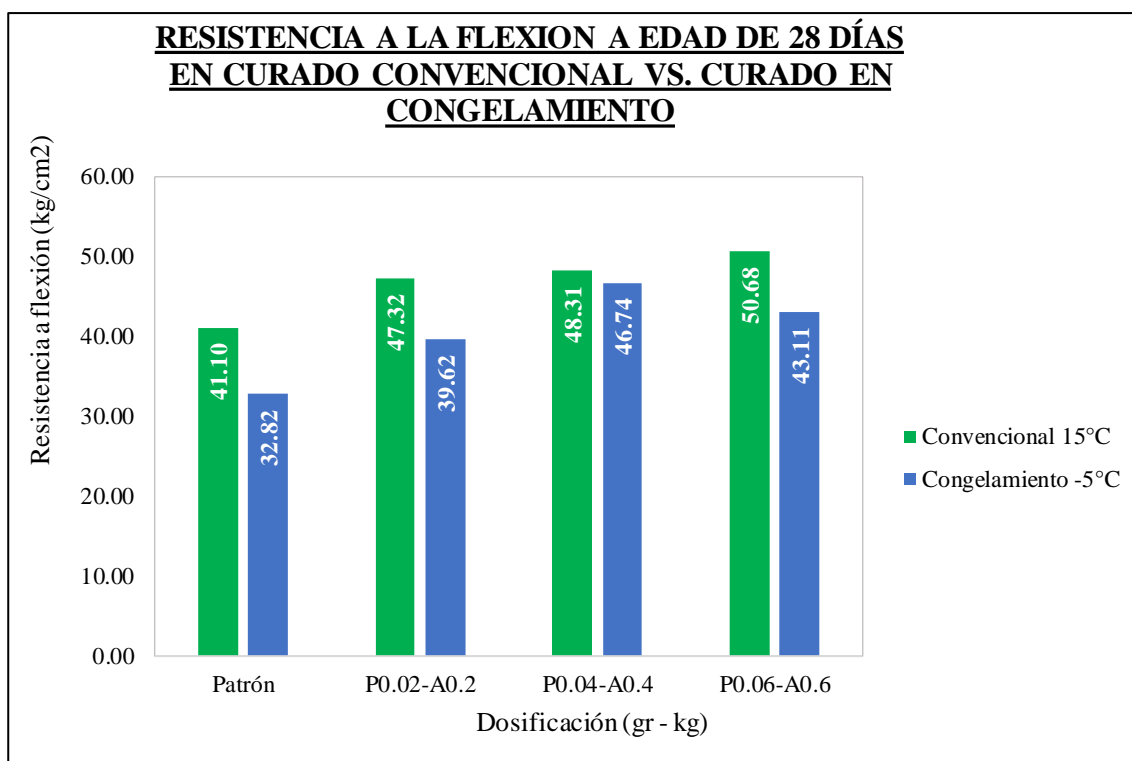


Figura 4.84. Comparación de resultados a flexión a edad de 28 días.

- De los resultados de resistencia a la flexión de las muestras prismáticas de concreto $f'_c=280$ kg/cm² mostrados en las figuras N°82, 83 y 84, el grupo de probetas en condiciones de curado convencional a los 28 días mostró incrementos del 15.13%, 17.54% y 20.3%, para los diseños con 0.02% mas 0.2%, 0.04% mas 0.4% y 0.06% mas 0.6% de las fibras de polipropileno y acero respectivamente. De la misma manera, el grupo de probetas de concreto en condiciones de curado en congelamiento a los 28 días mostraron incrementos del 20.72%, 42.41% y 31.35% para los diseños con 0.02% más 0.2%, 0.04% mas 0.4% y 0.06% mas 0.6% de las fibras de polipropileno y acero respectivamente.
- De los resultados expuestos de las muestras prismáticas de concreto patrón y adicionadas con las fibras híbridas a los 28 días en ambas condiciones de curado, se observa una tendencia de crecimiento según se incrementa la dosificación de las fibras híbridas, y lo mismo sucede con las muestras roturadas a las edades de 7 y 14 días de curado.
- La falla en todas las muestras roturadas se ubicó dentro del tercio medio, obteniéndose de esta manera valores correctos del módulo de rotura M_r .

- El grupo de probetas de concreto con la adición de 0.04% de las fibras de acero más 0.4% de las fibras de polipropileno en condiciones de curado en congelamiento y convencional a los 28 días, mostró un mejor comportamiento al obtener resultados muy cercanos con una diferencia del 1.57 kg/cm² y una mínima reducción de resistencia del 3.36%, convirtiéndose de esta manera en el grupo con la pérdida de resistencia más baja en comparación a los demás grupos de muestras.

4.5. Contrastación de la hipótesis

Para el procedimiento de la contrastación de la hipótesis estadística se realizó primeramente la prueba de normalidad y su prueba de correlación para los datos obtenidos del laboratorio. Con la prueba de normalidad determinamos si nuestros resultados poseen una distribución normal, para ello se utilizó la prueba de Shapiro - Wilk, y luego de haber obtenido la prueba de normalidad se realizó la prueba de correlación de Pearson, para determinar la correlación entre la variable dependiente e independiente.

A continuación, en la tabla N°46 se presentan los valores de “r” de Pearson, los cuales son útiles para determinar la existencia de la correlación positiva o negativa, y la no existencia de relación entre las variables para cada prueba.

Tabla 4.46. Valores de coeficientes de Pearson

Valor del Coeficiente r	Significado
1.00	Correlación positiva perfecta.
0.90	Correlación positiva muy fuerte.
0.75	Correlación positiva considerable.
0.50	Correlación positiva media.
0.25	Correlación positiva débil.
0.10	Correlación positiva muy débil.
0.00	No existe correlación entre las variables.
-0.10	Correlación negativa muy débil.
-0.25	Correlación negativa débil.
-0.50	Correlación negativa media.
-0.75	Correlación negativa considerable.
-0.90	Correlación negativa muy fuerte.
-1.00	Correlación negativa perfecta.

Nota: (Hernández & Mendoza, Metodología de la investigación, 2019, p. 346).

4.5.1. Prueba de normalidad para los datos

- **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Ha: Los datos de resistencia a la compresión, tracción y flexión poseen una distribución normal.

Ho: Los datos de resistencia a la compresión, tracción y flexión no poseen una distribución normal.

- **Nivel de significancia**

El nivel de confianza con la que trabajaremos es de 95%, por lo que nuestro valor de significancia vendría a ser 0.05.

- **Prueba de estadística a emplear**

La cantidad de nuestros datos es 4, por lo que aplicaremos la prueba de Shapiro – Wilk.

Tabla 4.47. Prueba de normalidad para los datos

Ensayo	Proporción de fibras híbridas (%)	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl.	Sig.
R.C. 28 días (-5°C)	P0.00 + A0.0	0.92	4	0.54
	P0.02 + A0.2	1.00	4	0.47
	P0.04 + A0.4	0.96	4	0.71
	P0.06 + A0.6	0.82	4	0.93
	P0.00 + A0.0	0.83	4	1.00
R.C. 28 días (15°C)	P0.02 + A0.2	0.75	4	0.62
	P0.04 + A0.4	0.98	4	0.65
	P0.06 + A0.6	1.00	4	0.88
	P0.00 + A0.0	0.78	4	1.00
R.T.D. 28 días (-5°C)	P0.02 + A0.2	0.96	4	0.77
	P0.04 + A0.4	0.94	4	0.81
	P0.06 + A0.6	0.81	4	0.55
	P0.00 + A0.0	1.00	4	0.74
R.T.D. 28 días (15°C)	P0.02 + A0.2	1.00	4	0.62
	P0.04 + A0.4	0.77	4	0.45
	P0.06 + A0.6	0.79	4	0.21
	P0.00 + A0.0	0.92	4	0.81
R.F. 28 días (-5°C)	P0.02 + A0.2	1.00	4	1.00
	P0.04 + A0.4	0.95	4	0.65
	P0.06 + A0.6	0.97	4	0.68
R.F. 28 días (15°C)	P0.00 + A0.0	0.91	4	0.57
	P0.02 + A0.2	0.88	4	0.93
	P0.04 + A0.4	0.87	4	1.00

P0.06 + A0.6 1.00 4 0.64

Nota: Datos obtenidos de la base de datos en SPSS.

- **Criterio de decisión**

- Si P-valor < 0.05: aceptamos la hipótesis alterna.
- Si P-valor > 0.05: aceptamos la hipótesis nula.

- **Decisión y conclusión**

Como P-valor para los datos de resistencia a la compresión simple, tracción diametral y flexión a la edad de 28 días son mayores al valor de significancia 0.05, aceptamos la hipótesis alternativa donde nos dice que los datos tienen una distribución normal por lo que aplicaremos la estadística paramétrica con una prueba de correlación de Pearson.

4.5.2. Contrastación de la hipótesis general

- **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Ha: La adición de las fibras híbridas al concreto de $f'c=280$ kg/cm² incide en las resistencias obtenidas de las propiedades mecánicas analizadas, mejorando los resultados cuando son sometidas a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Ho: La adición de las fibras híbridas al concreto de $f'c=280$ kg/cm² no incide en las resistencias obtenidas de las propiedades mecánicas analizadas, mejorando los resultados cuando son sometidas a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Tabla 4.48. Cálculo del valor del coeficiente de Pearson para las propiedades mecánicas del concreto a la edad de 28 días.

COEFICIENTE DE PEARSON			
Variabes de la investigación	Correlación de Pearson	N	Sig. (bilateral)
Fibras híbridas			
Propiedades mecánicas (-5°C)	0.92	4	0.021
Fibras híbridas			
Propiedades mecánicas (15°C)	0.85	4	0.046

Nota: Datos obtenidos de la base de datos en SPSS.

- **Criterio de decisión**

- Si P-valor<0.05: aceptamos la hipótesis alterna.
- Si P-valor>0.05: aceptamos la hipótesis nula.

- **Conclusión estadística**

Como los valores de correlación son iguales a 92% y 85%, los cuales indican una correlación positiva muy fuerte, se puede mencionar que estos indican una relación entre las variables de la investigación desarrollada. Además, Como P-valor = 0.021 y 0.046 son menores a 0.05, por lo tanto, existe una relación significativa entre las variables fibras híbridas y propiedades mecánicas del concreto.

- **Conclusión técnica**

La adición de las fibras híbridas incide mejorando los valores obtenidos de resistencia de las propiedades mecánicas (compresión simple, tracción y flexión) del concreto $f'c=280$ kg/cm² en escenarios de temperatura de curado a -5°C.

4.5.3. Contrastación de la hipótesis específica A

- **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Ha: La adición de las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² incrementa la resistencia a la compresión simple hasta en un 55% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Ho: La adición de las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² no incrementa la resistencia a la compresión simple hasta en un 55% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Tabla 4.49. Cálculo del valor de significancia para la resistencia a la compresión a la edad de 28 días.

COEFICIENTE DE PEARSON			
Variables	Correlación de Pearson	N	Sig. (bilateral)
Fibras híbridas			
Resistencia a compresión simple (-5°C)	0.78	4	0.048
Fibras híbridas	0.88	4	0.031

Resistencia a compresión
simple (15°C)

Nota: Datos obtenidos de la base de datos en SPSS.

- **Criterio de decisión**

- Si P-valor<0.05: aceptamos la hipótesis alterna.
- Si P-valor>0.05: aceptamos la hipótesis nula.

- **Conclusión estadística**

Como los valores de correlación son iguales a 78% y 88%, los cuales indican una correlación positiva considerable, se puede determinar que existe relación entre ambas variables de la investigación desarrollada. Además, Como P-valor = 0.048 y 0.031 son menores a 0.05, por lo tanto, existe una relación significativa entre las variables: fibras híbridas y la propiedad mecánica de resistencia a compresión simple del concreto $f^c=280$ kg/cm².

- **Conclusión técnica**

El incremento en el porcentaje de adición de las fibras híbridas producen efectos positivos en los valores obtenidos de resistencia de la propiedad mecánica de compresión simple del concreto $f^c=280$ kg/cm² para las temperaturas de curado a -5°C y 15°C.

4.5.4. Contrastación de la hipótesis específica B

- **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Ha: La adición de las fibras híbridas influye en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f^c=280$ kg/cm² incrementando su resultado hasta en un 50% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Ho: La adición de las fibras híbridas no influye en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f^c=280$ kg/cm² incrementando su resultado hasta en un 50% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Tabla 4.50. Cálculo del valor de significancia para la resistencia a la tracción diametral a la edad de 28 días

COEFICIENTE DE PEARSON			
Variables	Correlación de Pearson	N	Sig. (bilateral)
Fibras híbridas	0.91	4	0.034

Resistencia a tracción diametral (-5°C) Fibras híbridas			
Resistencia a tracción diametral (15°C)	0.96	4	0.015

Nota: Datos obtenidos de la base de datos en SPSS.

- **Criterio de decisión**

- Si P-valor < 0.05: aceptamos la hipótesis alterna.
- Si P-valor > 0.05: aceptamos la hipótesis nula.

- **Conclusión estadística**

Los valores obtenidos de correlación son iguales a 91% y 96%, para ambos tipos de curado para la propiedad mecánica de la resistencia a tracción diametral, estos indican una correlación positiva muy fuerte entre las variables de la investigación desarrollada. Además, Como P-valor = 0.034 y 0.015 son menores a 0.05, se puede indicar una relación significativa entre las variables: fibras híbridas y la propiedad mecánica de resistencia a tracción diametral del concreto $f'c=280$ kg/cm².

- **Conclusión técnica**

La adición de las fibras híbridas influyen sustancialmente mejorando el desempeño de la resistencia obtenida para la propiedad mecánica de tracción diametral del concreto $f'c=280$ kg/cm² en las temperaturas de curado a -5°C y 15°C.

4.5.5. Contrastación de la hipótesis específica C

- **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Ha: Al adicionar las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² se mejora la resistencia a la flexión hasta en un 68% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Ho: Al adicionar las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² no se mejora la resistencia a la flexión hasta en un 68% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Tabla 4.51. Cálculo del valor de significancia para la resistencia a la flexión

COEFICIENTE DE PEARSON			
Variables	Correlación de Pearson	N	Sig. (bilateral)

Fibras híbridadas			
Resistencia a la flexión (-5°C)	0.88	4	0.042
Fibras híbridadas			
Resistencia a la flexión (15°C)	0.71	4	0.001

Nota: Datos obtenidos de la base de datos en SPSS.

- **Criterio de decisión**

- Si $P\text{-valor} < 0.05$: aceptamos la hipótesis alterna.
- Si $P\text{-valor} > 0.05$: aceptamos la hipótesis nula.

- **Conclusión estadística**

Los valores obtenidos para la correlación de Pearson son iguales a 88% y 71%, para ambos tipos de curado para la propiedad mecánica de la resistencia a la flexión, estos indican una correlación positiva considerable entre las variables de la investigación desarrollada. Además, Como $P\text{-valor} = 0.042$ y 0.001 son menores a 0.05 , se acepta la hipótesis alterna por lo que se puede indicar una relación significativa entre las variables: fibras híbridadas y la propiedad mecánica de resistencia a la flexión del concreto $f'c=280$ kg/cm².

- **Conclusión técnica**

La adición de las fibras híbridadas generan consecuencias ventajosas para los valores obtenidos para la propiedad mecánica a la flexión del concreto $f'c=280$ kg/cm² en las temperaturas de curado a -5°C y 15°C .

CAPÍTULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

H.E. 1 La adición de las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² incrementa la resistencia a la compresión simple hasta en un 55% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

De los resultados obtenidos de los ensayos ejecutados de resistencia a la compresión axial del concreto a las edades de 7, 14 y 28 días en curado a las temperaturas de -5°C y 15°C, se observa que el grupo de especímenes reforzados con la combinación de las fibras de acero y polipropileno en dosis de 0.4% y 0.04% respectivamente, presentan un incremento respecto a las muestras de concreto patrón sometidas a los mismos estímulos, siendo el mayor incremento del 5.99% para los especímenes en curado convencional a 15°C y 21.6% para los especímenes en curado en congelamiento como muestra el gráfico N°63. De esto se puede mencionar que dicha dosificación de fibras híbridas mejora el comportamiento del concreto en compresión simple. Por la cercanía de los porcentajes de ambos casos de curado se puede indicar que las muestras sometidas a curado en congelamiento no se ven notoriamente afectadas en el comportamiento analizado. Esto se debe a que la combinación de ambas fibras cumple su función principal dentro de la matriz de concreto aportando cada una de ellas sus mejores ventajas y haciendo que el concreto tenga un comportamiento más efectivo respecto de las otras muestras de concreto con la adición de las fibras híbridas.

Chavez e Inquilla (2022), en su trabajo de investigación evaluaron la resistencia a compresión simple del concreto de $f'c=280$ kg/cm² en curado en inmersión en agua en temperaturas de -5°C, 0°C, 5°C, 10°C, 15°C y 20°C y a edades 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos indican que la resistencia a la compresión tiene relación directa con la temperatura del agua de curado, ya que según aumentaba la temperatura también

aumentaba la resistencia a la compresión. Siendo a 20°C de curado donde se obtuvo el mayor resultado, el cual fue el 112.91% de la resistencia de diseño y por el lado contrario cuando las temperaturas de curado fueron -5°C y 0°C se alcanzaron resistencias en porcentajes de 61.95% y 63.51% respectivamente, no logrando alcanzar la resistencia a la que fueron diseñadas.

Ramos (2019), en su tesis de investigación partió de un diseño convencional con una resistencia de 250 kg/cm² para ensayar el concreto a edades de 7, 14, y 28 días con diferentes adiciones de fibras de acero, polipropileno y la combinación de ambas en relación de 1:2. De los resultados obtenidos de dicho ensayo, el grupo de muestras con la combinación de las fibras en dosificación de 15 kg/m³ de fibra de acero más 400 gr/m³ de fibra de polipropileno logran un incremento importante del 9.64% respecto de las muestras de concreto patrón después de los 28 días de curado.

Reynvart (2021), en su trabajo de investigación analizó el comportamiento a compresión axial del concreto reforzado con la adición de las fibras de polipropileno y acero sometido a temperaturas de congelamiento de -10 y -30°C. Después de los 28 días de curado ensayaron los especímenes a ambas temperaturas de congelamiento y a diferentes dosificaciones de fibra. En la cual determinó que cuanto más baja es la temperatura de ensayo, mayor es el valor que se puede obtener en el resultado, siendo el 55% y el 95% para las muestras reforzadas con las fibras de acero y polipropileno respectivamente y respecto de las muestras de concreto patrón en curado convencional. De los antecedentes expuestos por los investigadores se puede inferir que cuando el concreto se encuentra expuesto a temperaturas de congelamiento a edades tempranas se hace notoria la pérdida de la resistencia a la compresión, la cual se encuentra en el orden del 10% al 40%. Ello depende principalmente de la cantidad de horas a las que se encuentra en congelamiento y qué tan baja es la temperatura a la cual se encuentra expuesto el concreto. De esto se partió para adicionar la combinación de las fibras de acero y polipropileno para buscar reducir ese porcentaje de pérdida de resistencia y a la vez lograr que el concreto tenga más vida útil cuando se encuentre en esas condiciones.

H.E. 2 La adición de las fibras híbridas influye en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f'_c=280$ kg/cm² incrementando su resultado hasta en un 50% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Para las muestras de concreto analizadas en la propiedad de tracción indirecta por compresión diametral, independientemente de las dosis de fibras que se les fueron agregadas, los resultados de resistencia mostraron una relación directamente proporcional

con el aumento de la temperatura de curado. De todas las dosificaciones analizadas, suele ser con la adición de la combinación de las fibras de acero y polipropileno en dosis de 0.4% y 0.04% respectivamente que se presentan resultados más satisfactorios. En las figuras N°73, N°74 y N°75 se observa que en las muestras con la adición de las diferentes dosificaciones de las fibras híbridas utilizadas para la investigación se observa un incremento en la resistencia a la tracción diametral cuando las muestras son sometidas al curado en congelamiento de clima frío a -5°C . Los porcentajes de ganancia de resistencia a la tracción se encuentran del 30% al 50% respecto de las muestras de concreto patrón, obteniéndose el mayor incremento del porcentaje de resistencia a la tracción en el grupo de muestras con la mayor dosificación de fibras a la edad de 28 días de curado.

Ramos (2019), en su investigación tomó como base los resultados de las muestras de concreto patrón para así analizar la variación en la resistencia a la tracción diametral al añadir diferentes dosificaciones de fibras, en la cual se pudo observar que el grupo de especímenes reforzados con la combinación de las fibras en proporciones de 400gr con 15kg, 600gr con 30kg y 800gr con 45kg de las fibras de polipropileno y acero respectivamente tuvieron incrementos de 5.74%, 14.39% y 16.38% en cada una.

De lo expuesto en la investigación por Ramos se puede indicar que para la resistencia a la tracción cuanto más elevada es la dosificación de fibras en el concreto esta propiedad se ve beneficiada ganando ligeros aumentos en los porcentajes de sus resultados. Esto se debe principalmente a la ductilidad que ofrecen las fibras de acero y a la flexibilidad que ofrecen las fibras de polipropileno.

Chavez e Inquilla (2022), al realizar su investigación determinaron que las temperaturas de curado tienen una relación directa con los resultados de la resistencia a la tracción en las edades 7, 14 y 28 días, es decir que mientras la temperatura de curado aumenta, la resistencia a la tracción también aumenta.

De lo expuesto por los autores, se coincide en que cuanto mayor es el contenido de las fibras en el concreto, mayor es el valor del resultado que se puede obtener en la propiedad analizada e independientemente de la temperatura de curado a la que fueron sometidas. Es necesario precisar que los incrementos en los resultados obtenidos no suelen ser tan significativos ya que sus valores se encuentran muy cercanos entre cada una de las dosificaciones analizadas.

H.E. 3 Al adicionar las fibras híbridas al concreto $f'c=280$ kg/cm² se mejora la resistencia a la flexión hasta en un 68% cuando es sometida a curado en temperatura del clima frío de la provincia de Junín.

Los resultados de la resistencia a la flexión en vigas tienen un comportamiento muy similar a los resultados de resistencia a la tracción, la única diferencia es que los valores de los resultados se encuentran muy cerca conforme se incrementa la dosificación de las fibras en la masa de concreto.

Vásquez y Huamán (2022), al ensayar las vigas de concreto de $f'_c=210$ kg/cm² y 280 kg/cm² de resistencia con la adición de las fibras de acero y polipropileno, obtuvieron los mejores resultados con la combinación de 45 kg/m³ y 900 gr/m³ de ambas fibras respectivamente, siendo el 13.39% y el 20.27% los porcentajes más elevados para ambos diseños de concreto.

De todas las propiedades analizadas se determina que las temperaturas de curado tienen correlación con las propiedades físicas del concreto, es decir que el porcentaje de aumento de resistencia está relacionado con el aumento de la temperatura del agua de curado.

CONCLUSIONES

- A.** De lo estudiado se determinó que la adición de la fibra híbrida de acero y polipropileno al concreto de $f'c=280$ kg/cm² en dosificación de 0.4% y 0.04% respectivamente en relación al volumen total de la mezcla, incide significativamente ocasionando en las propiedades mecánicas incrementos del 20.26% a compresión simple, 57.56% a tracción diametral y 42.41% a flexión, cuando son comparadas con las muestras de concreto patrón en curado en clima frío de la provincia de Junín a una temperatura de -5°C.
- B.** A consecuencia de lo investigado se definió que, según se fue incrementando la adición de la fibra híbrida en el concreto a partir de la dosificación de 0.2% mas 0.02% hasta la dosificación de 0.4% mas 0.04% de las fibras de acero y polipropileno respectivamente, los valores obtenidos de la resistencia a la compresión simple de las muestras de concreto sometidas a curado en temperatura de congelamiento a -5°C también se acrecentaban en relación al incremento de las fibras. Pero fue en el último grupo de la dosificación del 0.6% con el 0.06% de las fibras de acero y polipropileno respectivamente, en donde se notó una disminución en la propiedad analizada. Esta pérdida repentina de resistencia fue producida inicialmente por la reducción de la consistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto por la aglomeración de las fibras, escenario que a la vez conlleva a la formación de intersticios en la matriz de concreto, espacios que serían aprovechados por los efectos del congelamiento del agua de curado para provocar dicha disminución de resistencia.
- C.** Tras el análisis de los resultados de la resistencia a la tracción por compresión diametral de los especímenes de concreto con la adición de la fibra híbrida sometida a curado en temperatura de congelamiento de -5°C, se estableció que los valores obtenidos de resistencia aumentaron de manera directamente proporcional al incremento de la dosificación de la fibra híbrida en la matriz de concreto. Los incrementos fueron del 32.18%, 57.56% y 49.88% respecto de las muestras de concreto patrón sujetas a las mismas condiciones de curado. Los resultados porcentuales de las dos primeras dosificaciones muestran una respuesta eficiente de las fibras híbridas, pero es en el grupo de la dosificación de 0.6% con 0.06% de las fibras de acero y polipropileno respectivamente que se observa una ligera pérdida de resistencia. Este comportamiento es influenciado por la pérdida de trabajabilidad de la

mezcla, lo que dificulta la correcta unión y disposición entre las fibras híbridas y los demás componentes del concreto. Esto generó una rápida fisuración durante el ensayo.

D. Del análisis de resultados expuestos para el ensayo de resistencia a la flexión de las muestras de concreto con la adición de la fibra híbrida después de los 28 días curado en temperatura de congelamiento a -5°C , se identificó una tendencia de incremento de resistencia en los tres grupos de muestras fibroreforzados, los cuales fueron del 32.18%, 49.29% y 49.88% respecto de las muestras de concreto patrón. Este progresivo incremento en los resultados de resistencia se debe a la correcta distribución de las fibras, las cuales crearon un tejido tridimensional entre ellas, que fue difícil de separar incluso después de ocurrida la falla. De todo ello se puede precisar que no necesariamente agregando mayores porcentajes de fibras al concreto obtendremos resultados significativos, sino que se debe buscar el porcentaje óptimo que pueda garantizar óptimos resultados para las condiciones a las que estará expuesta y otras sollicitaciones o requerimientos.

RECOMENDACIONES

- A.** Para el caso de la provincia de Junín, se pudo verificar que existen distritos donde las condiciones de temperatura pueden llegar a descender a valores como de los evaluados en esta investigación, por ello se recomienda optar por la utilización de las fibras híbridas en dosificación de 0.4% de la fibra de acero + 0.04% de la fibra de polipropileno, como una alternativa para evitar los efectos que puede originar el clima frío en las propiedades mecánicas del concreto.
- B.** Debido a los efectos relevantes que genera la adición de las fibras híbridas con la dosificación de 0.4% de la fibra de acero + 0.04% de la fibra de polipropileno respecto del volumen de la mezcla, se propone su aplicación en estudios que ayuden a obtener concretos con mejores comportamientos a compresión simple y en condiciones de curado como los analizados en esta investigación.
- C.** Emplear las fibras híbridas en el concreto de $f'c=280$ kg/cm² en dosificaciones no mayores de 0.4% de la fibra de acero + 0.04% de la fibra de polipropileno ya que como se vio en los resultados de la resistencia a la tracción diametral, la influencia que se genera al aumentar dicha dosificación en el concreto es insignificante si lo que se quiere es obtener un concreto que tenga buen comportamiento a tracción en zonas con climas fríos.
- D.** Dado que para el comportamiento a flexión del concreto $f'c= 280$ kg/cm² la aplicación de la fibra híbrida en dosificación de 0.4% de la fibra de acero y 0.04% de la fibra de polipropileno, genera consecuencias satisfactorias en dicha resistencia luego del curado en clima frío a una temperatura de -5°C , se sugiere la aplicación de dicha proporción fibra como adición en el concreto a fin de mejorar el comportamiento a flexión de concreto, para de esta manera lograr reducir la pérdida de resistencia por la exposición a climas de congelamiento de la provincia de Junín.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 306 R-10. State-of-the- Guide to Cold Weather Concreting. ACI Manual of Concrete Practice, Part 5, American Concrete Institute, Detroit, MI, 2016. 14 pp.
- Arcondo, P, & Mercado, E. Evaluación comparativa de la resistencia a la tracción y revenimiento de un concreto $f'c=280$ kg/cm² adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma de púas vs. rectilíneas con ganchos, en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. 2017.
- BBC NEWS MUNDO. Ola de frio ártico [en línea]. 29 de enero de 2019 [consultado el 25 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47047965>
- Bezerra, A. Avaliação de Tubos de Concretos Reforçados com Fibras de Aço Segundo a NBR 8890 (Tese de doutorado). Universidade Estadual Paulista, Sao Paulo, Brasil. 2012.
- Campoy-Bencomo, N.A., Chavez-Alegria, O., Rojas-González, E., Gaxiola-Camacho, J.R., Millán-Almaraz, J.R., de la Rosa-Hernández, D. 2021. Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros [en línea]. Ingeniería Investigación y Tecnología, 22 (01), 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2021.22.1.007>
- Cancio, J, & Soto, C. Análisis de la resistencia a la tracción del concreto de $f'c = 280$ kg/cm² reforzado con fibras de acero (tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú. 2018.
- CENEPRED. Escenario de riesgo por bajas temperaturas según el pronóstico para julio – setiembre 2023 [en línea]. Junio de 2023 [consultado el 25 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/16386>
- CENEPRED. Escenario de riesgo por bajas temperaturas del departamento de Junín [en línea]. Agosto de 2022 [consultado el 3 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/14582>
- Figueiredo, A. Concreto com fibras de aco. São Paulo. 2000.
- Goncalves, B., Lima, G., y Rodrigues, G. Comportamento do Concreto Reforçado com Fibras de Aço Carbono: Resistência à Compressão e Tração por Compressão Diametral. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 6(4), Brasil. 83-131. 2019.
- Khaleel Ibrahim, S.; Abbas Hadi, N.; Movahedi Rad, M. Análisis Experimental y Numérico de Vigas Altas de Hormigón Reforzado con Fibras Híbridas de Acero-Polipropileno. Polímeros 2023 [en línea]. Polímeros, 15, 2340. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym15102340>
- Laos P. Flexural toughness of steel fiber reinforced concrete. ACI materials journal, 89(6), 541-546. 2007.
- Maccaferri. Manual técnico de fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón. Lima, Perú. 2015.

- Maidl, J. Properties of fiber reinforced Concrete, 10(2), 55-70. 1995.
- Medina, L, & Quispe, N. Protección optima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. 2017.
- Natarajan, E. Ductility Response of Hybrid Fibre Reinforced Concrete Beams. Journal of Urban and Environmental Engineering, 11(2), 174-179. 2017.
- Qian, C.; Stroeven, P. Propiedades de fractura del hormigón armado con fibras híbridas de acero y polipropileno. 2000. [en línea]. Compuestos de Cemento y Hormigón. 2000, 22, 343–351. ISSN 0958-9465. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/229227247_Fracture_properties_of_concrete_reinforced_with_steel-polypropylene_hybrid_fibres
- Reynvart, I. Caracterización mecánica de hormigones reforzados con fibras sometidos a temperaturas de congelación. [en línea]. Trabajo Final de Grado, UPC, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, 2021. [Consulta: 25 Octubre 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/359000>.
- Silva, D., y Geyer, A. Influência da Forma do Agregado Graúdo nas Propriedades Mecânicas do Concreto. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 5(12), 67-82. 2018

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

INCIDENCIA DE LAS FIBRAS HIBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN

PROBLEMAS PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE VARIABLE INDEPENDIENTE:	DIMENSIONES	METODOLOGIA
¿Cuál es la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en clima frío de la provincia de Junín?	Determinar la incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en el clima frío de la provincia de Junín.	La adición de las fibras híbridas al concreto de $f_c=280$ kg/cm ² incide en las resistencias obtenidas de las propiedades mecánicas analizadas, mejorando los resultados cuando son sometidas a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.	Fibras híbridas	Dosificación Fibra de acero – Fibra de Polipropileno	METODO DE LA INVESTIGACIÓN: * GENERAL: Científico. TIPO DE INVESTIGACIÓN: * Aplicada. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: * Explicativo. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: * Cuasi-experimental.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE VARIABLE DEPENDIENTE:		POBLACIÓN Y MUESTRA: * POBLACIÓN 4 dosificaciones de concreto con y sin la adición de las fibras híbridas. * MUESTRA NO PROBABILISTICA La muestra es dirigida o intencional, el número total de ensayos, es el mismo número de la población (censal). Se tienen 216 unidades de muestra.
P.E.1. ¿Qué efectos producen las fibras híbridas como adición en la resistencia a la compresión simple del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en clima frío de la provincia de Junín?	O.E.1. Definir los efectos que producen las fibras híbridas como adición en la resistencia a la compresión simple del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en el clima frío de la provincia de Junín.	H.E.1. La adición de las fibras híbridas al concreto $f_c=280$ kg/cm ² incrementa la resistencia a la compresión simple hasta en un 55% cuando es sometida a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.			
P.E.2. ¿Cómo influye la adición de las fibras híbridas en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en clima frío de la provincia de Junín?	O.E.2. Establecer la influencia que genera la adición de fibras híbridas en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en el clima frío de la provincia de Junín.	H.E.2. La adición de las fibras híbridas influye en la resistencia a la tracción diametral del concreto $f_c=280$ kg/cm ² incrementando su resultado hasta en un 50% cuando es sometida a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.	Propiedades mecánicas del concreto	Propiedades de resistencia en estado endurecido (resistencia a compresión simple, resistencia a la tracción diametral y resistencia a la flexión)	TECNICA DE INVESTIGACIÓN: * Observación directa * Revisión bibliográfica * Muestreo
P.E.3. ¿Qué consecuencias genera la adición de fibras híbridas en la resistencia a la flexión del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en clima frío de la provincia de Junín?	O.E.3. Identificar las consecuencias que genera la adición de fibras híbridas en la resistencia a la flexión del concreto $f_c=280$ kg/cm ² en el clima frío de la provincia de Junín.	H.E.3. Al adicionar las fibras híbridas al concreto $f_c=280$ kg/cm ² se mejora la resistencia a la flexión hasta en un 68% cuando es sometida a temperatura del clima frío de la provincia de Junín.			INSTRUMENTOS: * Formatos de ensayos estandarizados de laboratorio.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND	ESCALA DE MEDICIÓN
FIBRAS HÍBRIDAS	Natarajan (2017) indica que: "Las fibras híbridas son la combinación de diferentes tipos de fibras, las cuales intercambian sus propiedades más potenciales para así mejorar las características de los materiales"	Se adicionaron fibras híbridas conformadas por fibras de acero más fibras de polipropileno en diferentes proporciones respecto al peso del concreto a fin de ser comparado con la muestra patrón sin ninguna adición.	Dosificación Fibra de acero + Fibra de Polipropileno	Fibra de acero (0.00%)	%	Razón
				Fibra de polipropileno (0.00%)		
				Fibra de acero (0.20%)	%	Razón
				Fibra de polipropileno (0.02%)		
				Fibra de acero (0.40%)	%	Razón
Fibra de polipropileno (0.04%)						
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO	Alión (2020) señala: "Cuando finaliza el proceso de fraguado, el concreto se torna rígido y comienza su proceso de endurecimiento y de ganancia de resistencia en el tiempo. Dentro de las propiedades del concreto en estado endurecido se encuentran varias propiedades, como la resistencia y la durabilidad".	Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión simple, flexión y tracción diametral en el concreto $f_c=280$ kg/cm ² con y sin la adición de fibras híbridas para edades de 7, 14 y 28 días y curado a temperatura del medio ambiente (15°C) y temperatura de congelamiento (-5°C)	Propiedades de resistencia en estado endurecido	Fibra de acero (0.60%)	%	Razón
				Fibra de polipropileno (0.06%)		
				Resistencia a compresión simple	kg/cm ²	Razón
				Resistencia a la tracción diametral	kg/cm ²	Razón
				Resistencia a la flexión	kg/cm ²	Razón



Ensayos de laboratorio

Iconeog
Ingeniería y Construcción



Caracterización de agregados

iconesq
ingeniería y construcción

CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

NTP 400.012

Versión: 01

Código: LAB-LEMA-002

Fecha: 29/12/2021

Página: 1 de 1

PROYECTO : INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA

CANTERA : PROVINCIA DE JUNÍN

UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L.

REGISTRO N° : LAB22-002-001

DISTRITO : EL TAMBO

Fecha de recepción : Abril 2022

PROVINCIA : HUANCAYO

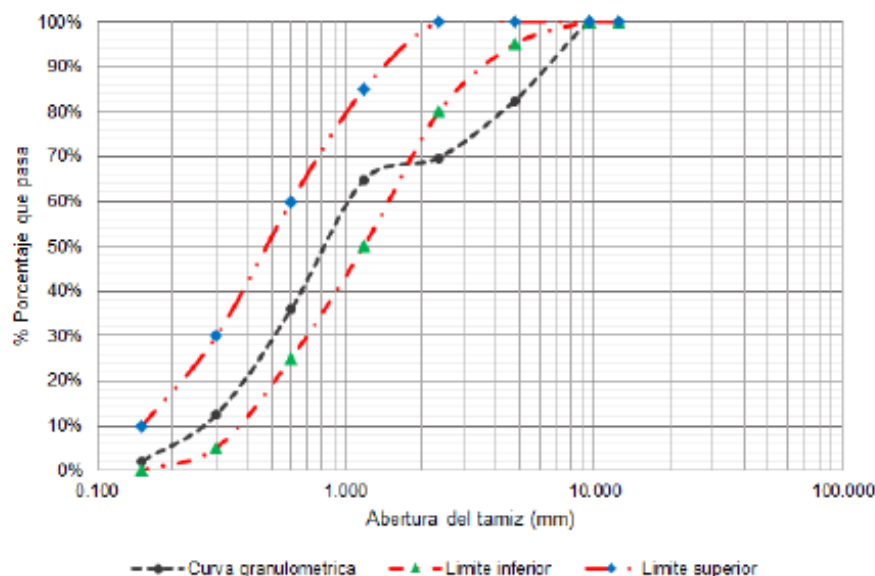
DEPARTAMENTO : JUNÍN

Fecha de ensayo : Abril 2022

Fecha de emisión : Abril 2022

TAMICES		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
pulg.	mm						
1/2"	12.70				100.0	Muestra Total	1346.3 g
3/8"	9.53	19.0	1.4	1.4	98.6	Tamaño Máximo	1/2"
N° 4	4.75	169.8	12.6	14.0	86.0	% Gravas	14.0
N° 8	2.36	152.70	11.3	25.4	74.6	% Arenas	85.3
N° 10	2.00	39.80	3.0	28.3	71.7	M.F.	3.30
N° 16	1.18	110.30	8.2	36.5	63.5		
N° 20	0.85	106.50	7.9	44.4	55.6	Pasa N° 200 (MTC E 137)	0.7%
N° 30	0.60	282.00	20.9	65.4	34.6		
N° 40	0.42	212.40	15.8	81.1	18.9	% Humedad (MTC E 108)	7.8 %
N° 50	0.30	105.00	7.8	88.9	11.1		
N° 60	0.25	74.30	5.5	94.5	5.5		
N° 80	0.18	36.60	2.7	97.2	2.8		
N° 100	0.15	11.10	0.8	98.0	2.0		
N° 140	0.10	12.40	0.9	98.9	1.1		
N° 200	0.074	5.20	0.4	99.3	0.7		
Fondo		9.20	0.7	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO



Referencias Normativas:

- ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.
- ASTM D2487-17e1 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D3282-15 Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- NTP 339.128:1999 (revisada el 2019): SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición.

ELABORADO POR:


Erick Córdova
ERICK CORDOVA CORDOVA
Ingeniero Mecánico

REVISADO POR:

Eric Gary Flores
ERIC GARY FLORES
Ingeniero Civil

APROBADO POR:

Eric Gary Flores
ERIC GARY FLORES
Ingeniero Civil

	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	Versión: 01
	NTP 339.185	Código: LAB-LEMA-004
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 1

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"
CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA **CANTERA** : PROVINCIA DE JUNÍN
UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. **REGISTRO N°** : LAB22-002-001
DISTRITO : EL TAMBO **Fecha de recepción** : Abril 2022
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNÍN **Fecha de ensayo** : Abril 2022
Fecha de emisión : Abril 2022

Recipiente	V - 29
Peso del recipiente (g)	125.7
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	1863.1
Peso de suelo seco + recipiente (g)	1737.4
Peso del agua (g)	125.7
Peso del suelo seco (g)	1610.7
Humedad (w%)	7.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.8 %

Referencias Normativas:

- ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.
- NTP 339.127:1998 (revisada el 2019): SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición

ELABORADO POR:  ERICK CORDOVA GARCIA Técnico Asesorado	REVISADO POR:  ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil	APROBADO POR:  ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

NTP 400.012

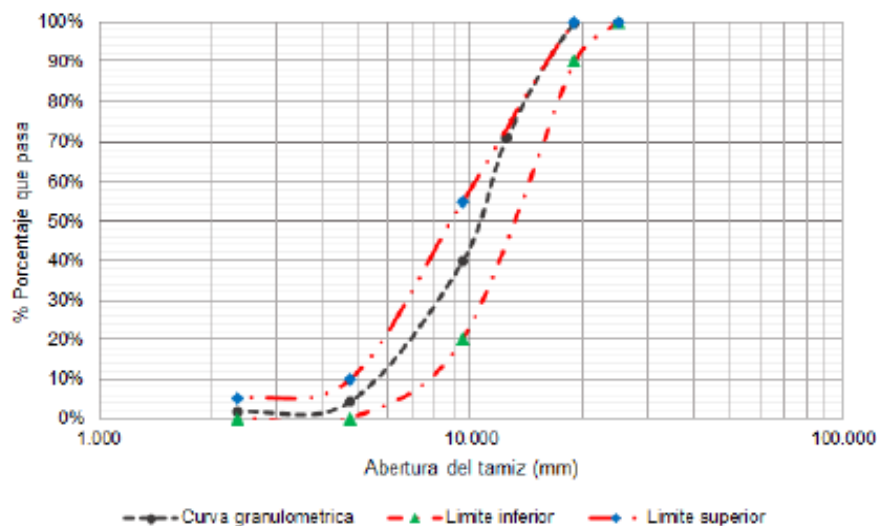
Versión: 01
Código: LAB-LEMA-002
Fecha: 29/12/2021
Página: 1 de 1

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"
CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA
UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L.
DISTRITO : EL TAMBO
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CANTERA : PROVINCIA DE JUNIN
REGISTRO N° : LAB22-002-001
Fecha de recepción : Abril 2022
Fecha de ensayo : Abril 2022
Fecha de emisión : Abril 2022

TAMICES		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
pulg.	mm						
1"	25.40				100.0	Muestra Total	5048.2 g
3/4"	19.05	25.0	53.5	53.5	46.5	Tamaño Máximo	1"
1/2"	12.70	1425.7	45.9	99.4	0.6	% Gravas	100.0
3/8"	9.53	1560.4	0.4	99.8	0.2	% Arenas	0.0
N° 4	4.75	1770.8	0.2	100.0	0.0	M.F.	2.53
N° 8	2.36	130.0					
N° 10	2.00					Pasa N° 200 (MTC E 137)	0.0%
N° 16	1.18						
N° 20	0.85					% Humedad (MTC E 108)	1.1 %
N° 30	0.60						
N° 40	0.42						
N° 50	0.30						
N° 60	0.25						
N° 80	0.18						
N° 100	0.15						
	0.10						
N° 200	0.074				0.0		
Fondo		90.00	0.0	0.0			

CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO



Referencias Normativas:

- ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.
- ASTM D2487-17e1 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D3282-15 Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- NTP 339.128:1999 (revisada el 2019): SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición.

ELABORADO POR:

 ERICK CORDOVA GARCIA
 Técnico Laboratorial

REVISADO POR:

 ERIC GARY FLORES
 INGENIERO

APROBADO POR:

 ERIC GARY FLORES
 INGENIERO



CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

NTP 339.185

Versión: 01

Código: LAB-LEMA-004

Fecha: 29/12/2021

Página: 1 de 1

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA

UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L.

DISTRITO : EL TAMBO

PROVINCIA : HUANCAYO

CANTERA : PROVINCIA DE JUNÍN

REGISTRO N° : LAB22-002-001

Fecha de recepción : Abril 2022

Fecha de ensayo : Abril 2022

Fecha de emisión : Abril 2022

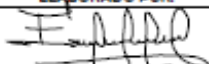
DEPARTAMENTO : JUNÍN

Recipiente	V - 8
Peso del recipiente (g)	243.1
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	5246.2
Peso de suelo seco + recipiente (g)	5191.2
Peso del agua (g)	55.0
Peso del suelo seco (g)	4948.1
Humedad (w%)	1.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.1 %

Referencias Normativas:

- ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.
- NTP 339.127:1998 (revisada el 2019): SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición

ELABORADO POR:



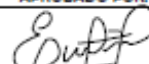
ERIC CORDOVA
Técnicos laboratorista

REVISADO POR:




ERIC GARAY FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 138876

APROBADO POR:



ERIC GARAY FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 138876

	PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS NTP 400.022 / NTP 400.021	Versión: 01
		Código: LAB-LEMA-014
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 1

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HIBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNIN"
CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA
UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
DISTRITO : EL TAMBO
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CANTERA : PROVINCIA DE JUNIN
REGISTRO Nº : LAB22-002-001
Fecha de recepción : Abril 2022
Fecha de ensayo : Abril 2022
Fecha de emisión : Abril 2022

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
ASTM C128 / NTP 400.022

DESCRIPCIÓN		RESULTADOS
Peso de material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	500.00
Peso de fola + H2O	(g)	710.50
Peso de fola + H2O + material	(g)	1210.50
Peso de fola + H2O + material saturado y superficie seca	(g)	1020.20
Volumen de sólidos + volumen de vacíos	(cm3)	190.30
Peso de material seco a 105 °C	(g)	492.27
Volumen de sólidos	(cm3)	182.57
Peso bulk base seca	(g/cm3)	2.587
Peso bulk base saturada	(g/cm3)	2.627
Peso aparente base seca	(g/cm3)	2.696
Absorción	(%)	1.570

Observaciones:

- Material en estado natural.

Referencias Normativas:

- NTP 400.022: Peso Especifico y absorción del agregado Fino.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C127 / NTP 400.021

DESCRIPCIÓN		RESULTADOS
Peso de material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	5285.00
Peso de material saturado y superficie seca (en agua)	(g)	3310.00
Volumen de sólidos + volumen de vacíos	(cm3)	1975.00
Peso de material seco a 105 °C	(g)	5245.00
Volumen de sólidos	(cm3)	1936.00
Peso bulk base seca	(g/cm3)	2.656
Peso bulk base saturada	(g/cm3)	2.676
Peso aparente base seca	(g/cm3)	2.710
Absorción	(%)	0.74

Observaciones:

- Material en estado natural.

Referencias Normativas:

- NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

ELABORADO POR:  ERICK CÓRDOVA CAPORA Técnico Instrumentista	REVISADO POR:  ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil	APROBADO POR:  ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS

NTP 400.017

Versión: 01
Código: LAB-LEMA-015
Fecha: 29/12/2021
Página: 1 de 1

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"
CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA **CANTERA** : PROVINCIA DE JUNÍN
UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L. **REGISTRO N°** : LAB22-002-001
DISTRITO : EL TAMBO **Fecha de recepción** : Abril 2022
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNÍN **Fecha de ensayo** : Abril 2022
Fecha de emisión : Abril 2022

A) AGREGADO FINO

	SUELTO			VARILLADO		
	1	2	3	4	5	6
Peso el molde más agregado seco (g)	6292	6343	6281.3	6653	6697	6630
Peso del molde (g)	1660			1660		
Peso del agregado seco (g)	4632	4683	4621.3	4993	5037	4970
Volumen del molde (cc)	2832			2832		
Peso específico bulk del agregado (g/cc)	2587			2587		
Absorción del agregado (%)	1.57			1.57		
Peso unitario en condición SSS (Kg/m ³)	1662	1680	1658	1791	1807	1783
Vacíos en el agregado (%)	35.6%	34.9%	35.8%	30.6%	30.0%	30.9%
Peso Unitario en condición seca (Kg/m ³)	1636	1654	1632	1763	1779	1755
Peso Unitario seco promedio (Kg/m ³)	1641			1766		

Observaciones:

- Arena en estado natural.

B) AGREGADO GRUESO

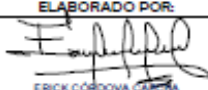
	SUELTO			VARILLADO		
	1	2	3	4	5	6
Peso el molde más agregado seco (g)	30729	30817	30691	32870	32800	32911
Peso del molde (g)	9328			9328		
Peso del agregado seco (g)	21401	21489	21363	23542	23472	23583
Volumen del molde (cc)	14158			14158		
Peso específico bulk del agregado (g/cc)	2656			2656		
Absorción del agregado (%)	0.74			0.74		
Peso unitario en condición SSS (Kg/m ³)	1523	1529	1520	1675	1670	1678
Vacíos en el agregado (%)	42.5%	42.3%	42.7%	36.8%	37.0%	36.7%
Peso Unitario en condición seca (Kg/m ³)	1512	1518	1509	1663	1658	1666
Peso Unitario seco promedio (Kg/m ³)	1513			1662		

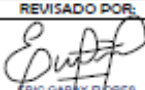
Observaciones:

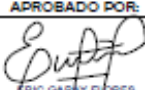
- Grava en estado natural.

Referencias Normativas:

- NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.

ELABORADO POR:

 ERICK CORDOVA
 Técnico Laboratorista

REVISADO POR:

 ERIC GASKY FLORES
 Ingeniero Civil
 CIP N° 126976

APROBADO POR:

 ERIC GASKY FLORES
 Ingeniero Civil
 CIP N° 126976



Diseño de mezclas

ICONO 9
Ingeniería y construcción

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRON

	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO	Versión: 01
	MÉTODO ACI 211	Código: LAB-LEMA-026
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 2

PROYECTO

CLIENTE : Wilmer

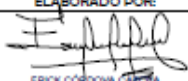
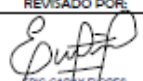
REGISTRO N° : LAB22-001-001

FECHA : Mayo 2022

CONDICIONES Y ESPECIFICACIONES

1.- Tipo de estructura:	Pavimentos	
2.- Exposición de estructura:	Exposición severa a congelamiento-deshielo	
3.- Se requiere aditivo:	Incorporador de aire	
4.- Tipo de cemento:	Cemento Portland Tipo I, Marca Andino	
5.- Adición de fibra de acero:	(%)	0.00
6.- Adición de fibra de polipropileno:	(%)	0.00
7.- Resistencia a la compresión del concreto	(kg/cm ²)	280.00
8.- Asentamiento de la mezcla de concreto	(pulg)	3" a 4"
9.- Peso específico de la fibra de acero	(g/cm ³)	7.85
10.- Peso específico de la fibra de polipropileno	(g/cm ³)	0.90
11.- Peso específico del cemento	(g/cm ³)	3.15

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	ARENA GRUESA		PIEDRA CHANCADA	
	(PULG)	(mm)	(PULG)	(mm)
1.- Tamaño Máximo nominal	3/8	0.95	3/4	19.05
2.- Peso unitario suelto seco (Kg/m ³)	1641		1513	
3.- Peso unitario compactado seco (Kg/m ³)	1766		1662	
4.- Peso Específico (Saturado superficialmente seco)	2.696		2.710	
5.- Humedad Natural (%)	7.80		1.10	
6.- Absorción (%)	1.57		0.74	
7.- Módulo de fineza	3.30			

<p>ELABORADO POR:</p>  <p>ERICK CÓRDOBA CASPEÑA Técnico laboratorista</p>	<p>REVISADO POR:</p>  <p>ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil CIP N° 20629</p>	<p>APROBADO POR:</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO	Versión: 01
	MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Código: LAB-LEMA-026
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 2

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA CANTERA : PROVINCIA DE JUNÍN
 UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. REGISTRO N° : LAB22-002-001
 DISTRITO : EL TAMBO Fecha de recepción : Abril 2022
 PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNIN Fecha de ensayo : Abril 2022
 Fecha de emisión : Abril 2022

PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO PATRON

1.- Agua de Mezclado	(L)	184.00	
2.- Contenido Aproximado de aire incorporado	(%)	6.00	
3.- Relación Agua / Cemento		0.468	
4.- Factor de cemento	(Kg)	393.16	
5.- Contenido de la piedra chancada	(Kg/m ³)	947.3	
6.- Cálculo de volúmenes absolutos	(m ³)	0.723	
6A.- Volumen absoluto del cemento		0.125	
6B.- Volumen absoluto del agua		0.184	
6C.- Volumen absoluto del aire		0.065	
6D.- Volumen absoluto de la piedra chancada		0.350	
6E.- Volumen absoluto de la fibra de acero		0.000	
6F.- Volumen absoluto de la fibra depolipropileno		0.000	
7.- Volumen de la arena gruesa	(m ³)	0.277	
8.- Contenido de la arena gruesa	(Kg/m ³)	745.8	
9.- Valores de diseño	Cemento	(Kg/m ³)	393.2
	Aditivo incorporador de aire (0.4mL por kilo de cemento)	(mL/m ³)	157.3
	Agua de diseño	(L/m ³)	183.8
	Arena gruesa	(Kg/m ³)	745.8
	Piedra chancada	(Kg/m ³)	947.3
	Fibra de acero	(Kg/m ³)	0.0
10.- Corrección por humedad de la arena gruesa	Fibra de polipropileno	(Kg/m ³)	0.0
	Cemento	(Kg/m ³)	393.2
	Aditivo incorporador de aire	(mL/m ³)	157.3
	Agua efectiva	(L/m ³)	134.0
	Arena gruesa húmeda	(Kg/m ³)	804.0
	Piedra chancada	(Kg/m ³)	958.0
Fibra de acero	(Kg/m ³)	0.0	
Fibra de polipropileno	(Kg/m ³)	0.0	

RESULTADO - PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO

COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO	1.00	1.00	1.00	1.00
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (En mililitros/bol.)	17.00	17.00	17.00	17.00
ARENA GRUESA	1.90	2.04	1.72	1.72
PIEDRA CHANCADA	2.41	2.44	2.37	2.37
FIBRA DE ACERO	0.00	0.00	0.00	0.00
FIBRA DE ACERO	0.00	0.00	0.00	0.00
AGUA (En litros/bol.)	19.87	14.48	19.87	14.48

N° Bolsas / m³ **9.25**

ELABORADO POR

 ERICK GÁLVEZ CÁDIZ
 INGENIERO CIVIL

REVISADO POR

 ERICK GÁLVEZ CÁDIZ
 INGENIERO CIVIL

APROBADO POR

 ERICK GÁLVEZ CÁDIZ
 INGENIERO CIVIL

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO – 0.2%FA + 0.02%FP

	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO	Versión: 01
	MÉTODO ACI 211	Código: LAB-LEMA-026
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 2

PROYECTO

CLIENTE : Wilmer

REGISTRO N° : LAB22-001-001

FECHA : Mayo 2022

CONDICIONES Y ESPECIFICACIONES

1.- Tipo de estructura:	Pavimentos	
2.- Exposición de estructura:	Exposición severa a congelamiento-deshielo	
3.- Se requiere aditivo:	Incorporador de aire	
4.- Tipo de cemento:	Cemento Portland Tipo I, Marca Andino	
5.- Adición de fibra de acero:	(%)	0.20
6.- Adición de fibra de polipropileno:	(%)	0.02
7.- Resistencia a la compresión del concreto	(kg/cm ²)	280.00
8.- Asentamiento de la mezcla de concreto	(pulg)	3" a 4"
9.- Peso específico de la fibra de acero	(g/cm ³)	7.85
10.- Peso específico de la fibra de polipropileno	(g/cm ³)	0.90
11.- Peso específico del cemento	(g/cm ³)	3.15


CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	ARENA GRUESA		PIEDRA CHANCADA	
	(PULG)	(mm)	(PULG)	(mm)
1.- Tamaño Máximo nominal	3/8	0.95	3/4	19.05
2.- Peso unitario suelto seco (Kg/m ³)	1641		1513	
3.- Peso unitario compactado seco (Kg/m ³)	1766		1662	
4.- Peso Específico (Saturado superficialmente seco)	2.696		2.710	
5.- Humedad Natural (%)	7.80		1.10	
6.- Absorción (%)	1.57		0.74	
7.- Módulo de fineza	3.30			

<p style="font-size: x-small;">ELABORADO POR</p>  <p style="font-size: x-small;">ERICK CORDOBA GARCIA Ingeniero Civil</p>	<p style="font-size: x-small;">REVISADO POR</p>  <p style="font-size: x-small;">ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil RUC-17-128028</p>	<p style="font-size: x-small;">APROBADO POR</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Jr. Pedro Gálvez #1974, El Tambo - Huanuco

Tel: 064 - 251481

www.iconeg.ei.com

	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO	Versión: 01
	MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Código: LAB-LEMA-026
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 2

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA **CANTERA** : PROVINCIA DE JUNÍN
UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. **REGISTRO N°** : LAB22-002-001
DISTRITO : EL TAMBO **Fecha de recepción** : Abril 2022
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNÍN **Fecha de ensayo** : Abril 2022
Fecha de emisión : Abril 2022

PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO 0.2% + 0.02%

1.- Agua de Mezclado	(L)	184.00
2.- Contenido Aproximado de aire incorporado	(%)	6.50
3.- Relación Agua / Cemento		0.468
4.- Factor de cemento	(Kg)	393.16
5.- Contenido de la piedra chancada	(Kg/m3)	947.3
6.- Cálculo de volúmenes absolutos	(m3)	0.723
6A.- Volumen absoluto del cemento		0.125
6B.- Volumen absoluto del agua		0.184
6C.- Volumen absoluto del aire		0.065
6D.- Volumen absoluto de la piedra chancada		0.350
6E.- Volumen absoluto de la fibra de acero		0.002
6F.- Volumen absoluto de la fibra depolipropileno		0.000
7.- Volumen de la arena gruesa	(m3)	0.277
8.- Contenido de la arena gruesa	(Kg/m3)	745.8
9.- Valores de diseño	Cemento	(Kg/m3) 393.2
	Aditivo incorporador de aire (0.4mL por kilo de cemento)	(mL/m3) 157.3
	Agua de diseño	(L/m3) 183.8
	Arena gruesa	(Kg/m3) 743.1
	Piedra chancada	(Kg/m3) 944.0
	Fibra de acero	(Kg/m3) 15.7
10.- Corrección por humedad de la arena gruesa	Fibra de polipropileno	(Kg/m3) 0.2
	Cemento	(Kg/m3) 393.2
	Aditivo incorporador de aire	(mL/m3) 157.3
	Agua efectiva	(L/m3) 134.0
	Arena gruesa húmeda	(Kg/m3) 801.0
	Piedra chancada	(Kg/m3) 954.0
Fibra de acero	(Kg/m3) 15.7	
Fibra de polipropileno	(Kg/m3) 0.2	

RESULTADO - PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO

COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO	1.00	1.00	1.00	1.00
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (En mililitros/bol.)	17.00	17.00	17.00	17.00
ARENA GRUESA	1.89	2.04	1.71	1.72
PIEDRA CHANCADA	2.40	2.43	2.36	2.36
FIBRA DE ACERO	0.040	0.040	0.008	0.008
FIBRA DE POLIPROPILENO	0.0005	0.0005	0.0008	0.0008
AGUA (En litros/bol.)	19.87	14.48	19.87	14.48

N° Bolsas / m³ 9.25

ELABORADO POR:

 ERIC CORDOBA CAPERA
 T.º Técnico Laboratorista


REVISADO POR:

 ERIC GARAY FLORES
 Ingeniero Civil
 CIP N° 126929

APROBADO POR:

 ERIC GARAY FLORES
 Ingeniero Civil

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO – 0.4%FA + 0.04%FP

	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO	Versión: 01
	MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Código: LAB-LEMA-026
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 2

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA **CANTERA** : PROVINCIA DE JUNÍN

UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. **REGISTRO N°** : LAB22-002-001

DISTRITO : EL TAMBO **Fecha de recepción** : Abril 2022

PROVINCIA : HUANCAYO **Fecha de ensayo** : Abril 2022

DEPARTAMENTO : JUNÍN **Fecha de emisión** : Abril 2022

CONDICIONES Y ESPECIFICACIONES

1.- Tipo de estructura:	Pavimentos
2.- Exposición de estructura:	Exposición severa a congelamiento-deshielo
3.- Se requiere aditivo:	Incorporador de aire
4.- Tipo de cemento:	Cemento Portland Tipo I, Marca Antino
5.- Adición de fibra de acero:	(%) 0.40
6.- Adición de fibra de polipropileno:	(%) 0.04
7.- Resistencia a la compresión del concreto	(kg/cm ²) 280.00
8.- Asentamiento de la mezcla de concreto	(pulg) 3" a 4"
9.- Peso específico de la fibra de acero	(g/cm ³) 7.85
10.- Peso específico de la fibra de polipropileno	(g/cm ³) 0.90
11.- Peso específico del cemento	(g/cm ³) 3.15

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	ARENA GRUESA		PIEDRA CHANCADA	
	(PULG)	(mm)	(PULG)	(mm)
1.- Tamaño Máximo nominal	3/8	9.5	3/4	19.05
2.- Peso unitario suelto seco (Kg/m ³)	1641		1513	
3.- Peso unitario compactado seco (Kg/m ³)	1766		1662	
4.- Peso Especifico (Saturado superficialmente seco)	2.696		2.710	
5.- Humedad Natural (%)	7.80		1.10	
6.- Absorción (%)	1.57		0.74	
7.- Módulo de fineza	3.30			

ELABORADO POR

 ERICK CORDOVA GONZALEZ
 INGENIERO INGENIERIA

Jr. Pedro Galvez #1974, El Tambo - Huancayo

REVISADO POR

 ERICK GALVEZ
 INGENIERO INGENIERIA

Tel.: 064 - 251481

APROBADO POR

www.iconegsl.com



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO

MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Versión: 01
 Código: LAB-LEMA-026
 Fecha: 29/12/2021
 Página: 1 de 2

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HIBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA **CANTERA** : PROVINCIA DE JUNÍN

UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. **REGISTRO N°** : LAB22-002-001

DISTRITO : EL TAMBO **Fecha de recepción** : Abril 2022

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNÍN **Fecha de ensayo** : Abril 2022

Fecha de emisión : Abril 2022

PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO 0.4% + 0.04%

1.- Agua de Mezclado	(L)	184.00
2.- Contenido Aproximado de aire incorporado	(%)	6.50
3.- Relación Agua / Cemento		0.468
4.- Factor de cemento	(Kg)	393.16
5.- Contenido de la piedra chancada	(Kg/m3)	947.3
6.- Cálculo de volúmenes absolutos	(m3)	0.723
6A.- Volumen absoluto del cemento		0.125
6B.- Volumen absoluto del agua		0.184
6C.- Volumen absoluto del aire		0.065
6D.- Volumen absoluto de la piedra chancada		0.350
6E.- Volumen absoluto de la fibra de acero		0.004
6F.- Volumen absoluto de la fibra depolipropileno		0.000
7.- Volumen de la arena gruesa	(m3)	0.277
8.- Contenido de la arena gruesa	(Kg/m3)	745.8
9.- Valores de diseño	Cemento	(Kg/m3) 393.2
	Aditivo incorporador de aire (0.4mL por kilo de cemento)	(mL/m3) 157.3
	Agua de diseño	(L/m3) 183.8
	Arena gruesa	(Kg/m3) 740.5
	Piedra chancada	(Kg/m3) 940.7
	Fibra de acero	(Kg/m3) 31.4
10.- Corrección por humedad de la arena gruesa	Fibra de polipropileno	(Kg/m3) 0.4
	Cemento	(Kg/m3) 393.2
	Aditivo incorporador de aire	(mL/m3) 157.3
	Agua efectiva	(L/m3) 134.0
	Arena gruesa húmeda	(Kg/m3) 798.0
	Piedra chancada	(Kg/m3) 951.0
Fibra de acero	(Kg/m3) 31.4	
Fibra de polipropileno	(Kg/m3) 0.4	

RESULTADO - PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO

COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO	1.00	1.00	1.00	1.00
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (En mililitros/bol.)	17.00	17.00	17.00	17.00
ARENA GRUESA	1.88	2.03	1.70	1.71
PIEDRA CHANCADA	2.39	2.42	2.35	2.35
FIBRA DE ACERO	0.080	0.080	0.015	0.015
FIBRA DE POLIPROPILENO	0.0009	0.0009	0.0015	0.0015
AGUA (En litros/bol.)	19.87	14.48	19.87	14.48

N° Bolsas / m³ **9.25**

ELABORADO POR:

ERICK CÓRDOVA CÁCERES
Técnico laboratorista

REVISADO POR:

ERIC GARCÍA FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 14808

APROBADO POR:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO – 0.6%FA + 0.06%FP

	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO	Versión: 01
	MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Código: LAB-LEMA-026
		Fecha: 29/12/2021
		Página: 1 de 2

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA

CANTERA : PROVINCIA DE JUNÍN

UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L.

REGISTRO N° : LAB22-002-001

DISTRITO : EL TAMBO

Fecha de recepción : Abril 2022

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNÍN

Fecha de ensayo : Abril 2022

Fecha de emisión : Abril 2022

CONDICIONES Y ESPECIFICACIONES

1.- Tipo de estructura:	Pavimentos
2.- Exposición de estructura:	Exposición severa a congelamiento-deshielo
3.- Se requiere aditivo:	Incorporador de aire
4.- Tipo de cemento:	Cemento Portland Tipo I, Marca Andino
5.- Adición de fibra de acero:	(%) 0.60
6.- Adición de fibra de polipropileno:	(%) 0.06
7.- Resistencia a la compresión del concreto	(kg/cm ²) 280.00
8.- Asentamiento de la mezcla de concreto	(pulg) 3" a 4"
9.- Peso específico de la fibra de acero	(g/cm ³) 7.85
10.- Peso específico de la fibra de polipropileno	(g/cm ³) 0.90
11.- Peso específico del cemento	(g/cm ³) 3.15

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	ARENA GRUESA		PIEDRA CHANCADA	
	(PULG)	(mm)	(PULG)	(mm)
1.- Tamaño Máximo nominal	3/8	0.95	3/4	19.05
2.- Peso unitario suelto seco (Kg/m ³)	1641		1513	
3.- Peso unitario compactado seco (Kg/m ³)	1766		1662	
4.- Peso Específico (Saturado superficialmente seco)	2.696		2.710	
5.- Humedad Natural (%)	7.80		1.10	
6.- Absorción (%)	1.57		0.74	
7.- Módulo de fineza	3.30			

<p style="font-size: small;">ELABORADO POR</p>  <p style="font-size: x-small;">ING. ELVIRA CORDOVA Ingeniera Civil C.O.P. 10802</p>	<p style="font-size: small;">REVISADO POR</p>  <p style="font-size: x-small;">ING. PEDRO GALVEZ Ingeniero Civil C.O.P. 10802</p>	<p style="font-size: small;">APROBADO POR</p>  <p style="font-size: x-small;">ING. PEDRO GALVEZ Ingeniero Civil C.O.P. 10802</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Jr. Pedro Gálvez #1974, El Tambo - Huancayo

Tel.: 064 - 251481

www.iconegief.com



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO

Versión: 01

Código: LAB-LEMA-026

Fecha: 29/12/2021

Página: 1 de 2

MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

PROYECTO : "INCIDENCIA DE LA FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO DE LA PROVINCIA DE JUNÍN"

CLIENTE : BACH. ING. WILMER ANIBAL NINAHUANCA ESPINOZA **CANTERA** : PROVINCIA DE JUNÍN

UBICACIÓN : LABORATORIO ICONEG INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. **REGISTRO N°** : LAB22-002-001

DISTRITO : EL TAMBO **Fecha de recepción** : Abril 2022

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNÍN **Fecha de ensayo** : Abril 2022

Fecha de emisión : Abril 2022

PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO 0.6% + 0.06%

1.- Agua de Mezclado	(L)	184.00
2.- Contenido Aproximado de aire incorporado	(%)	6.50
3.- Relación Agua / Cemento		0.468
4.- Factor de cemento	(Kg)	393.16
5.- Contenido de la piedra chancada	(Kg/m ³)	947.3
6.- Cálculo de volúmenes absolutos	(m ³)	0.723
6A.- Volumen absoluto del cemento		0.125
6B.- Volumen absoluto del agua		0.184
6C.- Volumen absoluto del aire		0.065
6D.- Volumen absoluto de la piedra chancada		0.350
6E.- Volumen absoluto de la fibra de acero		0.006
6F.- Volumen absoluto de la fibra depoliipropileno		0.001
7.- Volumen de la arena gruesa	(m ³)	0.277
8.- Contenido de la arena gruesa	(Kg/m ³)	745.8
9.- Valores de diseño	Cemento	(Kg/m ³) 393.2
	Aditivo incorporador de aire (0.4mL por kilo de cemento)	(mL/m ³) 157.3
	Agua de diseño	(L/m ³) 183.8
	Arena gruesa	(Kg/m ³) 737.9
	Piedra chancada	(Kg/m ³) 937.4
	Fibra de acero	(Kg/m ³) 47.1
10.- Corrección por humedad de la arena gruesa	Fibra de polipropileno	(Kg/m ³) 0.5
	Cemento	(Kg/m ³) 393.2
	Aditivo incorporador de aire	(mL/m ³) 157.3
	Agua efectiva	(L/m ³) 134.0
	Arena gruesa húmeda	(Kg/m ³) 795.0
	Piedra chancada	(Kg/m ³) 948.0
Fibra de acero	(Kg/m ³) 47.1	
Fibra de polipropileno	(Kg/m ³) 0.5	

RESULTADO - PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO

COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO	1.00	1.00	1.00	1.00
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (En mililitros/bol.)	17.00	17.00	17.00	17.00
ARENA GRUESA	1.88	2.02	1.70	1.70
PIEDRA CHANCADA	2.38	2.41	2.34	2.34
FIBRA DE ACERO	0.120	0.120	0.023	0.023
FIBRA DE POLIPROPILENO	0.0014	0.0014	0.0023	0.0023
AGUA (En litros/bol.)	19.87	14.49	19.87	14.49
N° Bolsas / m³			9.25	

ELABORADO POR:

ERICK CORDOBA CORDERA
Técnico laboratorista

REVISADO POR:

ERIC GASKAY FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 12502

APROBADO POR:

ERIC GASKAY FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 12502



Resistencia a la compresión simple

Ingeniería y construcción

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA EDAD DE 7 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

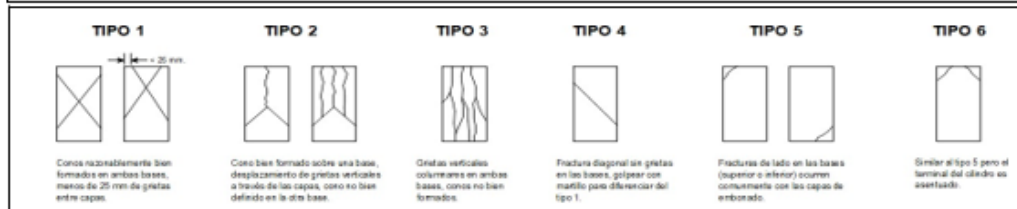
CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ta Edición
NTP 339.034:2021

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-101
Fecha : 29/12/2021
Página : 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-010	Muestreado por : Jos. Víctor Rojas S.
Testis : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por : Jos. Víctor Rojas S.
Solicitante : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Recepción : Junio 2022
Cliente : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Emisión : Junio 2022
Ubicación : PCC San Fernando 489 San Carlos, Huancayo	

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño kg/cm ²	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad		Long.	Area	Carga	Resistencia obtenida kg/cm ²	Tipo de falla
					Días	cm					
P - 01	Patrón 1	280	28-05-22	04-06-22	7	10.01	20.34	78.70	19133.10	243.12	Tipo 5
P - 02	Patrón 2	280	28-05-22	04-06-22	7	9.98	20.29	78.23	18521.12	236.76	Tipo 5
P - 03	Patrón 3	280	28-05-22	04-06-22	7	10.2	20.23	81.71	18851.51	230.70	Tipo 6
P - 04	P0.02-0.2SC01	280	28-05-22	04-06-22	7	9.88	20.16	76.67	19885.45	259.38	Tipo 5
P - 05	P0.02-0.2SC02	280	28-05-22	04-06-22	7	9.92	20.00	77.29	19466.45	251.87	Tipo 5
P - 06	P0.02-0.2SC03	280	28-05-22	04-06-22	7	10.05	20.08	79.33	20031.29	252.51	Tipo 5
P - 07	P0.04-0.4SC10	280	28-05-22	04-06-22	7	10.11	20.31	80.28	21075.35	262.53	Tipo 5
P - 08	P0.04-0.4SC11	280	28-05-22	04-06-22	7	9.98	20.18	78.23	21925.55	280.28	Tipo 6
P - 09	P0.04-0.4SC12	280	28-05-22	04-06-22	7	10.15	20.06	80.91	21103.10	260.81	Tipo 5
P - 10	P0.06-0.6SC19	280	28-05-22	04-06-22	7	10.42	20.15	85.28	20715.31	242.92	Tipo 5
P - 11	P0.06-0.6SC20	280	28-05-22	04-06-22	7	10.42	20.30	85.28	20482.83	240.20	Tipo 6
P - 12	P0.06-0.6SC21	280	28-05-22	04-06-22	7	10.42	20.11	85.28	20320.11	238.29	Tipo 5

Esquema de los patrones de tipos de fracturas



Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el Laboratorio ICONEQ.
- El curado se realizó en laboratorio.
- El curado se realizó a **15°C** ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PG4001.3, número de serie 0121009, capacidad 122 T, indicador digital carga High **Wagner** Calibrado el 25-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración **W10121025**.

Referencias Normativas:

- NTP 339.034:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5a Edición
- NTP 339.052:2011. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 39M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete

ELABORADO POR:

ERICK CORDOVA CUZCO
Técnico Mecatrónica

REVISADO POR:

ERIC GARAY FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 126071

APROBADO POR:

(+51) 064-251481
 (+51) 991002412

egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA EDAD DE 7 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



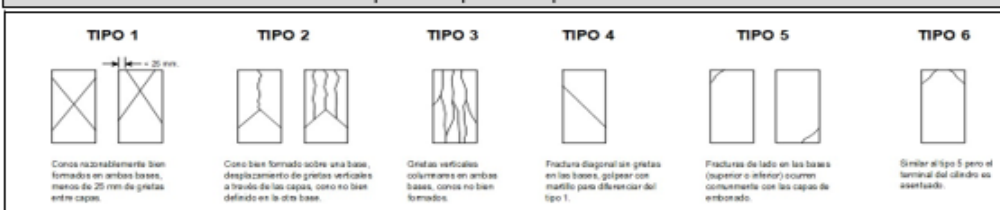
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ta Edición	Versión : 01
NTP 339.034:2021	Código : LAB-LEMA-101
	Fecha : 29/12/2021
	Página : 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-010	Muestreado por : Jos. Ujeda Rojas S.
Texto : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por : Jos. Ujeda Rojas S.
Solicitante : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Recepción : Junio 2022
Cliente : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Emisión : Junio 2022
Ubicación : Ciudad. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo	

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño kg/cm ²	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Area	Carga	Resistencia obtenida kg/cm ²	Tipo de falla
					Días						
P - 01	Patrón 10	280	28-05-22	04-06-22	7	10.15	20.18	80.91	18191.26	224.82	Tipo 5
P - 02	Patrón 11	280	28-05-22	04-06-22	7	10.22	20.20	82.03	17820.45	217.23	Tipo 5
P - 03	Patrón 12	280	28-05-22	04-06-22	7	10.31	19.98	83.48	17022.96	203.91	Tipo 6
P - 04	P0.02-0.2SC27	280	28-05-22	04-06-22	7	9.91	19.96	77.13	18995.25	246.27	Tipo 5
P - 05	P0.02-0.2SC28	280	28-05-22	04-06-22	7	10.19	20.12	81.55	18682.31	229.06	Tipo 5
P - 06	P0.02-0.2SC29	280	28-05-22	04-06-22	7	10.08	20.20	79.80	18984.02	237.89	Tipo 5
P - 07	P0.04-0.4CC37	280	28-05-22	04-06-22	7	10.30	20.25	83.32	21723.53	260.72	Tipo 5
P - 08	P0.04-0.4CC38	280	28-05-22	04-06-22	7	10.15	20.32	80.91	20951.21	258.93	Tipo 6
P - 09	P0.04-0.4CC39	280	28-05-22	04-06-22	7	10.24	20.02	82.35	21094.15	256.14	Tipo 5
P - 10	P0.06-0.6CC46	280	28-05-22	04-06-22	7	9.98	20.11	78.23	19152.30	244.83	Tipo 5
P - 11	P0.06-0.6CC47	280	28-05-22	04-06-22	7	10.11	20.24	80.28	18221.30	226.96	Tipo 6
P - 12	P0.06-0.6CC48	280	28-05-22	04-06-22	7	10.22	19.96	82.03	19047.15	232.19	Tipo 5

Esquema de los patrones de tipos de fracturas



Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el Laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- El curado se realizó a **-5°C** en ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.3, número de serie 0121005, capacidad 122 kN, indicador digital merge High **Ujeda** Calibrado el 28-11-2021 por la empresa JHR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración **Ujeda** 0121026.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021: CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica. 5a Edición
- NTP 339.032:2017: CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 39M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T.22. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete

ELABORADO POR: ERICK CORDOVA CASPITA Técnico laboratorial	REVISADO POR: ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil CIP No. 14020	APROBADO POR:
----------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA EDAD DE 14 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ta Edición

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-101
Fecha : 29/12/2021
Página : 1 de 1

NTP 339.034:2021

Registro N° : LAB22-002-022	Muestreado por : Tec. Mayell Rojas S.
Tema : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por : Tec. Mayell Rojas S.
Solicitante : Bch. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Recepción : Junio 2022
Cliente : Bch. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Emisión : Junio 2022
Ubicación : Procl. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo	

N.º Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño kg/cm ²	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Área	Carga	Resistencia obtenida	Tipo de falla
					Días	cm	cm	cm ²	kg	kg/cm ²	
P - 01	PATRON - 4	280	28-05-22	13-06-22	14	10.00	20.05	79.17	23529.68	297.21	Tipo 5
P - 02	PATRON - 5	280	28-05-22	13-06-22	14	10.30	20.15	81.71	24043.28	294.24	Tipo 4
P - 03	PATRON - 6	280	28-05-22	13-06-22	14	10.00	20.37	83.00	23905.37	288.02	Tipo 5
P - 04	PO.02-0.2SC04	280	28-05-22	13-06-22	14	10.04	20.15	78.70	26029.76	330.76	Tipo 5
P - 05	PO.02-0.2SC05	280	28-05-22	13-06-22	14	10.20	20.21	80.44	25643.01	318.80	Tipo 4
P - 06	PO.02-0.2SC06	280	28-05-22	13-06-22	14	10.28	20.35	81.23	25985.66	319.89	Tipo 5
P - 07	PO.04-0.4SC13	280	28-05-22	13-06-22	14	10.01	20.01	80.60	27015.22	335.20	Tipo 5
P - 08	PO.04-0.4SC14	280	28-05-22	13-06-22	14	10.12	20.12	79.17	27033.45	341.46	Tipo 6
P - 09	PO.04-0.4SC15	280	28-05-22	13-06-22	14	10.17	20.26	82.03	26966.11	328.72	Tipo 5
P - 10	PO.06-0.6SC22	280	28-05-22	13-06-22	14	10.13	20.14	84.30	23397.02	277.56	Tipo 5
P - 11	PO.06-0.6SC23	280	28-05-22	13-06-22	14	10.04	20.21	80.78	23951.83	296.60	Tipo 6
P - 12	PO.06-0.6SC24	280	28-05-22	13-06-22	14	10.22	19.97	83.16	23718.79	285.21	Tipo 5

Esquema de los patrones de tipos de fracturas



Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el Laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- El curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.2, número de serie 0121008, capacidad 123 Tm, indicador digital carga High Value. Calibrado el 28-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121028.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica. 5a Edición
- NTP 339.032:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 29M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

ELABORADO POR: ERICK CORNEJO CASTRO Técnico Laboratorio	REVISADO POR: ERIC GÁLVEZ Ingeniero Civil I.P.N. 24203	APROBADO POR:
--------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA EDAD DE 14 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ta Edición

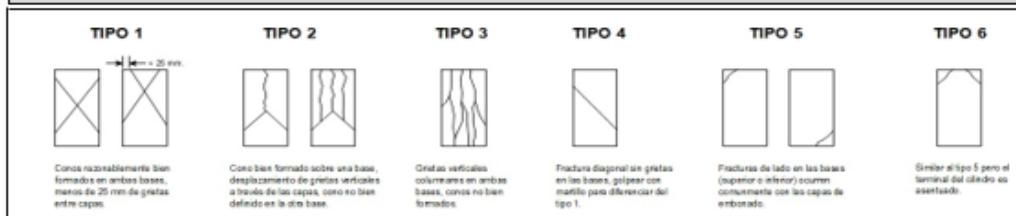
NTP 339.034:2021

Versión	: 01
Código	: LAB-LEMA-101
Fecha	: 29/12/2021
Página	: 1 de 1

Registro N°	: LAB22-002-022	Muestreado por	: Tec. Mayeli Rojas S.
Tesis	: Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por	: Tec. Mayeli Rojas S.
Solicitante	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Recepción	: Junio 2022
Cóite	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Emisión	: Junio 2022
Ubicación	: Prol. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo		

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Área	Carga	Resistencia obtenida	Tipo de falla
		kg/cm ²			Días	cm	cm	cm ²	kg	kg/cm ²	
P - 01	PATRON - 13	280	28-05-22	13-06-22	14	9.80	20.38	75.43	17035.15	225.84	Tipo 6
P - 02	PATRON - 14	280	28-05-22	13-06-22	14	9.96	19.83	77.91	17313.10	222.21	Tipo 3
P - 03	PATRON - 15	280	28-05-22	13-06-22	14	10.12	20.55	80.44	17044.97	211.91	Tipo 5
P - 04	P0.02-0.2CC31	280	28-05-22	13-06-22	14	10.14	19.98	80.75	18910.22	234.17	Tipo 5
P - 05	P0.02-0.2CC32	280	28-05-22	13-06-22	14	10.07	20.33	79.64	19551.11	245.48	Tipo 5
P - 06	P0.02-0.2CC33	280	28-05-22	13-06-22	14	10.11	20.07	80.28	19551.11	243.55	Tipo 5
P - 07	P0.04-0.4CC40	280	28-05-22	13-06-22	14	10.16	20.07	81.07	22367.63	275.89	Tipo 5
P - 08	P0.04-0.4CC41	280	28-05-22	13-06-22	14	10.23	20.14	82.19	21985.01	267.48	Tipo 6
P - 09	P0.04-0.4CC42	280	28-05-22	13-06-22	14	10.31	20.29	83.48	22783.22	272.90	Tipo 6
P - 10	P0.06-0.6CC49	280	28-05-22	13-06-22	14	10.00	20.00	78.54	18012.51	229.34	Tipo 5
P - 11	P0.06-0.6CC50	280	28-05-22	13-06-22	14	10.00	20.03	78.54	17955.30	228.61	Tipo 6
P - 12	P0.06-0.6CC51	280	28-05-22	13-06-22	14	10.11	20.16	80.28	17660.22	220.24	Tipo 6

Esquema de los patrones de tipos de fracturas



Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el Laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- El curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.2, número de serie 0121008, capacidad 100 t. Indicador digital merge High Weight, Calibrado el 28-11-2021 por la empresa JNR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° VO121028.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica. 5a Edición
- NTP 339.052:2011. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 20M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

I

ELABORADO POR: ERICK CORROVA CAPORA Técnico Laboratorio	REVISADO POR: ERIC GABAY FLORES Ingeniero Civil CIP N° 12005	APROBADO POR:
--------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA EDAD DE 28 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

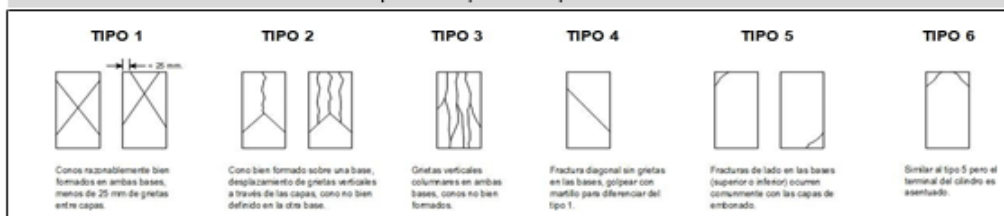
CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ta Edición
NTP 339.034:2021

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-101
Fecha : 29/12/2021
Página : 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-027			
Teoría : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Muestreado por : Tec. Mayelí Rojas S.		
Solicitante : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	Ensayado por : Tec. Mayelí Rojas S.		
Cliente : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Recepción : Junio 2022		
Ubicación : Hcol. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo	F. Emisión : Junio 2022		

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño	Fecha variado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Area	Carga	Resistencia obtenida	Tipo de falla
		kg/cm ²			Días	cm	cm				
P - 01	PATRÓN - 07	280	31-05-22	28-06-22	28	10.05	20.61	79.33	25082.22	316.19	Tipo 5
P - 02	PATRÓN - 08	280	31-05-22	28-06-22	28	10.14	20.07	80.75	25306.19	313.37	Tipo 5
P - 03	PATRÓN - 09	280	31-05-22	28-06-22	28	10.19	20.09	81.55	25129.05	308.13	Tipo 5
P - 04	P0.02-0.2SC07	280	31-05-22	28-06-22	28	10.21	20.05	81.87	27394.35	334.60	Tipo 5
P - 05	P0.02-0.2SC08	280	31-05-22	28-06-22	28	10.14	20.20	80.75	27828.64	344.61	Tipo 4
P - 06	P0.02-0.2SC09	280	31-05-22	28-06-22	28	10.10	20.17	80.12	27179.04	339.24	Tipo 5
P - 07	P0.04-0.4SC16	280	31-05-22	28-06-22	28	10.00	20.09	78.54	29501.54	375.63	Tipo 4
P - 08	P0.04-0.4SC17	280	31-05-22	28-06-22	28	10.12	20.25	80.44	29335.98	364.71	Tipo 6
P - 09	P0.04-0.4SC18	280	31-05-22	28-06-22	28	10.09	20.14	79.96	29167.66	364.78	Tipo 4
P - 10	P0.06-0.6SC25	280	31-05-22	28-06-22	28	10.33	20.02	83.81	25215.20	300.87	Tipo 5
P - 11	P0.06-0.6SC26	280	31-05-22	28-06-22	28	10.08	20.11	79.80	25574.42	320.48	Tipo 5
P - 12	P0.06-0.6SC27	280	31-05-22	28-06-22	28	10.47	20.19	86.10	25015.30	290.55	Tipo 6

Esquema de los patrones de tipos de fracturas



Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el Laboratorio ICONEGEO.
- El curado se realizó en laboratorio.
- El curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE40012, número de serie 0121008, capacidad 120 Tn, indicador digital marca High Way Calibrado el 26-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V2121020.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Selección y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5a Edición
- NTP 339.032:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 35M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- ASHTO T 22. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

ELABORADO POR:

ERICK CORDOVA CAPORA
Técnico Laboratorio

REVISADO POR:

ERIC GARAY FLORES
Ingeniero Civil
Especialista en SUELOS

APROBADO POR:

(+51) 064-251481
 (+51) 991002412

egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LA EDAD DE 28 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

NTP 339.084:2022

Versión	: 01
Código	: LAB-LEMA-101
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N°	: LAB22-002-011	Muestreado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Tesis	: incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Solicitante	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Emisión	: Junio 2022
Cliente	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza		
Ubicación	: Prol. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo		

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Carga	Resistencia obtenida	
		kg/cm ²			Días	cm			cm	kg
P - 01	PATRÓN - 19	280	28-05-22	05-06-22	7	10.16	20.25	5460.00	16.89	8.05
P - 02	PATRÓN - 20	280	28-05-22	05-06-22	7	10.25	20.34	6214.00	18.97	9.04
P - 03	PATRÓN - 21	280	28-05-22	05-06-22	7	10.03	20.4	5200.00	16.16	7.7
P - 04	P0.02-0.2SC55	280	28-05-22	05-06-22	7	10.17	20.52	8216.00	25.06	11.9
P - 05	P0.02-0.2SC56	280	28-05-22	05-06-22	7	10.26	20.44	8014.00	24.33	11.6
P - 06	P0.02-0.2SC57	280	28-05-22	05-06-22	7	10.25	20.56	8460.00	25.56	12.2
P - 07	P0.04-0.4SC64	280	28-05-22	05-06-22	7	10.27	20.54	9612.00	29.61	14.1
P - 08	P0.04-0.4SC65	280	28-05-22	05-06-22	7	10.85	20.29	9576.00	27.69	13.2
P - 09	P0.04-0.4SC66	280	28-05-22	05-06-22	7	10.10	20.43	10050.00	31.01	14.8
P - 10	P0.06-0.6SC73	280	28-05-22	05-06-22	7	10.00	20.11	10029.00	31.75	15.1
P - 11	P0.06-0.6SC74	280	28-05-22	05-06-22	7	10.00	20.16	10364.00	32.70	15.6
P - 12	P0.06-0.6SC75	280	28-05-22	05-06-22	7	9.90	20.15	10430.00	33.29	15.9

Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.3, número de serie 0121006, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight, Calibrado el 25-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121006.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033.2021: CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica. 5a Edición
- NTP 339.082.2017: CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia y la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 39M: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.


ELABORADO POR:


ERICK CORDOVA CORDOVA
Técnico Mecánico

REVISADO POR:


ERIC GARAY FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 126075

APROBADO POR:

 (+51) 064-251481
(+51) 991002412

 egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo,
Huancayo - Junín - Perú



Resistencia a la

tracción

diametral

Ingeniería y construcción

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 7 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

NTP 339.084:2022

Versión	: 01
Código	: LAB-LEMA-101
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N°	: LAB22-002-011		
Tesis	: Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Muestreado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Solicitante	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	Ensayado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Cliente	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Ensayo	: Junio 2022
Ubicación	: Prol. San Fernando 459 San Carlos, Huancayo	F. Emisión	: Junio 2022

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad		Long.	Carga	Resistencia obtenida	
		kg/cm ²			Días	cm			cm	kg
P - 01	PATRÓN - 19	280	28-05-22	05-06-22	7	10.16	20.25	5460.00	16.89	8.05
P - 02	PATRÓN - 20	280	28-05-22	05-06-22	7	10.25	20.34	6214.00	18.97	9.04
P - 03	PATRÓN - 21	280	28-05-22	05-06-22	7	10.03	20.4	5200.00	16.18	7.7
P - 04	P0.02-0.2SC55	280	28-05-22	05-06-22	7	10.17	20.52	6216.00	25.06	11.9
P - 05	P0.02-0.2SC56	280	28-05-22	05-06-22	7	10.26	20.44	6014.00	24.33	11.6
P - 06	P0.02-0.2SC57	280	28-05-22	05-06-22	7	10.25	20.56	8460.00	25.56	12.2
P - 07	P0.04-0.4SC64	280	28-05-22	05-06-22	7	10.27	20.54	9812.00	29.61	14.1
P - 08	P0.04-0.4SC65	280	28-05-22	05-06-22	7	10.85	20.29	9576.00	27.69	13.2
P - 09	P0.04-0.4SC66	280	28-05-22	05-06-22	7	10.10	20.43	10050.00	31.01	14.8
P - 10	P0.06-0.6SC73	280	28-05-22	05-06-22	7	10.00	20.11	10029.00	31.75	15.1
P - 11	P0.06-0.6SC74	280	28-05-22	05-06-22	7	10.00	20.18	10364.00	32.70	15.6
P - 12	P0.06-0.6SC75	280	28-05-22	05-06-22	7	9.90	20.15	10430.00	33.29	15.9

Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PS4001.2, número de serie 0121008, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight. Calibrado el 25-11-2021 por la empresa JVR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121028.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033.2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Próbica. 2a Edición
- NTP 339.082.2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 39R. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

ELABORADO POR:


ERICK CORBOVA
Tecnico Laboratorio


REVISADO POR:


ERIC GARAY FLORES
Ingeniero Civil
CIP N° 126076

APROBADO POR:

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

 egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo,
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 7 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
NTP 339.084:2022

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-101
Fecha : 30/04/2022
Página : 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-011		
Tesis : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Muestreado por : Tec. Mayel Rojas S.	
Solicitante : Bach. Wilmer Anibal Ninahuaza Espinoza	Ensayado por : Tec. Mayel Rojas S.	
Cliente : Bach. Wilmer Anibal Ninahuaza Espinoza	F. Ensayo : Junio 2022	
Ubicación : Prol. San Fernando 499 San Carlos, Huancayo	F. Emisión : Junio 2022	

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad		Long.	Carga	Resistencia obtenida	
		kg/cm ²			Días	cm			kg	kg/cm ²
P - 01	PATRÓN - 28	280	28-05-22	05-06-22	7	10.12	20.19	3560.95	11.10	12.10
P - 02	PATRÓN - 29	280	28-05-22	05-06-22	7	10.20	20.10	3334.63	10.35	8.45
P - 03	PATRÓN - 30	280	28-05-22	05-06-22	7	10.11	20.43	3702.55	11.41	6.55
P - 04	P0.02-0.2CC82	280	28-05-22	05-06-22	7	10.27	20.18	6022.00	18.50	10.32
P - 05	P0.02-0.2CC83	280	28-05-22	05-06-22	7	10.14	20.22	7256.00	22.53	16.10
P - 06	P0.02-0.2CC84	280	28-05-22	05-06-22	7	10.11	20.16	5592.00	17.47	14.11
P - 07	P0.04-0.4CC91	280	28-05-22	05-06-22	7	10.54	20.19	8225.00	24.61	10.06
P - 08	P0.04-0.4CC92	280	28-05-22	05-06-22	7	10.63	20.13	8650.00	26.33	7.92
P - 09	P0.04-0.4CC93	280	28-05-22	05-06-22	7	10.05	20.25	8722.00	27.28	12.55
P - 10	P0.06-0.6CC100	280	28-05-22	05-06-22	7	10.68	20.21	8829.00	26.04	13.59
P - 11	P600-60CC101	280	28-05-22	05-06-22	7	10.02	20.63	9364.00	28.84	11.09
P - 12	P600-60CC102	280	28-05-22	05-06-22	7	10.50	20.54	9030.00	26.65	12.86

Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE40012, número de serie 0121006, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight, Calibrado el 25-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC, Certificado de calibración N° V0121026.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033.2021: CONCRETO. Selección y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas de Selección.
- NTP 339.082.2017: CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición.
- ASTM C 39 - 39M: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

<p>ELABORADO POR:</p>  <p>ERICK CORDOBA GÓMEZ Tecnico Especialista</p>	<p>REVISADO POR:</p>  <p>ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil RIP N° 12018</p>	<p>APROBADO POR:</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo,
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 14 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

NTP 339.084:2022

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-101
Fecha : 30/04/2022
Página : 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-011	Muestreado por : Tec. Mayel Rojas S.
Texto : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por : Tec. Mayel Rojas S.
Solicitante : Bach. Wilmer Anibal Ninohuanca Espinoza	F. Ensayo : Junio 2022
Cliente : Bach. Wilmer Anibal Ninohuanca Espinoza	F. Emisión : Junio 2022
Ubicación : Prof. San Fernando 389 San Carlos, Huancayo	

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño kg/cm ²	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Carga	Resistencia obtenida	
					Días	cm	cm	kg	kg/cm ²	%
P - 01	PATRÓN - 22	280	28-05-22	12-06-22	14	10.15	20.15	7120.00	22.16	10.55
P - 02	PATRÓN - 23	280	28-05-22	12-06-22	14	10.00	20.06	7340.00	23.29	11.09
P - 03	PATRÓN - 24	280	28-05-22	12-06-22	14	10.31	20.11	7580.00	23.27	11.08
P - 04	P0.02-0.2SC58	280	28-05-22	12-06-22	14	10.40	20.35	9020.00	27.13	12.92
P - 05	P0.02-0.2SC59	280	28-05-22	12-06-22	14	10.52	20.75	9540.00	27.82	13.25
P - 06	P0.02-0.2SC60	280	28-05-22	12-06-22	14	10.28	20.37	9780.00	29.73	14.16
P - 07	P0.04-0.4SC67	280	28-05-22	12-06-22	14	10.80	20.35	10520.00	30.47	14.51
P - 08	P0.04-0.4SC68	280	28-05-22	12-06-22	14	10.73	20.75	10320.00	29.51	14.05
P - 09	P0.04-0.4SC69	280	28-05-22	12-06-22	14	10.36	20.37	11008.00	33.21	15.81
P - 10	P0.06-0.6SC76	280	28-05-22	12-06-22	14	10.10	20.38	10566.00	32.68	15.56
P - 11	P0.06-0.6SC77	280	28-05-22	12-06-22	14	10.20	20.12	11706.00	36.51	17.29
P - 12	P0.06-0.6SC78	280	28-05-22	12-06-22	14	10.00	20.21	11379.00	35.84	17.07

Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEO.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pico, modelo PE4001.2, número de serie 0121006, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight. Calibrado el 25-11-2021 por la empresa JVR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° VD121006.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033.0031: CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica. 5ª Edición
- NTP 339.082.0017: CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fragado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 39M: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- ASTM C 128: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

ELABORADO POR: ERICK COMPEÑA CEPEDA Técnico Laboratorial	REVISADO POR: ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil CIP N° 13089	APROBADO POR:
---------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
 (+51) 991002412

egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo,
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 14 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
NTP 339.084:2022

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-101
Fecha : 30/04/2022
Página : 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-011	Muestreado por : Tec. Mayel Rojas S.
Tesis : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por : Tec. Mayel Rojas S.
Solicitante : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Ensayo : Junio 2022
Cliente : Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Emisión : Junio 2022
Ubicación : Ptol. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo	

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño kg/cm ²	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad		Long. cm	Carga kg	Resistencia obtenida	
					Días	cm			kg/cm ²	%
P - 01	PATRÓN - 31	280	28-05-22	12-06-22	14	10.22	20.99	4877.44	14.47	6.89
P - 02	PATRÓN - 32	280	28-05-22	12-06-22	14	10.18	20.56	5208.10	15.84	7.54
P - 03	PATRÓN - 33	280	28-05-22	12-06-22	14	9.98	20.30	4985.92	15.67	7.46
P - 04	P200-20CC85	280	28-05-22	12-06-22	14	10.30	19.95	8020.00	24.88	11.83
P - 05	P200-20CC86	280	28-05-22	12-06-22	14	10.12	20.12	7640.00	23.89	11.37
P - 06	P200-20CC87	280	28-05-22	12-06-22	14	10.19	20.34	7480.00	22.98	10.94
P - 07	P400-40CC94	280	28-05-22	12-06-22	14	10.15	20.14	8962.00	27.91	13.29
P - 08	P400-40CC95	280	28-05-22	12-06-22	14	10.31	20.66	10250.00	30.63	14.59
P - 09	P400-40CC96	280	28-05-22	12-06-22	14	10.26	20.27	9508.00	29.11	13.86
P - 10	P600-60CC103	280	28-05-22	12-06-22	14	10.60	20.46	10366.00	30.43	14.49
P - 11	P600-60CC104	280	28-05-22	12-06-22	14	10.09	20.31	10506.00	32.64	15.54
P - 12	P600-60CC105	280	28-05-22	12-06-22	14	10.82	20.08	10079.00	29.53	14.06

Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PR4001.2, número de serie 0121026, capacidad 120 Tn, indicador digital marca High Weight, Calibrado el 28-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° VD121026.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033.0201, CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica. 5a Edición
- NTP 339.082.0217, CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fragado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 30M, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

ELABORADO POR: ERICK CORDOBA CAMPORA Técnico Mecánico	REVISADO POR: ERIC GARAY FLORES Ingeniero Civil CIP N° 120975	APROBADO POR:
------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo,
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 28 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

NTP 339.084:2022

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-101
Fecha : 30/04/2022
Página : 1 de 1

Registro N°	: LAB22-002-026	Muestreado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Tesis	: Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Solicitante	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Ensayo	: Junio 2022
Cliente	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuanca Espinoza	F. Emisión	: Junio 2022
Ubicación	: Pícd. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo		

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Carga	Resistencia obtenida	
		kg/cm ²			Días				cm	20.2
P - 01	PATRÓN - 28	280	31-05-22	28-06-22	28	9.95	20.49	9408.00	29.38	13.99
P - 02	PATRÓN - 28	280	31-05-22	28-06-22	28	10.14	20.3	9750.00	30.15	14.36
P - 03	PATRÓN - 27	280	31-05-22	28-06-22	28	10.08	20.5	10145.00	31.25	14.88
P - 04	P200-20SC61	280	31-05-22	28-06-22	28	10.50	20.61	10918.00	32.12	15.29
P - 05	P200-20SC62	280	31-05-22	28-06-22	28	10.44	20.47	10714.00	31.92	15.20
P - 06	P200-20SC63	280	31-05-22	28-06-22	28	10.59	20.29	11208.00	33.21	15.81
P - 07	P400-40SC70	280	31-05-22	28-06-22	28	10.08	20.61	11513.46	35.28	16.80
P - 08	P400-40SC71	280	31-05-22	28-06-22	28	10.67	20.47	11621.98	33.87	16.13
P - 09	P400-40SC72	280	31-05-22	28-06-22	28	10.60	20.29	12117.53	35.87	17.08
P - 10	P600-60SC79	280	31-05-22	28-06-22	28	10.00	20.22	11124.00	35.02	16.68
P - 11	P600-60SC80	280	31-05-22	28-06-22	28	9.9	20.63	11734.00	36.58	17.42
P - 12	P600-60SC81	280	31-05-22	28-06-22	28	10.2	20.31	12254.00	37.66	17.93

Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.2, número de serie 0121006, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight, Calibrado el 25-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC, Certificado de calibración N° V 0121006.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033.2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5ª Edición
- NTP 339.082.2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fragado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 20(1). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete. I

<p>ELABORADO POR:</p>  <p>ERICK CORZOZA CORREA Tecnico Mecatronico</p>	<p>REVISADO POR:</p>  <p>ERIC GABAY FLORES Ingeniero Civil CIP N° 126076</p>	<p>APROBADO POR:</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL A LA EDAD DE 28 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

NTP 339.084:2022

Versión	: 01
Código	: LAB-LEMA-101
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N°	: LAB22-002-026	Muestreado por	: Tsc. Mayel Rojas S.
Tesis	: Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por	: Tsc. Mayel Rojas S.
Solicitante	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuence Espinoza	F. Ensayo	: Junio 2022
Cliente	: Bach. Wilmer Anibal Ninahuence Espinoza	F. Emisión	: Junio 2022
Ubicación	: Prol. San Fernando 689 San Carlos, Huancayo		

N° Probeta	Código de probetas	Resistencia de diseño	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Diam.	Long.	Carga	Resistencia obtenida	
		kg/cm ²			Días	cm	20.2	kg	kg/cm ²	%
P - 01	PATRÓN - 34	280	31-05-22	28-06-22	28	10.25	20.05	7122.41	22.06	10.51
P - 02	PATRÓN - 35	280	31-05-22	28-06-22	28	10.10	20.12	7005.12	21.95	10.45
P - 03	PATRÓN - 36	280	31-05-22	28-06-22	28	10.16	20.94	6980.06	20.89	9.95
P - 04	P200-20CC88	280	31-05-22	28-06-22	28	10.05	20.45	9021.00	27.94	13.31
P - 05	P200-20CC89	280	31-05-22	28-06-22	28	10.00	20.47	9178.00	28.54	13.59
P - 06	P200-20CC90	280	31-05-22	28-06-22	28	10.10	20.29	9422.00	29.27	13.94
P - 07	P400-40CC97	280	31-05-22	28-06-22	28	10.71	20.41	11791.00	34.34	16.35
P - 08	P400-40CC98	280	31-05-22	28-06-22	28	10.60	20.19	11412.00	33.95	16.17
P - 09	P400-40CC99	280	31-05-22	28-06-22	28	10.01	20.20	10781.00	33.94	16.16
P - 10	P600-60CC106	280	31-05-22	28-06-22	28	10.61	20.19	10992.00	32.67	15.56
P - 11	P600-60CC107	280	31-05-22	28-06-22	28	10.30	20.37	10894.00	33.06	15.74
P - 12	P600-60CC108	280	31-05-22	28-06-22	28	10.98	20.25	11011.00	31.53	15.01

Observaciones:

- Tamaño de probetas 10x20 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEOG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura ambiente.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo P64001.2, número de serie 0121005, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight. Calibrado el 26-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121026.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033.0211: CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5ª Edición
- NTP 339.083.0317: CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fragado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 39 - 19(01): Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

ELABORADO POR:  ERICK CORCOS Técnico (Laboratorio)	REVISADO POR:  ERIC GARAY PLURES Ingeniero Civil CRIP 12021	APROBADO POR:
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú



Resistencia a la flexión

!ICONEQ
Ingeniería y Construcción

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 7 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del
concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios - Método de ensayo
4ª Edición.**
NTP 339.078:2022

Versión	: 01
Código	: LAB-LEMA-108
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N°	: LAB22-002-028	Muestreado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Texto	: Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por	: Tec. Mayel Rojas S.
Solicitante	: Sech. Wilmer Anibal Ninehuanca Espinoza	F. Ensayo	: Julio 2022
Cliente	: Sech. Wilmer Anibal Ninehuanca Espinoza	F. Emisión	: Julio 2022
Ubicación	: Prol. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo		

N° Probeta	Código de probetas	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia obtenida
				Días	cm	cm	cm	kg	kg/cm ²
V - 01	PATRON V-1	04-07-22	12-07-22	7	15.24	15.13	45.00	859.80	24.55
V - 02	PATRON V-2	04-07-22	12-07-22	7	14.98	15.05	45.00	1014.25	30.19
V - 03	PATRON V-3	04-07-22	12-07-22	7	14.89	15.00	45.00	784.97	23.81
V - 04	VP0.02-0.2SC01	04-07-22	12-07-22	7	15.14	15.30	45.00	1096.14	30.57
V - 05	VP0.02-0.2SC02	04-07-22	12-07-22	7	15.08	15.21	45.00	990.78	28.29
V - 06	VP0.02-0.2SC03	04-07-22	12-07-22	7	14.98	15.25	45.00	1055.88	30.21
V - 07	VP0.04-0.4SC01	04-07-22	12-07-22	7	15.04	15.15	45.00	1252.30	36.32
V - 08	VP0.04-0.4SC02	04-07-22	12-07-22	7	15.01	15.07	45.00	1115.56	32.97
V - 09	VP0.04-0.4SC03	04-07-22	12-07-22	7	14.95	14.99	45.00	1286.88	38.88
V - 10	VP0.06-0.6SC01	04-07-22	12-07-22	7	15.25	15.00	45.00	1380.66	40.41
V - 11	VP0.06-0.6SC02	04-07-22	12-07-22	7	15.07	15.18	45.00	1404.65	40.38
V - 12	VP0.06-0.6SC03	04-07-22	12-07-22	7	14.96	15.24	45.00	1492.10	42.86

Observaciones:

- Tamaño de vigas 15x15x45 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio IONEGE.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura solicitada por el investigador.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.2, número de serie 0121008, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weigh It, Calibrado el 28-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121026.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5ª Edición.
- NTP 338.082:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición.
- ASTM C 18. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
- NTP 339.078:2022. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios.

ELABORADO POR:

Erik Córdoba
ERIK CORDOVA CORDOVA
Técnico Instrumentista

REVISADO POR:

Erik Garay
ERIK GARAY BUREO
Ingeniero Civil
CP N° 120976

APROBADO POR:

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeir.com
www.iconegeir.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 7 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del
concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios - Método de ensayo
4ª Edición.**

NTP 339.078:2022

Version	: 01
Código	: LAB-LEMA-108
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-028

Tests : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín

Solicitante : Bsch. Wilmer Anibal Nirehuenca Espinoza

Cliente : Bsch. Wilmer Anibal Nirehuenca Espinoza

Ubicación : Prol. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo

Muestreado por : Tec. Mayell Rojas S.

Ensayado por : Tec. Mayell Rojas S.

F. Ensayo : Julio 2022

F. Emisión : Julio 2022

N° Probeta	Código de probetas	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia obtenida
				Días	cm	cm	cm	kg	kg/cm ²
V - 01	PATRON V-10	07-07-22	15-07-22	7	15.15	15.02	45.00	701.02	20.64
V - 02	PATRON V-11	07-07-22	15-07-22	7	15.08	15.16	45.00	457.55	13.19
V - 03	PATRON V-12	07-07-22	15-07-22	7	15.14	15.04	45.00	621.22	18.23
V - 04	VP0.02-0.2CC1	07-07-22	15-07-22	7	15.06	15.20	45.00	945.28	27.09
V - 05	VP0.02-0.2CC2	07-07-22	15-07-22	7	15.00	15.18	45.00	790.47	22.88
V - 06	VP0.02-0.2CC3	07-07-22	15-07-22	7	15.10	15.25	45.00	921.02	26.04
V - 07	VP0.04-0.4CC1	07-07-22	15-07-22	7	14.90	15.15	45.00	1178.83	34.67
V - 08	VP0.04-0.4CC2	07-07-22	15-07-22	7	14.92	15.25	45.00	1410.15	40.59
V - 09	VP0.04-0.4CC3	07-07-22	15-07-22	7	15.14	15.09	45.00	1096.43	31.86
V - 10	VP0.06-0.6CC1	07-07-22	15-07-22	7	15.11	15.22	45.00	1110.22	31.54
V - 11	VP0.06-0.6CC2	07-07-22	15-07-22	7	15.15	15.31	45.00	1382.44	38.44
V - 12	VP0.06-0.6CC3	07-07-22	15-07-22	7	15.08	15.18	45.00	1010.58	29.02

Observaciones:

- Tamaño de vigas 15x15x45 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEGE.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura solicitada por el investigador.

Equipo Utilizado:

- Pruebas de concreto marca Palo, modelo PE4001.2, número de serie 0121006, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight, Calibrado el 26-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121028.


Referencias Normativas:

- NTP 339.039:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5ª Edición
- NTP 339.082:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fragado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 78. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
- NTP 339.078:2022. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios.

ELABORADO POR:  ERICK COMOLIVA <small>INGENIERO EN GEOTECNIA</small>	REVISADO POR:  ERICK COMOLIVA <small>INGENIERO EN GEOTECNIA</small>	APROBADO POR:
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

 (+51) 064-251481
(+51) 991002412

 egaray@iconegeir.com
www.iconegeir.com

 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 14 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del
concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios - Método de ensayo
4ª Edición.**
NTP 339.078:2022

Version	: 01
Código	: LAB-LEMA-108
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N°	: LAB22-002-028	Muestreo por	: Tec. Mayell Rojas S.
Texto	: Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín	Ensayado por	: Tec. Mayell Rojas S.
Solicitante	: Sech. Wilmer Anibal Ninehuanca Espinoza	F. Ensayo	: Julio 2022
Cliente	: Sech. Wilmer Anibal Ninehuanca Espinoza	F. Emisión	: Julio 2022
Ubicación	: Prol. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo		

N° Probeta	Código de probetas	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Altura	Base	Distancia entre apoyos	Carga	Resistencia obtenida
				Días	cm	cm	cm	kg	kg/cm ²
V - 01	PATRON V-4	04-07-22	19-07-22	14	15.01	15.14	45.00	970.14	28.28
V - 02	PATRON V-5	04-07-22	19-07-22	14	15.09	15.08	45.00	1110.19	32.49
V - 03	PATRON V-6	04-07-22	19-07-22	14	15.02	14.95	45.00	1016.52	30.74
V - 04	VP0.02-0.2SC04	04-07-22	19-07-22	14	15.00	15.13	45.00	1345.10	39.32
V - 05	VP0.02-0.2SC05	04-07-22	19-07-22	14	15.07	15.09	45.00	1190.26	34.83
V - 06	VP0.02-0.2SC06	04-07-22	19-07-22	14	15.11	15.33	45.00	1451.09	40.35
V - 07	VP0.04-0.4SC04	04-07-22	19-07-22	14	15.04	15.02	45.00	1352.09	40.24
V - 08	VP0.04-0.4SC05	04-07-22	19-07-22	14	15.00	15.01	45.00	1588.44	47.56
V - 09	VP0.04-0.4SC06	04-07-22	19-07-22	14	15.06	15.23	45.00	1410.70	40.20
V - 10	VP0.06-0.6SC04	04-07-22	19-07-22	14	14.99	15.30	45.00	1730.11	48.97
V - 11	VP0.06-0.6SC05	04-07-22	19-07-22	14	15.00	15.00	45.00	1610.84	48.33
V - 12	VP0.06-0.6SC06	04-07-22	19-07-22	14	15.14	15.11	45.00	1590.22	46.03

Observaciones:

- Tamaño de vigas 15x15x45 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura solicitadas por el investigador.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Palo, modelo PE4801.2, número de serie 0121008, capacidad 120 Tn, indicador digital marca High Weight. Calibrado el 26-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121026.


Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5ª Edición
- NTP 339.082:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 78. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beams with Third-Point Loading)
- NTP 339.078:2022. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios.

<p>ELABORADO POR:</p>  <p>BERNARDO GONZÁLEZ INGENIERO</p>	<p>REVISADO POR:</p>  <p>EGUITZ INGENIERO</p>	<p>APROBADO POR:</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

 (+51) 064-251481
(+51) 991002412

 egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 14 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del
concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios - Método de ensayo
4ª Edición.**

NTP 339.078:2022

Version	: 01
Código	: LAB-LEMA-108
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-028

Tests : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín

Solicitante : Sech. Wilmer Anibal Nirehuenca Espinoza

Cliente : Sech. Wilmer Anibal Nirehuenca Espinoza

Ubicación : Profl. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo

Muestreo por : Tec. Mayell Rojas S.

Ensayado por : Tec. Mayell Rojas S.

F. Ensayo : Julio 2022

F. Emisión : Julio 2022

N° Probeta	Código de probetas	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia obtenida
				Días	cm	cm	cm	kg	kg/cm ²
V - 01	PATRON V-13	07-07-22	22-07-22	14	15.17	15.12	45.00	745.69	21.48
V - 02	PATRON V-14	07-07-22	22-07-22	14	15.02	15.20	45.00	888.04	25.56
V - 03	PATRON V-15	07-07-22	22-07-22	14	15.00	15.11	45.00	847.88	24.89
V - 04	VP0.02-0.2CC4	07-07-22	22-07-22	14	15.30	15.26	45.00	1064.04	29.16
V - 05	VP0.02-0.2CC5	07-07-22	22-07-22	14	15.12	15.00	45.00	1156.20	34.27
V - 06	VP0.02-0.2CC6	07-07-22	22-07-22	14	15.11	15.31	45.00	1198.26	33.45
V - 07	VP0.04-0.4CC4	07-07-22	22-07-22	14	15.08	15.11	45.00	1154.65	33.62
V - 08	VP0.04-0.4CC5	07-07-22	22-07-22	14	15.19	15.14	45.00	1748.19	50.06
V - 09	VP0.04-0.4CC6	07-07-22	22-07-22	14	15.26	15.22	45.00	1309.77	36.67
V - 10	VP0.06-0.6CC4	07-07-22	22-07-22	14	15.00	15.24	45.00	1485.41	42.50
V - 11	VP0.06-0.6CC5	07-07-22	22-07-22	14	15.24	15.16	45.00	1265.22	35.91
V - 12	VP0.06-0.6CC6	07-07-22	22-07-22	14	15.30	15.07	45.00	1412.55	40.57

Observaciones:

- Tamaño de vigas 15x15x45 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio IONEQ.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura solicitada por el investigador.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.2, número de serie 0121008, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight. Calibrado el 26-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121026.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica. 5ª Edición
- NTP 339.082:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición
- ASTM C 78. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
- NTP 339.078:2022. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios.

ELABORADO POR:  ERICK COMOLIVA <small>INGENIERO EN CIENCIAS TRÁNSITO Y SEGURIDAD</small>	REVISADO POR:  JUAN CARLOS FLORES <small>INGENIERO EN CIENCIAS TRÁNSITO Y SEGURIDAD</small>	APROBADO POR:
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 28 DIAS EN CURADO CONVENCIONAL A 15°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del
concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios - Método de ensayo
4ª Edición.**

NTP 339.078:2022

Versión	: 01
Código	: LAB-LEMA-108
Fecha	: 30/04/2022
Página	: 1 de 1

Registro N° : LAB22-003-028

Texto : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín

Solicitante : Sech. Wilmer Anibal Nirehuanca Espinoza

Cliente : Sech. Wilmer Anibal Nirehuanca Espinoza

Ubicación : Prof. San Fernando 489 San Carlos, Huancayo

Muestreo por : Tec. Mayel Rojas S.

Ensayo por : Tec. Mayel Rojas S.

F. Ensayo : Julio 2022

F. Emisión : Julio 2022

N° Probeta	Código de probetas	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Altura	Base	Distancia entre apoyos	Carga	Resistencia obtenida
				Días	cm	cm	cm	kg	kg/cm ²
V - 01	PATRON V-4	04-07-22	19-07-22	14	15.01	15.14	45.00	970.14	28.28
V - 02	PATRON V-5	04-07-22	19-07-22	14	15.09	15.08	45.00	1110.19	32.49
V - 03	PATRON V-6	04-07-22	19-07-22	14	15.02	14.95	45.00	1016.52	30.74
V - 04	VP0.02-0.2SC04	04-07-22	19-07-22	14	15.00	15.13	45.00	1345.10	39.32
V - 05	VP0.02-0.2SC05	04-07-22	19-07-22	14	15.07	15.09	45.00	1190.26	34.83
V - 06	VP0.02-0.2SC06	04-07-22	19-07-22	14	15.11	15.33	45.00	1451.09	40.35
V - 07	VP0.04-0.4SC04	04-07-22	19-07-22	14	15.04	15.02	45.00	1362.09	40.24
V - 08	VP0.04-0.4SC05	04-07-22	19-07-22	14	15.00	15.01	45.00	1588.44	47.56
V - 09	VP0.04-0.4SC06	04-07-22	19-07-22	14	15.06	15.23	45.00	1410.70	40.20
V - 10	VP0.06-0.6SC04	04-07-22	19-07-22	14	14.99	15.30	45.00	1730.11	48.97
V - 11	VP0.06-0.6SC05	04-07-22	19-07-22	14	15.00	15.00	45.00	1610.84	48.33
V - 12	VP0.06-0.6SC06	04-07-22	19-07-22	14	15.14	15.11	45.00	1590.22	46.03

Observaciones:

- Tamaño de vigas 15x15x45 cm.

- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEGE.

- El curado se realizó en laboratorio.

- Curado se realizó a temperatura solicitadas por el investigador.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PS4801.2, número de serie 0121088, capacidad 120 Tn, indicador digital marca High Weight. Calibrado el 26-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121028.

Referencias Normativas:


- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Prácticas. 5a Edición

- NTP 339.082:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición

- ASTM C 78: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).

- NTP 339.078:2022. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios.

ELABORADO POR:


ERICK COLÓN
Físico Mecánico


REVISADO POR:


EGARAY
Físico Mecánico

APROBADO POR:

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

 egaray@iconegeirl.com
www.iconegeirl.com

 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 - El Tambo
Huancayo - Junín - Perú

RESISTENCIA A LA FLEXION A LA EDAD DE 28 DIAS EN CURADO EN CONGELAMIENTO A -5°C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
SUELOS, AGREGADOS, AGUA, CONCRETO Y ASFALTO

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del
concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios - Método de ensayo
4ª Edición.**
NTP 339.078:2022

Versión : 01
Código : LAB-LEMA-108
Fecha : 30/04/2022
Página : 1 de 1

Registro N° : LAB22-002-028
Tesis : Incidencia de las fibras híbridas en las propiedades mecánicas del concreto en clima frío de la provincia de Junín
Solicitante : Srch. Wilmer Anibal Nirehuanca Espinoza
Cliente : Srch. Wilmer Anibal Nirehuanca Espinoza
Ubicación : Prof. San Fernando 480 San Carlos, Huancayo

Muestreado por : Tec. Mayel Rojas S.
Ensayado por : Tec. Mayel Rojas S.
F. Ensayo : Julio 2022
F. Emisión : Agosto 2022

N° Probeta	Código de probetas	Fecha vaciado	Fecha rotura	Edad	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia obtenida
				Días	cm	cm	cm	kg	kg/cm ²
V - 01	PATRON V-16	07-07-22	05-08-22	28	15.31	15.27	45.00	1130.44	31.19
V - 02	PATRON V-17	07-07-22	05-08-22	28	15.27	15.30	45.00	1261.20	34.73
V - 03	PATRON V-18	07-07-22	05-08-22	28	15.01	15.02	45.00	1090.37	32.55
V - 04	VP0.02-0.2CC7	07-07-22	05-08-22	28	15.08	15.24	45.00	1290.55	36.63
V - 05	VP0.02-0.2CC8	07-07-22	05-08-22	28	15.26	15.09	45.00	1328.19	38.15
V - 06	VP0.02-0.2CC9	07-07-22	05-08-22	28	15.33	14.95	45.00	1502.88	44.09
V - 07	VP0.04-0.4CC7	07-07-22	05-08-22	28	15.00	15.04	45.00	1650.14	49.11
V - 08	VP0.04-0.4CC8	07-07-22	05-08-22	28	15.24	15.18	45.00	1574.20	44.50
V - 09	VP0.04-0.4CC9	07-07-22	05-08-22	28	15.07	15.21	45.00	1631.22	46.62
V - 10	VP0.06-0.6CC7	07-07-22	05-08-22	28	15.14	15.11	45.00	1431.05	41.42
V - 11	VP0.06-0.6CC8	07-07-22	05-08-22	28	15.12	15.02	45.00	1314.60	38.81
V - 12	VP0.06-0.6CC9	07-07-22	05-08-22	28	15.09	15.15	45.00	1700.87	49.09

Observaciones:

- Tamaño de vigas 15x45 cm.
- Las probetas fueron preparadas en el laboratorio ICONEG.
- El curado se realizó en laboratorio.
- Curado se realizó a temperatura solicitada por el investigador.

Equipo Utilizado:

- Prensa de concreto marca Pello, modelo PE4001.2, número de serie 0121006, capacidad 120 Tn, indicador digital carga High Weight. Calibrado el 26-11-2021 por la empresa JMR EQUIPOS SAC. Certificado de calibración N° V0121029.

Referencias Normativas:

- NTP 339.033:2021. CONCRETO. Elaboración y curado de experimentos de concreto en campo. Prácticas. 5ª Edición.
- NTP 339.062:2017. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fragado de masas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición.
- ASTM C 78. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beams with Third-Point Loading).
- NTP 339.078:2022. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios.

<p>ELABORADO POR:</p>  <p>ERICK CORBOVA Ingeniero de Materiales</p>	<p>REVISADO POR:</p>  <p>ERICK CORBOVA Ingeniero de Materiales</p>	<p>APROBADO POR:</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

(+51) 064-251481
(+51) 991002412

✉ egaray@iconegeirt.com
www.iconegeirt.com

📍 Jr. Pedro Gálvez N° 1974 – El Tambo
Huancayo - Junín - Perú