



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A
FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN
REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS”**

AUTOR: Bryan Alexander Pastuña Villegas

TUTOR: Ing. Mg. Wladimir José Ramírez Cabrera

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2023

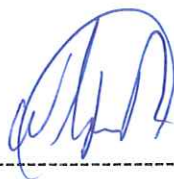
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema “ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS”, elaborado por el Sr. **Bryan Alexander Pastuña Villegas**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0503403164, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2023



Ing. Mg. Wladimir José Ramírez Cabrera

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Bryan Alexander Pastuña Villegas**, con C.I. 0503403164 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el desarrollo del presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS”** así como también los análisis estadísticos, ideas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2023



.....
Bryan Alexander Pastuña Villegas

C.I. 0503403164

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2023



.....
Bryan Alexander Pastuña Villegas

C.I. 0503403164

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO


Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe de Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Bryan Alexander Pastuña Villegas de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: “ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS”

Ambato, agosto 2023

Para constancia firman



Ing. Maritza Ureña Aguirre, M.Sc.
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Carlos Navarro Peñaherrera
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres, abuelos y hermanos.

A todos los que me han ayudado a llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo el esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y trayectoria estudiantil, a mis hermanos por ser mi motivación día con día, a mis abuelos por inculcarme los valores que me han ayudado a llegar hasta este punto.

A mi tutor, por su ayuda desinteresada en el desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que me echaron una mano cuando más lo necesité durante la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	7
2.1 Materiales	7
2.2 Métodos	17
2.2.1. Etapa preliminar	17
2.2.2. Segunda etapa.....	24
2.2.3 Tercera etapa	26
2.2.4 Cuarta etapa.....	28
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29

3.1.	Análisis y discusión de resultados	29
3.1.1.	Resultados de la fase preliminar	29
3.1.2.	Análisis del efecto tamaño en las gráficas carga vs deflexión y resistencias residuales	33
3.1.3.	Influencia del coeficiente de orientación de fibras y su efecto en las propiedades mecánicas de fractura.....	52
3.1.4.	Descripción del comportamiento a compresión utilizando diferentes porcentajes de fibra	79
3.2.	Verificación de la hipótesis	86
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		87
4.1	Conclusiones	87
4.2	Recomendaciones.....	88
MATERIAL DE REFERENCIA		89
Referencias Bibliográficas		89
Anexos		93
Anexo 1. Densidad real del cemento.....		93
Anexo 2. Análisis granulométrico del árido fino		94
Anexo 3. Análisis granulométrico del árido grueso.....		95
Anexo 4. Densidad real del árido fino		96
Anexo 5. Densidad real del árido grueso		97
Anexo 6. Peso unitario suelto y compactado de los agregados.....		98
Anexo 7. Densidad aparente compactada de la mezcla		99
Anexo 8. Dosificación por el método de la densidad óptima		100
Anexo 9. Dosificación para probetas de 0kg/m ³ de fibra.....		101
Anexo 10. Dosificación para probetas de 3kg/m ³ de fibra.....		106
Anexo 11. Dosificación para probetas de 6kg/m ³		111
Anexo 12. Reporte del ensayo a flexión (ASTM 1609).....		116

Anexo 13. Resultados del conteo de fibras	143
Anexo 14. Anexo fotográfico.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Materiales y equipos para caracterización de áridos</i>	8
Tabla 2. <i>Materiales y equipos para la elaboración de probetas</i>	11
Tabla 3. <i>Materiales y equipos para el cumplimiento del objetivo 1 y 3</i>	14
Tabla 4. <i>Materiales y equipos para el cumplimiento del objetivo 2</i>	16
Tabla 5. <i>Características dimensionales de vigas elaboradas</i>	17
Tabla 6. <i>Características dimensionales de cilindros elaborados</i>	19
Tabla 7. <i>Relación agua/cemento (w/c)</i>	22
Tabla 8. <i>Cantidad de Pasta (CP)</i>	22
Tabla 9. <i>Requerimiento de moldeo por varillado</i>	23
Tabla 10. <i>Ensayos de caracterización de áridos</i>	29
Tabla 11. <i>Propiedades del cemento y áridos fino y grueso</i>	32
Tabla 12. <i>Dosificación para hormigón de 240 kg/cm²</i>	32
Tabla 13. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas D=300 mm en hormigón simple sin fibras</i>	34
Tabla 14. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas D=200mm con hormigón simple sin fibras</i>	35
Tabla 15. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas D=100 mm con hormigón simple sin fibras</i>	36
Tabla 16. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones promedio para cada tamaño de probeta con hormigón simple sin fibras</i>	37
Tabla 17. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas D=300 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	40
Tabla 18. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas D= 200 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	41
Tabla 19. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas D= 100 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	42
Tabla 20. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas de hormigón con 3kg/m³ de fibras D=300mm, 200mm, 100mm.</i>	43
Tabla 21. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas D=300 mm en hormigón con 6kg/m³ de fibras</i>	44

Tabla 22. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas D=200 mm en hormigón con 6kg/m³ de fibras.....</i>	45
Tabla 23. <i>Resumen de esfuerzos y deflexión para probetas D=100mm en hormigón con 6kg/m³ de fibras.....</i>	46
Tabla 24. <i>Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas de hormigón con 6kg/m³ de fibras D=300mm, 200mm, 100mm.....</i>	47
Tabla 25. <i>Resumen resistencias residuales vs tamaño de las probetas ensayadas...</i>	50
Tabla 26. <i>Resumen del coeficiente de orientación de las probetas ensayadas.....</i>	55
Tabla 27. <i>Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 150x300mm hormigón simple sin fibras.....</i>	80
Tabla 28. <i>Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 100x200mm hormigón simple sin fibras.....</i>	80
Tabla 29 <i>Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 150x300mm hormigón con 3 kg/m³ de fibras.....</i>	81
Tabla 30 <i>Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 100x200mm hormigón con 3 kg/m³ de fibras.....</i>	82
Tabla 31. <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de curado en cilindros 150x300mm con 6 kg/m³ de fibras</i>	83
Tabla 32. <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de curado en cilindros 100x200mm con 6 kg/m³ de fibras</i>	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Identificación de probetas prismáticas</i>	18
Figura 2. <i>Dimensiones en mm de probetas prismáticas pequeña (a), mediana (b), grande (c)</i>	18
Figura 3. <i>Tamaño en mm de los cilindros (a) pequeños (b) grandes</i>	19
Figura 4. <i>Identificación de probetas cilíndricas</i>	20
Figura 5. <i>Cantera “Los Nieto”</i>	21
Figura 6. <i>(a) Mezclado de materiales en concretera (b) vertido de hormigón en moldes (c) Probetas endurecidas</i>	24
Figura 7. <i>Curva típica de carga-deflexión en HRF</i>	25
Figura 8. <i>Detalle de conteo de fibras por áreas</i>	26
Figura 9. <i>Fallas en las fibras (a) fibra rota, (b) fibra desplazada, (c) fibra mal situada</i>	27
Figura 10. <i>Curva granulométrica del árido fino</i>	30
Figura 11. <i>Curva granulométrica del árido grueso</i>	30
Figura 12. <i>Porcentaje óptimo de la mezcla</i>	31
Figura 13. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D= 300 mm en hormigón simple sin fibras</i>	33
Figura 14. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D= 300 mm en hormigón simple sin fibras</i>	34
Figura 15. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D=200mm con hormigón simple sin fibras</i>	34
Figura 16. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=200mm con hormigón simple sin fibras</i>	35
Figura 17. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D=100 mm con hormigón simple sin fibras</i>	35
Figura 18. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=100 mm con hormigón simple sin fibras</i>	36
Figura 19. <i>Curvas promedio carga vs deflexión obtenida para las probetas D=300 mm, 200 mm, 100mm con hormigón simple sin fibras</i>	36
Figura 20. <i>Curvas promedio esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=300mm, 200mm, 100mm con hormigón simple sin fibras</i>	37

Figura 21. <i>Esfuerzo vs dimensión de espécimen obtenida para las probetas de hormigón simple sin fibras D=300 mm, 200 mm, 100mm</i>	37
Figura 22. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D= 300 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	39
Figura 23. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=300 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	39
Figura 24. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D= 200 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	40
Figura 25. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=200 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	40
Figura 26. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D= 100 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	41
Figura 27. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=100 mm en hormigón con 3kg/m³ de fibras</i>	41
Figura 28. <i>Curvas promedio carga vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 3kg/m³ de fibras D=300 mm, 200 mm, 100mm.</i>	42
Figura 29. <i>Curvas promedio esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 3kg/m³ de fibras D=300 mm, 200 mm, 100mm.</i>	42
Figura 30. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D=300mm en hormigón con 6 kg/m³ de fibras</i>	44
Figura 31. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=300mm en hormigón con 6 kg/m³ de fibras</i>	44
Figura 32. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D=200mm en hormigón con 6 kg/m³ de fibras</i>	45
Figura 33. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=200mm en hormigón con 6 kg/m³ de fibras</i>	45
Figura 34. <i>Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas D=100mm en hormigón con 6 kg/m³ de fibras</i>	46
Figura 35. <i>Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas D=100mm en hormigón con 6 kg/m³ de fibras</i>	46
Figura 36. <i>Curvas promedio carga vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 6kg/m³ de fibras D=300 mm, 200 mm, 100mm.</i>	47

Figura 37. <i>Curvas promedio esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 6kg/m³ de fibras D=300 mm, 200 mm, 100mm</i>	47
Figura 38. <i>Esquema f_{lop} (a), f_{r1} (b), f_{r2} (c), f_{r3} (d) y f_{r4} (e) vs tamaño de las probetas con 3kg/m³ de fibras</i>	49
Figura 39. <i>Esquema f_{lop} (a), f_{min} (b), f_{r1} (c), f_{r2} (d), f_{r3} (e) y f_{r4} (f), f_{rem}(g) vs tamaño de las probetas con 6kg/m³ de fibras</i>	50
Figura 40. <i>Esquema efecto pared</i>	53
Figura 41. <i>Áreas de estudio para el conteo de fibras en probetas D=300mm con 3 kg/m³ (a) y 6 kg/m³ (b)</i>	53
Figura 42. <i>Áreas de estudio para el conteo de fibras en probetas D=200mm</i>	54
Figura 43. <i>Áreas de estudio para el conteo de fibras en probetas D=100mm</i>	54
Figura 44. <i>Coeficiente de orientación en la zona A</i>	57
Figura 45. <i>Coeficiente de orientación en la zona B</i>	57
Figura 46. <i>Coeficiente de orientación en la zona C</i>	58
Figura 47. <i>Coeficiente de orientación en la zona D</i>	58
Figura 48. <i>Coeficiente de orientación en la zona E</i>	59
Figura 49. <i>Coeficiente de orientación en la zona F</i>	59
Figura 50. <i>Coeficiente de orientación en la zona G</i>	60
Figura 51. <i>Coeficiente de orientación en la zona H</i>	60
Figura 52. <i>Coeficiente de orientación en la zona I</i>	61
Figura 53. <i>Resumen del coeficiente de orientación por sección (a) y total en el plano de fractura (b) para probetas de hormigón dosificadas con 3kg/m³ de fibras</i>	61
Figura 54. <i>Resumen del coeficiente de orientación por sección (a) y total en el plano de fractura (b) para probetas de hormigón dosificadas con 6kg/m³ de fibras</i>	62
Figura 55. <i>Coeficiente (θ) de orientación por tamaño de probeta en 3 kg/m³ (a) y 6 kg/m³ de fibras (b)</i>	62
Figura 56. <i>Tendencia del comportamiento f_{r1} (0.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m³ de fibras</i>	64
Figura 57. <i>Tendencia del comportamiento f_{r2} (1.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m³ de fibras</i>	65

Figura 58. <i>Tendencia de comportamiento f_{r3} (2.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m^3 de fibras</i>	66
Figura 59. <i>Tendencia de comportamiento f_{r4} (3.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m^3 de fibras</i>	66
Figura 60. <i>Tendencia del comportamiento f_{\min} vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras</i>	68
Figura 61. <i>Tendencia del comportamiento f_{r1} (0.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras</i>	68
Figura 62. <i>Tendencia del comportamiento f_{r2} (1.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras</i>	69
Figura 63. <i>Tendencia del comportamiento f_{r3} (2.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras</i>	70
Figura 64. <i>Tendencia del comportamiento f_{r4} (3.5 mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras</i>	70
Figura 65. <i>Tendencia del comportamiento f_{rem} vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras</i>	71
Figura 66. <i>Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r1} vs número de fibras para cada tamaño de probeta</i>	73
Figura 67. <i>Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r2} vs número de fibras para cada tamaño de probeta</i>	74
Figura 68. <i>Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r3} vs número de fibras para cada tamaño de probeta</i>	74
Figura 69. <i>Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r4} vs número de fibras para cada tamaño de probeta</i>	75

Figura 70. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{min} vs número de fibras para cada tamaño de probeta	76
Figura 71. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r1} vs número de fibras para cada tamaño de probeta	77
Figura 72. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r2} vs número de fibras para cada tamaño de probeta	77
Figura 73. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r3} vs número de fibras para cada tamaño de probeta	78
Figura 74. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{rem} vs número de fibras para cada tamaño de probeta	78
Figura 75. Curva media característica esfuerzo vs deflexión probetas 100x200mm y 150x300mm	81
Figura 76. Curva media característica esfuerzo vs deflexión probetas 100x200mm ($P-3kg/m^3$) y 150x300mm ($G-3kg/m^3$)	82
Figura 77. Curva media característica esfuerzo vs deflexión probetas 100x200mm ($P-6kg/m^3$) y 150x300mm ($G-6kg/m^3$)	84
Figura 78. Comparación de resistencia a compresión utilizando diferentes porcentajes de fibra en cilindros de 150x300mm (a) y 100x200mm (b).....	85

RESUMEN EJECUTIVO

La influencia del efecto tamaño en las propiedades mecánicas del hormigón es un problema estudiado a lo largo de varias décadas de la historia científica moderna, sin embargo, aún no se han establecido normativas que controlen esta deficiencia. El presente proyecto describe el comportamiento a flexión y compresión de hormigones reforzados con fibra, frente a este efecto .

Para el análisis comparativo se diseñó principalmente hormigón simple y reforzado con macro fibras sintéticas de polipropileno (HRFP). Se cuantificó la dosificación requerida para obtener una resistencia a la compresión de 240 kg/centímetros cuadrados a los 28 días a través del método de densidad óptima y en el caso del hormigón reforzado con fibras de polipropileno se añadió a la mezcla una proporción de 3kg/metro cúbico y 6 kg/metro cúbico.

Se elaboraron probetas prismáticas con tamaños de 100x100x350 mm, 100x200x650mm y 100x300x950mm y probetas cilíndricas de 100x200mm y 150x300mm. Las probetas prismáticas se ensayaron a flexión con 4 puntos de apoyo según las indicaciones establecidas en la norma ASTM C1609. Los cilindros fueron evaluados siguiendo la norma NTE INEN 1573.

Los resultados a flexión demuestran que tanto la resistencia máxima alcanzada en el límite de proporcionalidad como las resistencias residuales que depende de las fibras efectivas, disminuye al aumentar el tamaño de la probeta analizada.

Se comprueba que la resistencia a compresión también se ve afectada por el efecto tamaño, observándose una decadencia de esfuerzo al comparar los cilindros grandes respecto a los pequeños.

Palabras clave: Efecto tamaño, HRFP, compresión, coeficiente de orientación.

ABSTRACT

The influence of the size effect on the mechanical properties of concrete is a problem studied throughout several decades of modern scientific history, however, regulations that control this deficiency have not yet been established. This project describes the flexural and compressive behavior of fiber-reinforced concrete, against this effect.

For the comparative analysis, simple concrete and reinforced with macro synthetic polypropylene fibers (HRFP) were mainly designed. The dosage required to obtain a compressive strength of 240 kg/square centimeters at 28 days was quantified through the optimal density method and in the case of concrete reinforced with polypropylene fibers, a proportion of 3kg/cubic meter and 6 kg/cubic meter was added to the mix.

Prismatic specimens with sizes of 100x100x350 mm, 100x200x650mm and 100x300x950mm and cylindrical specimens of 100x200mm and 150x300mm were made. The prismatic specimens were tested for bending with 4 support points according to the indications established in the ASTM C1609 standard. The cylinders were evaluated following the NTE INEN 1573 standard.

The flexural results show that both the maximum resistance reached in the proportionality limit and the residual resistances that depend on the effective fibers decrease as the size of the analyzed specimen increases.

It is verified that the compressive strength is also affected by the size effect, observing a decrease in effort when comparing large cylinders with respect to small ones.

Keywords: Size effect, PFRC, flexure, compression, orientation coefficient.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

No se puede negar que dentro de la industria de la construcción el material más utilizado es el hormigón, esto debido a la gran versatilidad y desempeño que demuestra luego de ponerlo a prueba en distintos tipos de infraestructuras, tal es el caso de; vías, edificaciones, represas, canales, etc. Este se puede entender como un material artificial cuasi-frágil formado por una matriz en la que los agregados gruesos están unidos entre sí con pasta de cemento a la que se añade árido fino y agua en proporciones estudiadas para cumplir con requerimientos solicitados. Desde su aparición se le ha atribuido grandes características mecánicas, donde se puede destacar su sobresaliente resistencia a compresión y otras como; la resistencia a tracción y flexión -que es insignificante como para tomarse en cuenta- y la fisuración. Por tal razón y con el objetivo de optimizar estas propiedades, la ciencia ha buscado procesos que las controlen sin poner en riesgo los factores sociales, económicos y medio ambientales [1]–[4].

La solución más común consiste en añadir armaduras de acero dentro de la matriz de hormigón, compensando así la resistencia a flexión y tracción. Aunque más recientemente, ha surgido como alternativa el uso de fibras, que reducen el empleo de este tipo de armaduras o en dosificaciones altas prescinden de ellas. Este método inició con la adición de fibras de acero al hormigón, con ello se notó una gran mejoría en las propiedades mecánicas del mismo, sobre todo en la resistencia a tracción, esto a consecuencia del efecto cosido de fisuras producidas por las fibras las mismas que mejoran notablemente la fisuración y retracción del hormigón. Según la Norma Americana ACI 544.4R-18 2018 el uso de fibras en hormigones con dosificaciones típicas se ha demostrado que el efecto de las fibras sobre la resistencia a la compresión del hormigón es marginal. Los aumentos documentados en la resistencia a compresión varían desde insignificante en la mayoría de los casos hasta el 23 % en hormigón que contienen un 2 % por volumen de fibra de acero ensayadas en probetas cilíndricas de 150x300mm. Por otro lado, si se analiza la resistencia a flexión o tracción se puede observar una gran mejoría en comparación con la resistencia a compresión. En los hormigones reforzados con fibra el parámetro

resistencia a la flexión se ha sustituido por los esfuerzos residuales, que hacen referencia al esfuerzo restante luego de que el concreto presente fisuras y falle. En ese sentido, la investigación realizada por Reyes. I, en el año 2016, nos confirma que la adición de fibras en la matriz de hormigón junto con una dosificación óptima resultó en un mejor desempeño tanto a compresión como a flexión mostrando un aumento conjunto de ductilidad y tenacidad del elemento [2], [5]–[8].

La norma ASTM C1116C/1116M recomienda catalogar la fibra según el material de fabricación, de esta forma se diferencian fibras de tipo: acero, vidrio, sintético y natural. Así mismo cada tipo de fibra puede subdividirse en base al tamaño y funcionalidad en; microfibras y macrofibras. Las primeras están caracterizadas por tener un diámetro menor a 0.3mm con una longitud inferior a 12 mm, mientras que, las macro-fibras son aquellas con diámetro mayor o igual a 0.3 mm y una longitud entre 12 y 65mm [6], [9].

La investigación realizada por M.G Alberti, A. Enfedaque y J.C Gálvez en 2016 mostró que, independientemente del material de fibra utilizado, la eficacia del refuerzo depende de las propiedades de interfaz entre la fibra y la pasta de cemento, el procedimiento de colado y la relación entre la longitud de fibra y el tamaño del molde. [8]

Se conoce como efecto tamaño al fenómeno por el cual el desempeño mecánico representado por la resistencia nominal determinado a través de ensayos no replica por completo las propiedades del hormigón, sino más bien guarda relación con las dimensiones geométricas del elemento analizado. En nuestra rama, la ingeniería civil, se ha hecho énfasis en este estudio en consecuencia al gran tamaño que presentan las estructuras de hormigón, tales como presas, diques, puentes, etc. Experimentalmente esto se puede estudiar comparando la carga máxima que soportan especímenes (probetas) de tamaños diferentes, pero con geometrías similares [2], [4], [10].

Los estudios con respecto al efecto tamaño inician en los años 70, cuando se simulaban problemas de las estructuras de concreto y se presentó una problemática relacionada con la brecha que existe entre la escala de elementos estructurales como; represas, vigas de puentes, túneles, etc. y las probetas a escala reducida utilizadas por el personal laboratorista en los ensayos. De esta forma, Weibull introdujo una teoría estadística para representar este fenómeno, definiendo así la teoría conocida como

distribución de Weibull, que determina la probabilidad de un elemento material pequeño como una ley de potencia de la diferencia de resistencia entre un elemento de tamaño finito a un elemento de tamaño tendiendo a cero. A la par, el científico Griffith, fundador de la mecánica de fractura demostró experimentalmente un fuerte efecto tamaño al determinar que la resistencia nominal de los materiales frágiles como las fibras de vidrio varía de 292 MPa a 3.39 GPa cuando el diámetro decrece de $107\mu\text{m}$ a $3.3\mu\text{m}$ [2], [10].

No fue hasta 1984 que, Bazant y Zdenek presentaron una teoría determinista en la que se propuso una ley de efecto tamaño que se puede definir como la evolución en la resistencia estructural de la capacidad real de carga con respecto al tamaño del elemento para probetas geoméricamente similares. Posteriormente desde los años 90 y hasta la actualidad se han presentado propuestas de ilustres investigadores como Carpinteri (1986), Planas y Elices (1993), Mihasi (1993) Wittman (1995), y se podría continuar enumerando. [2], [11].

Citando eventos recientes acerca de la problemática abordada en este proyecto, podemos citar la investigación realizada por J. R Carmona y G. Ruiz en 2015 en la que se ensayaron por tracción diagonal especímenes prismáticos de diferentes tamaños y con porcentajes variables de armadura convencional de acero sin cercos en un rango de cuantía de 0% hasta 0.26%. En ello se obtuvo que las probetas con una relación h/lch (profundidad/longitud característica) aproximadamente igual a 1 difiere con una de 2 en un porcentaje igual a 25% siendo la probeta más pequeña la más resiliente, luego si comparamos esta probeta con una en la que su relación es cercana a 3.5 las resistencias difieren en un 50% [12].

Hablando de resistencia a la compresión podemos mencionar la investigación realizada por Erika A. Barbosa y Rafael H. Gallardo donde se compararon resultados de resistencia a compresión del hormigón simple de 140, 170 y 200 kg/cm^2 , utilizando cilindros de dimensiones no estandarizadas y se llegó a la conclusión de que las resistencias entre el cilindro estándar 150x300mm y otros tamaños como 100x200mm y 75x150mm, disminuye conforme el tamaño del espécimen aumenta o el tamaño máximo nominal del agregado disminuye de 1" a $\frac{3}{4}$ ". [13]

Resultados similares se observaron cuando se ensayan probetas con resistencia mayores o igual 210 kg/cm^2 , donde los estudios realizados por David Aragón y Alejandro Navas en Costa Rica en el año 2012 mostraron que la resistencia a

compresión medida en cilindros de 100x200mm es aproximadamente un 10% mayor que la resistencia medida en cilindros de 150x300mm [14] .

En este apartado es importante mencionar también el trabajo de Amanda Akram en 2015, donde se comparó los resultados de resistencia a tracción en especímenes con dimensiones de 150x150 mm y 150x300 mm, sin tomar en cuenta el tipo de agregado ni la relación agua/cemento. Se confirmó que, la longitud de la probeta cilíndrica influye en la resistencia a tracción del concreto [15] .

Por el lado del Hormigón Reforzado con Fibras, también se han desarrollado estudios orientados al fenómeno del efecto tamaño de la probeta, en este sentido en 2007 F. Medina y H. Cifuentes ensayaron a flexión pura o tres puntos probetas entalladas geoméricamente similares y de diferente tamaño para hormigones reforzados con dos tipos de fibras y un hormigón sin fibra, como hormigón de control, las probetas pequeñas con una longitud de 300mm y profundidad de 75 mm, las probetas medianas una longitud de 600 mm y 150mm de profundidad y las probetas grandes 900 mm y 225mm de profundidad. Luego de analizar los resultados se determinó que, además de producirse un mejoramiento en las propiedades mecánicas del hormigón simple como resistencia a compresión, tracción indirecta y flexo tracción, la adición de fibras disminuye el efecto tamaño del hormigón. En las probetas reforzadas con fibras de baja tenacidad y alta elongación, los resultados mostraron tensiones nominales mayores para tamaños más elevados [5].

También se puede citar el trabajo investigativo realizado por Abner Curi en 2018 donde se demuestra qué; aun con la presencia de macro fibras sintéticas de tipo poliolefina en la dosificación del hormigón, si se ensayan a flexión pura o comúnmente conocido como ensayo a tres puntos, especímenes de distintos tamaños con geometría similar se puede notar la existencia del efecto tamaño en el área donde se registran las resistencias residuales. Se llegó a esa conclusión luego de comparar los coeficientes de orientación con las resistencias residuales, de esa forma se demostró que las resistencias residuales caen en tamaños mayores de probeta a igualdad de número de fibras. Sin embargo, este estudio comprueba que la adición de este tipo de fibras en el hormigón permite la obtención de hormigones más dúctiles. Por consiguiente, se comprobó que el aumento de la energía de fractura en probetas de mayor canto se produce debido al ablandamiento que existe en el tejido de la fibra y el mortero de hormigón[3].

Más recientemente, Mohammad Daneshfar y su equipo en 2022 realizaron una campaña con el fin de presentar un modelo experimental para representar el efecto tamaño sobre probetas de hormigón reforzado con macrofibras sintéticas. Se elaboraron un conjunto de probetas con varios espesores y anchos, luego se ensayaron bajo el método de flexión pura modo I para obtener los siguientes parámetros: tenacidad de fractura, energía de fractura y valores máximos de carga antes del fallo. Los resultados indicaron que a medida que se incrementan tanto el espesor con el ancho, la tenacidad de fractura y energía de fractura fueron mejorando. Además, incrementando el espesor y ancho condujo a una intensidad de tensión crítica más alta [16].

Luego de revisar la información técnico-científico junto con las investigaciones realizadas a lo largo de la historia sobre la problemática abordada en este proyecto se observa que los resultados no permiten tener una idea clara del efecto tamaño en hormigones reforzados con fibra. Por tanto, el presente proyecto pretende ampliar el conocimiento científico sobre el contexto experimental que envuelve este fenómeno y explicarlo, analizando por una parte los esfuerzos y deflexiones obtenidos a partir del ensayo de 4 puntos testeados en probetas prismáticas de 3 tamaños distintos con un ancho fijo para todas ellas y por otra; la resistencia a compresión alcanzada por probetas cilíndricas de dos tamaños. La resistencia de diseño será de 240 kg/cm^2 a los 28 días, a un conjunto se le agregará un refuerzo de 3kg/m^3 de macro-fibra sintética de tipo polipropileno y 6kg/m^3 en otras.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto tamaño en el comportamiento a flexión y compresión de elementos de hormigón reforzado con fibras plásticas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto tamaño en las gráficas de carga – deflexión y resistencias residuales.
- Comprobar la influencia del coeficiente de orientación de las fibras y su efecto en las propiedades mecánicas de fractura.
- Describir el comportamiento a flexión y compresión utilizando diferentes porcentajes de fibra.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales y equipos utilizados en el presente trabajo experimental cumplen los requisitos propuestos por las normativas INEN y ASTM.

Materiales y equipos para el cumplimiento de la fase preliminar:

Se ejecutó una fase preliminar en la que se emplearon los siguientes materiales y equipos:

Tabla 1. Materiales y equipos para caracterización de áridos

Ensayo	Norma	Material/Equipo	Detalle
Análisis granulométrico en los áridos finos.	NTE INEN 696 ASTM C 136	Arena lavada	Origen: Mina “Las Viñas”, cantera “Los Nieto” Ambato. Tipo: Natural Tamaño: Fino Cumple con la normativa: NTE INEN 872
		Tamices con aberturas: 3/8”, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y bandeja	Separan por tamaños partículas que son componentes de una muestra seca [17] Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Material: Metal Diámetro: 25cm
		Agitador de tamices mecánico.	Crea un movimiento en una serie de tamices para que las partículas reboten y se separen por tamaños. [17] Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Marca: Controls Serie: MS5651296 Capacidad: 15 tamices
		Balanza electrónica	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Marca: DJ6001A Serie: CHQ-DJ Capacidad: 6000 gr.
Análisis granulométrico del árido grueso.	NTE INEN 696 ASTM C 136	Ripio	Origen: Mina “Las Viñas”, cantera “Los Nieto” Ambato. Tipo: Triturado

			<p>Tamaño: 3/4"</p> <p>Cumple con la normativa: NTE INEN 872</p>
		Tamices con aberturas: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4 y bandeja.	<p>Ordenadas de menor a mayor desde la base, separan por tamaños partículas de una muestra seca. [17]</p> <p>Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil</p> <p>Material: Metal</p> <p>Dimensiones: 30x30cm</p>
<p>Densidad aparente suelta y compactada de los áridos.</p> <p>Densidad aparente compactada de la mezcla.</p>	<p>NTE INEN 858</p> <p>ASTM C 29</p>	Arena y ripio	<p>Origen: Mina "Las Viñas", cantera "Los Nieto" Ambato</p> <p>Ripio: triturado 3/4"</p> <p>Arena: lavada, tamaño fino</p> <p>Cumple con la normativa: NTE INEN 872</p>
		Molde metálico para densidad aparente	<p>Origen: Laboratorio de Ingeniería Civil</p> <p>Utilizada para llenarlo por capas de áridos, con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie [18].</p> <p>Material: Acero</p> <p>Geometría: Redondo</p> <p>Diámetro: 30cm</p> <p>Altura: 30cm</p> <p>Peso: 9.83 kg</p>
		Varilla compactadora	<p>Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil</p> <p>Geometría: rectangular</p> <p>Marca:</p> <p>Serie:</p>

			<p>Precisión: 1gr. Capacidad: 150kg</p>
Determinación de la densidad real y capacidad de absorción del árido fino.	NTE INEN 856 ASTM C 128	Arena	<p>Origen: Mina “Las Viñas”, cantera “Los Nieto” Ambato Tipo: Natural Tamaño: Fino Cumple con la normativa: NTE INEN 872</p>
		Picnómetro	<p>Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Utilizado para medir la masa de árido fino añadido en el agua. [19] Material: Vidrio Capacidad: 500 ml Precisión: 0.25 ml</p>
		Cono truncado y pisón	<p>Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Material: Cono de bronce y pisón de acero. Dimensiones: Diámetro de 40mm, 90mm y altura de 75 mm. Pisón de diámetro 25.4 mm y altura de 168 mm.</p>
		Horno eléctrico	<p>Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Dimensiones: 648x610x508mm Temperatura: 110±5°C</p>

Determinación de la densidad real y capacidad de absorción del árido grueso.	NTE INEN 857 ASTM C 127	Ripio	Origen: Mina “Las Viñas”, cantera “Los Nieto” Ambato Tipo: triturado Tamaño: ¾” Cumple con la normativa: NTE INEN 872
		Canastilla metálica	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Usado para determinar el peso sumergido del árido grueso [20]. Material: Plástico Geometría: Cilíndrica

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 2. *Materiales y equipos para la elaboración de probetas*

Ensayo	Norma	Material/Equipo	Detalle
Elaboración y curado de especímenes de ensayo de laboratorio.	ASTM C39 NTE INEN 3124	Cemento GU	Origen: Adelca S.A, Ambato Marca: Holcim Rocafuerte Tipo: Hidráulico Peso: 50 kg Cumple con la norma: NTE INEN 2380
		Fibra estructural	Origen: Aditivos y pisos S.A, Quito. Tipo: Macro-fibra sintética Material: Polipropileno Longitud: 50mm Diámetro: 3mm

		Aditivo plastificante	Origen: Sika, Huachi Chico Marca: Sika Tipo: Plastocrete DM
		Moldes cilíndricos	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Utilizados para contener la pasta de hormigón durante el endurecimiento. Material: Acero Dimensiones: Pequeñas: 100x200mm Grandes: 150x300mm
		Moldes prismáticos	Origen: Elaboración propia Material: Aglomerado RH 19mm Dimensiones: Pequeñas: 100x100x350mm, Medianas: 100x200x650mm, Grandes: 100x300x950mm
		Concreteira	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Tipo: Gasolina Marca: Capacidad: 1 saco
		Aceite quemado	Origen: Laboratorio de Ingeniería Civil Material: Sintético
		Agua	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Tipo: Potable

			Temperatura: Ambiente
Determinación del asentamiento	NTE INEN 1578 ASTM C 143	Cono de Abrams	Origen: Laboratorio de Ingeniería Civil Sirve como molde contenedor de la matriz de hormigón durante el ensayo [21] . Material: Acero Dimensiones: Base superior 100mm, base inferior 200mm, altura 300mm.
		Varilla compactadora	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Material: Acero Geometría: redondo Dimensiones: 610x16mm
Cámaras de curado utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón	NTE INEN 2528 ASTM C 330	Cámara de curado	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Utilizado como depósito de humedad en el que reposan las probetas de hormigón endurecidas [22] . Temperatura: 21±2°C

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Materiales y equipos para el cumplimiento del objetivo 1 y 3

Esta etapa se basa en ensayar a flexión y compresión las probetas prismáticas indicadas en el apartado anterior, con el fin de estudiar los resultados obtenidos en las gráficas de carga vs deflexión y esfuerzo vs deflexión para cada tamaño de probeta.

Tabla 3. *Materiales y equipos para el cumplimiento del objetivo 1 y 3*

Ensayo	Norma	Material/Equipo	Detalle
Resistencia a flexión de hormigones reforzados con fibra (Utilizando vigas cargadas a los tercios)	NTE INEN 2874 ASTM C1609	Probetas prismáticas	Origen: Elaboración propia. Tipo: Hormigón simple, HRF al 3% y 6% Tamaños: Pequeñas: 100x100x350mm Medianas: 100x200x650mm Grandes: 100x300x950mm Cumple con la norma: NTE INEN 3124
		Máquina de ensayo	Origen: Laboratorios de Ingeniería Civil Ejerce presión a la viga, y entrega datos de carga y deflexión [23]. Marca: Concreto 2000X Serie: 123205510036 Capacidad: 2000 kN
		Deflectómetros	Origen:

			Laboratorios de Ingeniería civil Marca: SHINKO ELECTRIC Serie: DT-58-8P
Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.	NTE INEN 1573 ASTM C 73	Probetas cilíndricas	Origen: Elaboración propia. Tipo: Hormigón simple, HRF 3 kg/m ³ y 6 kg/m ³ . Tamaños: Pequeñas: 100x200mm Grandes: 150x300mm Cumple con la norma: NTE INEN 3124
		Máquina de ensayo	Origen: Laboratorio de Ingeniería Civil Marca: Concreto 2000X Serie: 123205510036 Capacidad: 2000 kN

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Materiales y equipos para el cumplimiento del objetivo 2

Este objetivo se basa en contabilizar las fibras que aportan eficientemente a la resistencia a flexión de la viga ensayada y a partir de ellas calcular el coeficiente de orientación en la superficie de fractura. Finalmente, relacionarlo con el esfuerzo residual registrado para los especímenes de cada tamaño.

Tabla 4. *Materiales y equipos para el cumplimiento del objetivo 2*

Material: Probetas prismáticas ensayadas.	
Descripción: Se utilizaron las probetas falladas luego de ser sometidas a un ensayo a flexión.	Detalle: Origen: Elaboración propia Dimensiones: Pequeñas: 100x100x350mm Medianas: 200x100x650mm Grandes: 300x100x950mm
Equipo: Calibrador	
Descripción: Se utilizó para trazar las secciones de estudio en el plano de fractura de la probeta.	Detalle: Origen: Laboratorio de Ingeniería Civil Dimensiones: Longitud: 50cm

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

2.2 Métodos

Esta investigación se desarrolló en 4 etapas, descritas a continuación:

2.2.1. Etapa preliminar

El trabajo inició con el desarrollo de la fase preliminar o exploratoria, en la que se realizó investigación documental en las normas ASTM C 1609, ASTM C31, ASTM C192, ASTM C42 y ASTM C 39 con el fin de determinar las dimensiones de las probetas a realizar ya sea para los ensayos de flexión con carga aplicada a los tercios o compresión.

Para el análisis a flexión se fabricaron un total de 27 vigas, por cada dosificación de fibras se elaboraron 9 vigas, 3 de ellas pequeñas (D=100mm), 3 medianas (D=200mm) y el resto grandes (D=300mm). El ancho es fijo en todas las probetas siendo 100mm, esto con el propósito de comparar entre sí el coeficiente de orientación de fibras resultante luego de evaluarlas a flexión. El símbolo D hace referencia a la profundidad de la probeta, a partir de ella se calcula su longitud misma que no debe ser menor que 3 veces la profundidad más 50 mm. Estas medidas son parte de las restricciones dimensionales propuestas en la norma ASTM C 1609 [23]. Se ensayaron a la edad de 28 días, elaborándolas con una resistencia de diseño de 240 kg/cm². A continuación, se detallan el número total de probetas elaboradas:

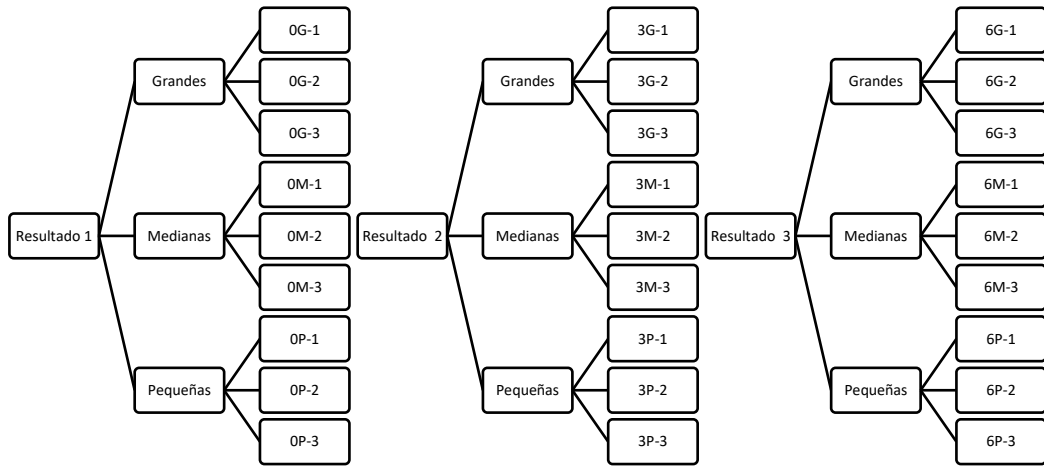
Tabla 5. Características dimensionales de vigas elaboradas

Dosificación	Edad de ensayo (28 días)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tamaño de la probeta (cm)			Total
			10x10x35	10x20x650	10x30x950	
0 kg/m ³	Resultado 1	240	3	3	3	9
3 kg/m ³	Resultado 2		3	3	3	9
6 kg/m ³	Resultado 3		3	3	3	9
Total						27

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

La notación que se utilizó es la siguiente:

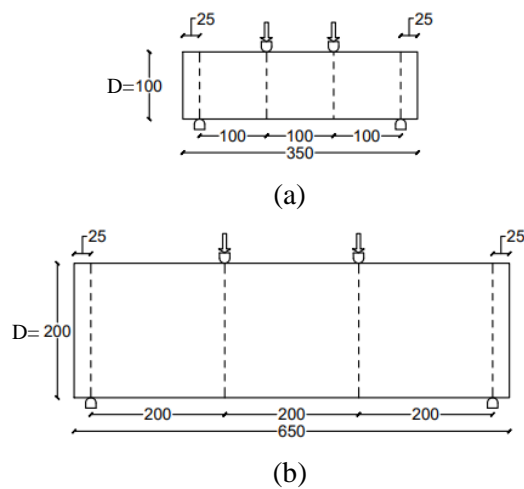
Figura 1. Identificación de probetas prismáticas

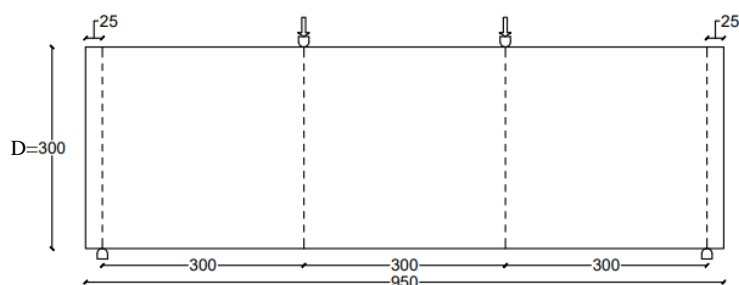


Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Cabe destacar que la dosificación de fibras en probeta se representa mediante el número **0** (0 kg/m^3), **3** (3 kg/m^3) o **6** (6 kg/m^3) y el tamaño del espécimen por las letras **G** (Grandes $D=300\text{mm}$), **M** (Medianas $D=200\text{mm}$) o **P** (Pequeñas $D=100\text{mm}$).

Figura 2. Dimensiones en mm de probetas prismáticas pequeña (a), mediana (b), grande (c)





(c)

Nota: Bryan Alexander Pastuña Villegas

En lo que se refiere a resistencia a compresión, se elaboraron 30 probetas siguiendo las pautas establecidas en la norma ASTM C39 [17] de dos tamaños característicos 100x200mm (pequeñas) y 150x300mm (grandes) , por cada dosificación se elaboró 6 probetas pequeñas y 4 grandes, detallándose en la siguiente tabla:

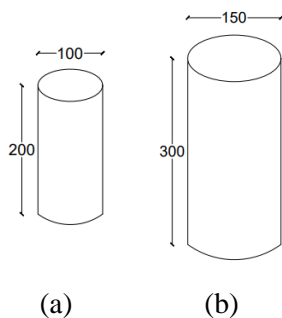
Tabla 6. Características dimensionales de cilindros elaborados

Tipo de probeta	Dimensiones (mm)	Edad de ensayo (28 días)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Contenido de fibra			Total	
				0 kg/m ³	3 kg/m ³	6 kg/m ³		
Grande	150x300	Resultado 1	240	2	2	2	6	
		Resultado 2		2	2	2	6	
Pequeña	100x200	Resultado 3		3	3	3	9	
		Resultado 4		3	3	3	9	
TOTAL:							30	

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

La figura 3 muestra las medidas en mm de los cilindros elaborados:

Figura 3. Tamaño en mm de los cilindros (a) pequeños (b) grandes



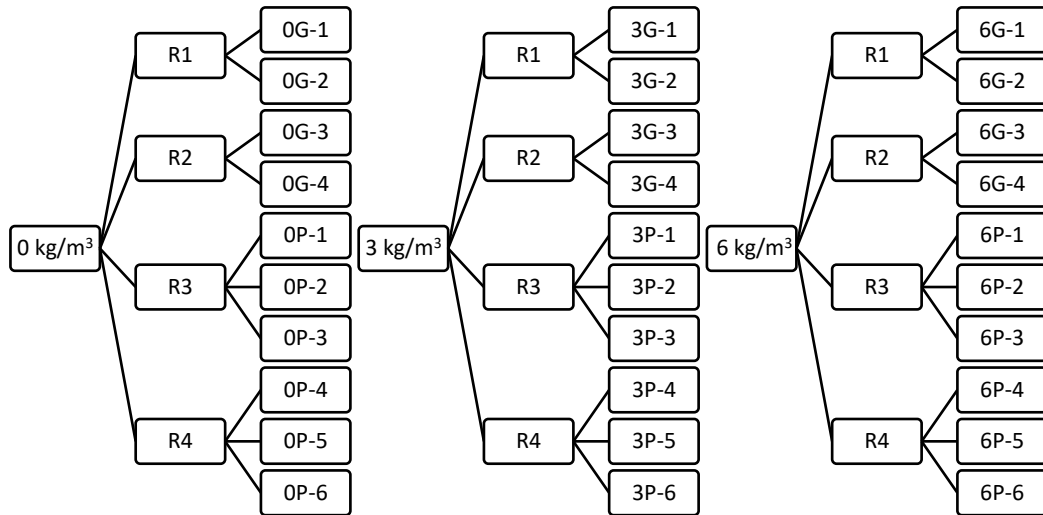
(a)

(b)

Nota: Bryan Alexander Pastuña Villegas

La notación que se utilizó fue la siguiente:

Figura 4. Identificación de probetas cilíndricas



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

De la misma forma que en las probetas prismáticas, la dosificación de fibras en los especímenes cilíndricos se representa por el número 0 (0 kg/m^3), 3 (3 kg/m^3) o 6 (6 kg/m^3), las letras G y P representan el tamaño de la probeta.

Una vez definido el número y dimensiones de los especímenes, se procedió con la investigación de campo en la que se visitó la cantera “Los Nieto” en la mina “Las Viñas”, perteneciente al cantón Ambato donde se evaluaron, seleccionaron y transportaron -en las cantidades requeridas- el agregado fino (arena lavada) y grueso (ripió triturado $\frac{3}{4}$) hacia la Universidad Técnica de Ambato. De la misma forma, con el cemento Holcim Fuerte Tipo GU, fibras estructurales, aditivo Sika Plastocrete DM y el resto de los materiales.

Figura 5. *Cantera “Los Nieto”*



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Una vez que el material llegó a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería civil se procedió con su caracterización, para ello se determinaron las propiedades mediante los ensayos descritos a continuación:

- Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso (NTE INEN 696 y ASTM 136) [17]
- Determinación de la densidad real y capacidad de absorción del árido fino (NTE INEN 856) [19]
- Determinación de la densidad real y capacidad de absorción del árido grueso (NTE INEN 857) [20]
- Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTE INEN 858) [18]
- Determinación del peso unitario compactado del agregado fino y grueso mezclado (NTE INEN 858) [18]

La dosificación se obtuvo mediante el Método de la Densidad Óptima propuesto por M. Garzón, 2010. Se diseñó un hormigón de 240 kg/cm^2 a los 28 días para un asentamiento de 12 a 15cm y se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Tabla 7. Relación agua/cemento (w/c)

Resistencia a la compresión MPa (f'c)	Relación agua/cemento (w/c)
45	0.37
42	0.40
40	0.42
35	0.46
32	0.50
30	0.51
28	0.52
25	0.55
24	0.56
21	0.58
18	0.60

Nota. Obtenido de M. Garzón, “Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”

Densidad Real de la Mezcla (DRM)

$$DRM = \frac{DRA \cdot POA + DRR \cdot POR}{100} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Porcentaje Óptimo de Vacíos (POV)

$$POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Cantidad de Pasta (CP)

Se hizo uso de la ecuación correspondiente a un asentamiento de 12 – 15cm:

$$CP = POV + 2\% + 13\% \cdot (POV) \quad \text{Ecuación (3)}$$

Tabla 8. Cantidad de Pasta (CP)

Asentamiento en cm	Cantidad de pasta %
0 – 3	POV +2%+3%(POV)
3 – 6	POV +2%+6%(POV)
6 – 9	POV +2%+8%(POV)
9 – 12	POV +2%+11%(POV)
12 - 15	POV +2%+13%(POV)

Nota. Obtenido de M. Garzón, “seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”, Quito, 2010

Cantidad de Cemento (C) para 1m³ de hormigón

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Cantidad de Agua (W) para 1m³ de hormigón

$$W = \frac{W}{C} \cdot C \quad \text{Ecuación (5)}$$

Cantidad de Agregados

Arena

$$A = (1000 - CP) \cdot DRA \cdot \frac{POA}{100} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Ripio

$$R = (1000 - CP) \cdot DRR \cdot \frac{POR}{100} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Para finalizar con esta etapa se procedió con la elaboración de probetas prismáticas obedeciendo las estipulaciones de la normativa ASTM C 1609 y C 31, se untó aceite quemado en los moldes previo a su uso, en lo que se refiere a compactación de la mezcla se realizó una capa en las probetas pequeñas, dos capas en las medianas y tres capas en las grandes. Se varilló una 1 vez por cada 14 cm² de superficie de la capa y se golpeó con el martillo de goma aproximadamente 15 veces. Cada capa se rellenó conforme indica la norma NTE INEN 3063. En lo que respecta a cilindros, se siguió la metodología propuesta por la norma ASTM C39.

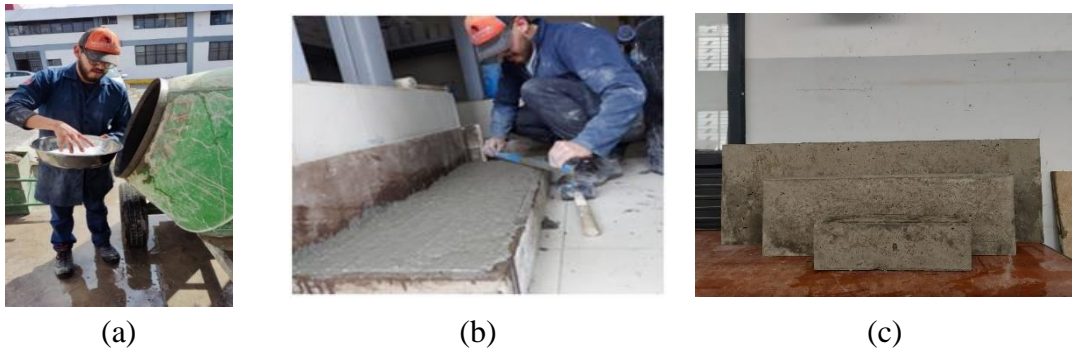
Tabla 9. *Requerimiento de moldeo por varillado*

Tipo y Tamaño del Espécimen	Número de Capas de Aproximadamente Igual Profundidad	Número de golpes de Varilla por Capa
Cilíndricos:		
Diámetro, in. [mm]		
4 [100]	2	25
6 [150]	3	25
9 [225]	4	50
Vigas:		
Ancho, in. [mm]		
6 [150] a 8 [200]	2	vea 9.3
>8 [200]	3 o más de igual profundidad, cada uno sin exceder 6 in. [150 mm].	vea 9.3

Nota. Obtenido de ASTM C31, “Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo de laboratorio”[24].

Se alisó la superficie y se trasladó a un lugar con sombra. El desencofrado se realizó al siguiente día luego de 24 ± 8 h, luego se sumergieron las probetas en la cámara de curado.

Figura 6. (a) Mezclado de materiales en concretera (b) vertido de hormigón en moldes (c) Probetas endurecidas.



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

2.2.2. Segunda etapa

En la segunda etapa se procedió con la investigación experimental en la que se llevaron a cabo los ensayos a las probetas y el análisis de los resultados obtenidos en cada caso. Se ensayó a flexión las vigas prismáticas con dosificaciones al 0, 3 y 6kg/m³, según las recomendaciones de la norma ASTM C 1609, se aplica carga a los tercios y se termina cuando se alcanza una deflexión de 10 mm. Los datos obtenidos se exportaron a Excel a través del programa Trapezium X. Con estos datos se procedió a dibujar la gráfica carga vs deflexión y posterior a ello esfuerzo vs deflexión. El cálculo de esfuerzo se realizó mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

σ = Esfuerzo (Mpa)

P= Carga (N)

L= Longitud entre apoyos (mm)

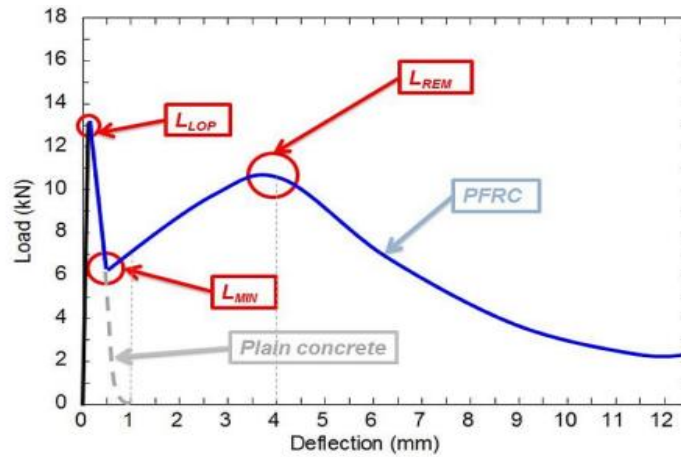
b= Ancho de la probeta en la zona de fractura (mm)

d= Altura de la probeta en la zona de fractura (mm)

Se estudiaron las resistencias máximas en los resultados a flexión en los tres tipos de tamaño de las probetas que se dosificaron sin fibras. De la misma forma, con las probetas compuestas con el 3% y 6% de fibras con la diferencia de que en este caso se estudió también las resistencias residuales existentes luego de la ruptura.

En la **Figura 7** se puede apreciar la curva típica carga vs deflexión en HRFP.

Figura 7. Curva típica de carga-deflexión en HRF



Nota. Obtenido de M. García Alberti, Polyolefin fibre-reinforced concrete: from material behaviour to numerical and design considerations. [25]

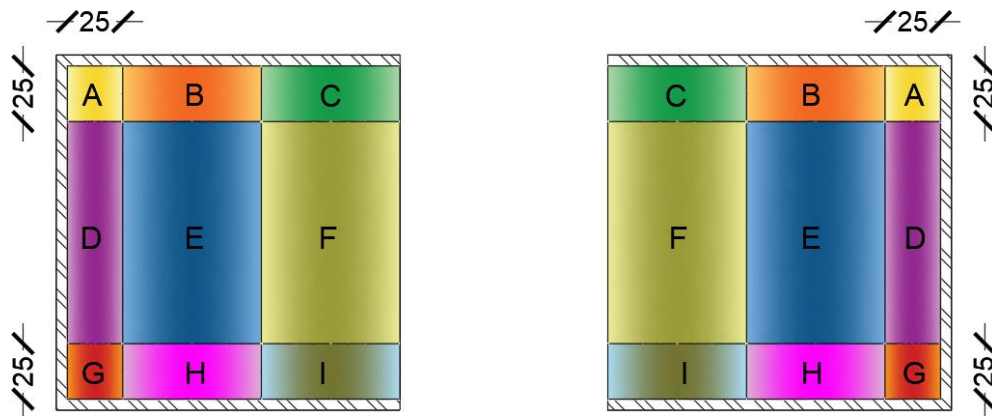
El comportamiento característico a flexión de los HRF denota que el primer momento crítico ocurre cuando el proceso de carga alcanza su punto máximo, hasta este momento no se observa comportamiento inelástico y comúnmente se le conoce como el límite de proporcionalidad de la carga (L_{LOP}), que representa la carga total máxima del hormigón sin refuerzos [3]. A medida que los valores de carga superan el límite de proporcionalidad, el comportamiento del material se vuelve más rígido. La fractura de concreto simple se caracteriza por un comportamiento opuesto, en el cual la muestra se debilita y colapsa, evidenciado por una pendiente descendente en el proceso de descarga. Sin embargo, las fibras plásticas absorben la energía liberada por el hormigón durante la fractura, gracias a los denominados puentes de fibra, lo cual modifica la tendencia de la carga. En ese momento, la curva alcanza su carga mínima posterior a la aparición de la grieta (L_{MIN}). En este punto, un nuevo proceso de carga comienza debido al anclaje de la fibra plástica en una superficie rugosa, los valores de carga constituyen el tercer punto perceptible en la curva representando la carga remanente o máxima después de la rotura (L_{REM}). La pendiente descendente trazada después de (L_{REM}) continúa hasta el final de la prueba [3].

2.2.3 Tercera etapa

En definitiva, las resistencias residuales que las fibras pueden aportar al hormigón están directamente relacionados con el número de fibras que se encuentran presentes en la cara de fracturación. Por ello, es necesario la etapa correlacional en el presente objetivo, donde se procedió con el conteo de fibras en la superficie de fractura con el fin de obtener el coeficiente de orientación de las fibras [8].

Para iniciar con este proceso, se dividió la sección de las probetas prismáticas en zonas con proporciones similares teniendo en cuenta el efecto pared. Por lo tanto, se deben diferenciar las franjas en las que inciden este fenómeno siendo esta dimensión la mitad de la longitud aproximada de la fibra añadida a la masa del hormigón. El presente proyecto utilizó fibras de polipropileno con una longitud de aprox. 50mm. Por lo tanto, la longitud de ancho del efecto pared es de 25mm.

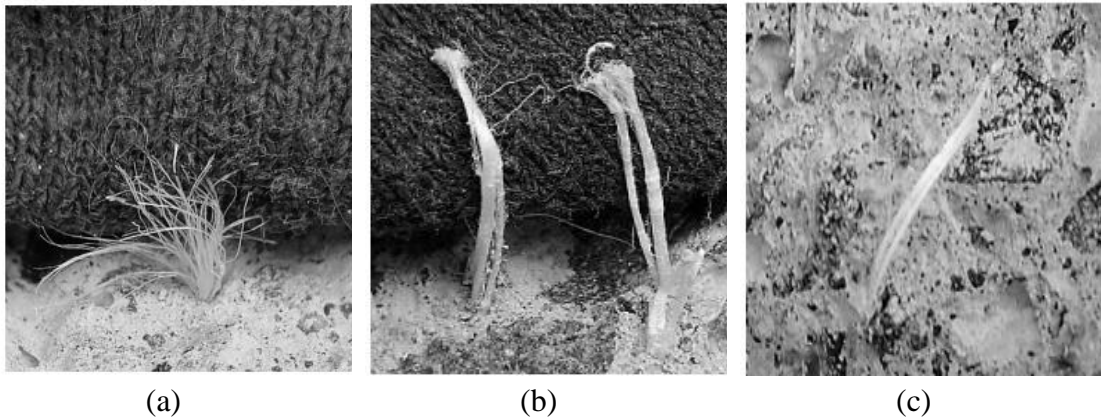
Figura 8. Detalle de conteo de fibras por áreas



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Hay diferentes tipos de fallo de fibra que pueden aparecer en la cara de fractura, entre ellos: fibra rota; en la que se evidencia la gran eficacia frente a la carga aplicada [3], por desplazamiento, en la que no existió cohesión entre la matriz de hormigón y la fibra por lo que la influencia frente a la carga externa es media y las fibras con acumulación irregular o mal situadas que se comportan de manera similar al segundo mencionado sin influencia.

Figura 9. Fallas en las fibras (a) fibra rota, (b) fibra desplazada, (c) fibra mal situada



Nota. Obtenido de R. Mera “Análisis del comportamiento a flexión de vigas de hormigón reforzado con fibras de polipropileno / polietileno” [26]

Una vez identificadas las fibras válidas para el conteo en el cálculo del coeficiente de orientación de fibra, se procedió con el cálculo utilizando la siguiente ecuación:

$$th = \frac{Ac \cdot V_f}{A_f} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

th= número teórico de fibras

Ac= Superficie de fractura

Af= Sección transversal de una fibra

$$\theta = \frac{n^\circ \text{ real } (n)}{n^\circ \text{ teórico } (th)} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

n= número real / contado de fibras

θ = Coeficiente de orientación

Luego de calcular los coeficientes de orientación en las distintas zonas establecidas para el conteo. Se procedió a dibujar curvas comparativas entre el coeficiente orientación y las resistencias residuales.

2.2.4 Cuarta etapa

Finalmente se realizó la etapa explicativa en la que se describe el efecto tamaño en las probetas cilíndricas ensayadas a compresión, para ello se tabularon los datos entregados por la máquina de compresión Concrete 2000X, mismos que sirvieron para graficar estos resultados. Se procedió con el análisis del efecto tamaño y la descripción del comportamiento a compresión al añadir diferentes porcentajes de fibra.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Resultados de la fase preliminar

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la fase preliminar

Caracterización de agregados

Se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla 10. *Ensayos de caracterización de áridos*

ENSAYO	ÁRIDO FINO	ÁRIDO GRUESO
Análisis Granulométrico	X	X
Densidad Suelta y Compactada	X	X
Densidad Real y Capacidad de Absorción	X	X

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Densidad real del cemento

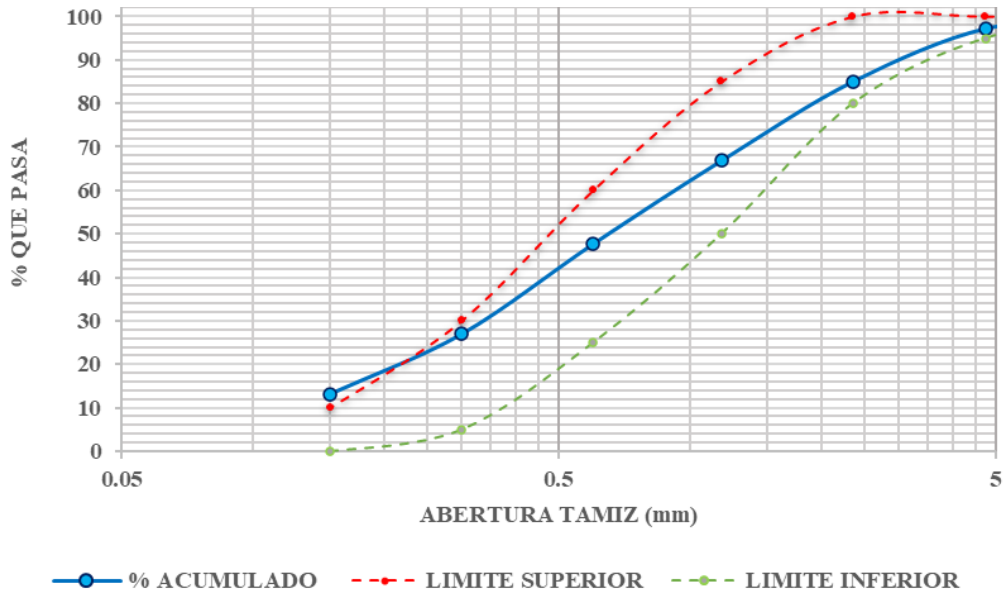
Esta propiedad se tomó del estudio “Análisis de aluminosilicatos como material de sustitución parcial del cemento tipo GU en la construcción” realizado por D. Yanchaguano y D. Coello [27]

Análisis granulométrico

Árido fino:

Se ensayó el árido fino (arena lavada) de acuerdo con las estipulaciones de la norma NTE INEN 696. El módulo de finura calculado fue de 2.64, cumple con el rango propuesto por la norma NTE INEN 872 de 2.3 a 3.1. En cuanto a la gradación del material se puede observar que el material no cumple con el rango establecido para el tamiz #100 (150 μ m).

Figura 10. Curva granulométrica del árido fino

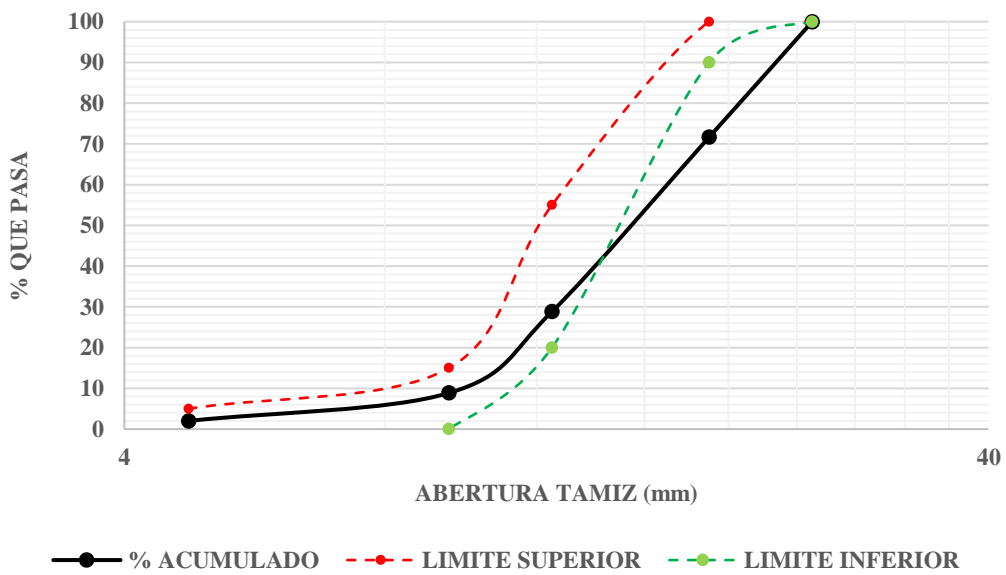


Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Árido grueso:

Se ensayó el árido grueso (ripió triturado) de acuerdo con las estipulaciones de la norma NTE INEN 696. La curva presenta una deficiencia en el porcentaje que pasa el tamiz # 3/4". El tamaño nominal máximo del árido grueso es 3/4".

Figura 11. Curva granulométrica del árido grueso



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Densidad aparente suelta y compactada

Árido fino:

Los resultados obtenidos mostraron una densidad suelta de 1.459 kg/dm³ mientras que compactada 1.591 kg/dm³.

Árido grueso:

Se evidenció una densidad en condición suelta de 1.332 kg/dm³ y compactada de 1.465 kg/dm³.

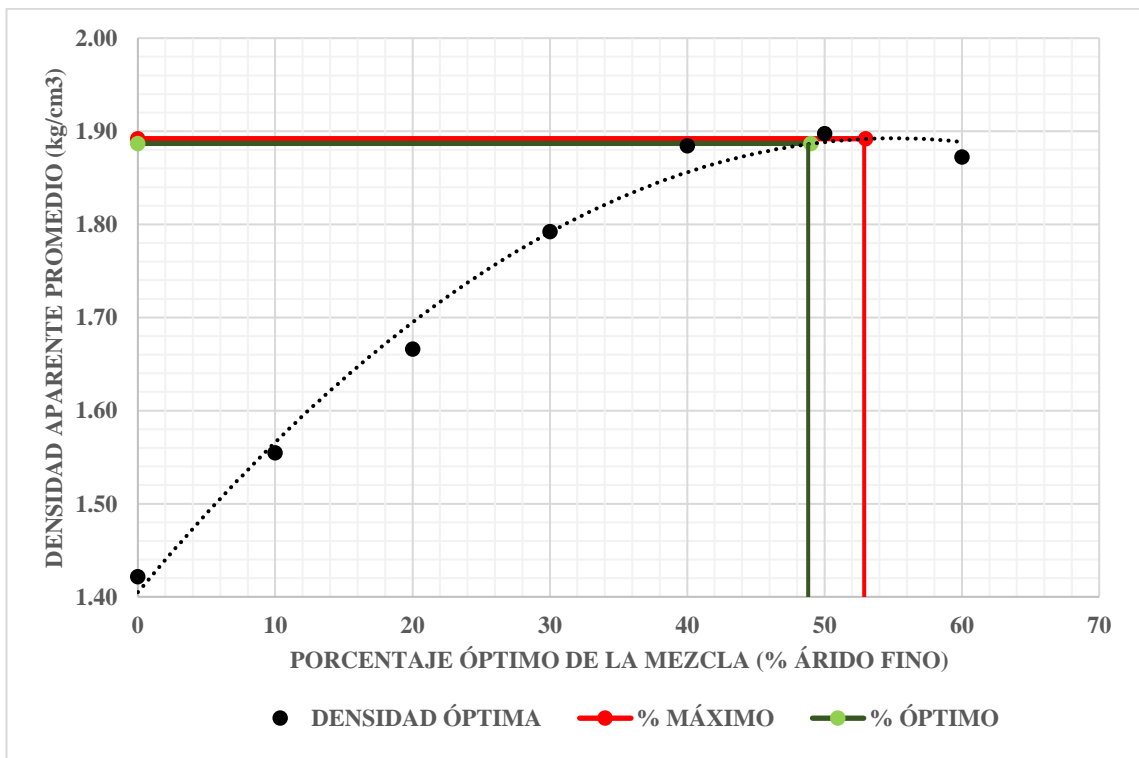
Densidad real y capacidad de absorción

La densidad real y capacidad de absorción se ensayó acatando las estipulaciones de la norma NTE INEN 856 para el árido fino y 857 para el árido grueso. De tal forma, se obtuvo los valores de 2.467 y capacidad de absorción de 2.056 para el árido fino y 2.610 y 2.928 para el árido grueso.

Densidad aparente compactada de la mezcla

Luego de mezclar el árido fino y grueso en los porcentajes establecidos por la norma NTE INEN 858, se obtuvo que la composición óptima de árido fino y grueso es del 49% y 51% respectivamente. Se espera una densidad óptima de la mezcla de 1.887 gr/cm³.

Figura 12. Porcentaje óptimo de la mezcla



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Resumen de la caracterización de áridos

En la siguiente tabla se define un resumen de las características de los áridos fino y grueso:

Tabla 11. *Propiedades del cemento y áridos fino y grueso*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Densidad real del cemento: DRC	3.075	kg/dm ³
Densidad real de la arena: DRA	2.467	kg/dm ³
Densidad real del ripio: DRR	2.610	kg/dm ³
Porcentaje óptimo de arena: POA	49	%
Porcentaje óptimo de ripio: POR	51	%
Densidad óptima de la mezcla: DOM	1.887	kg/dm ³
Capacidad de absorción de la arena: CAA	2.056	%
Capacidad de absorción del ripio: CAR	2.928	%

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Dosificación

Se presenta los resultados de aplicar el Método de la Densidad Óptima para obtener la cantidad de componentes necesarios para obtener un hormigón con resistencia de diseño de 240 kg/cm² para un asentamiento de 10 a 15cm. Se utilizó áridos de la mina “Las Viñas”, cantera “Los Nieto” y como aglomerante Cemento Holcim Tipo GU.

Tabla 12. *Dosificación para hormigón de 240 kg/cm²*

MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M ³ DE CONCRETO	DOSIFICACIÓN AL PESO
Agua	196.42	0.56
Cemento	350.75	1
Arena	833.51	2.30
Ripio	917.81	2.53
Plastificante	1.892	0.005
Fibra (3 kg/m ³)	3	-
Fibra (6 kg/m ³)	6	-

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Además, se empleó plastificante SIKA PLASTOCRETE DM en la elaboración de probetas con el fin de conseguir un hormigón fluido para el correcto amasado al incluir fibras en la matriz de hormigón.

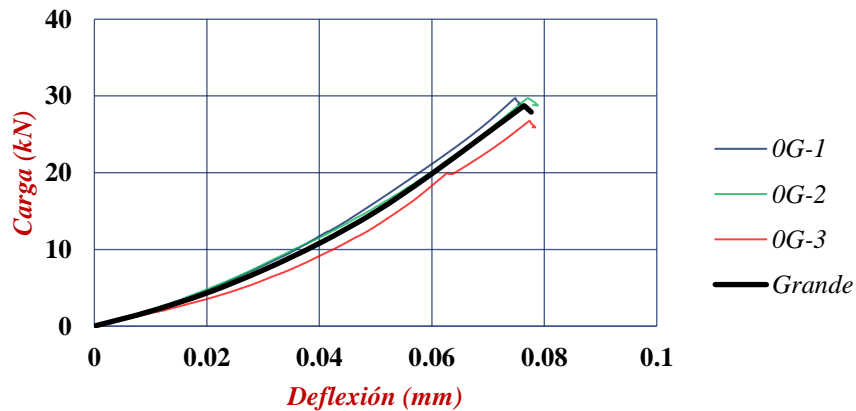
3.1.2. Análisis del efecto tamaño en las gráficas carga vs deflexión y resistencias residuales

A partir de los datos obtenidos luego de ensayar a flexión las probetas prismáticas, se dibujaron curvas que representan la relación carga vs deflexión y esfuerzo vs deflexión, de tal manera que se pueda analizar el fenómeno de efecto tamaño. Inicialmente se realizó el análisis hasta el límite de proporcionalidad de la carga (L_{Lop}) en hormigón simple, reforzado con 3kg/m^3 y 6kg/m^3 de fibra, para luego enfocar el análisis en las cargas residuales.

Hormigón simple sin fibras:

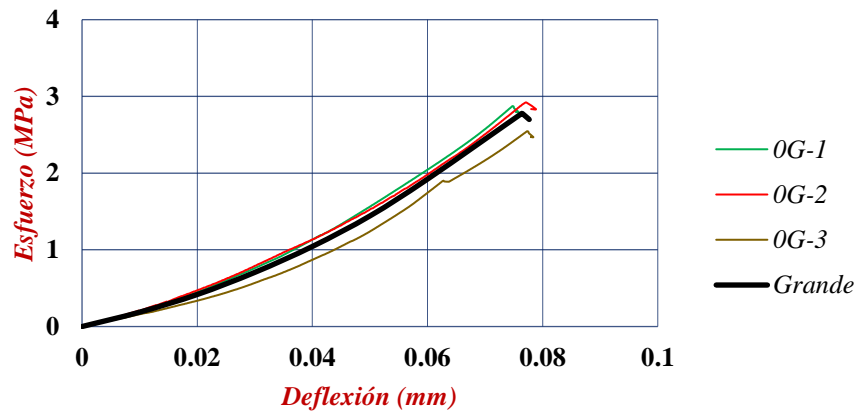
Se ensayaron 9 probetas de hormigón simple sin fibras, 3 para cada tamaño planteado de tal forma que se obtuvieron las características principales de cada espécimen, las figuras 13 y 14 representan la curva carga vs deflexión y esfuerzo vs deflexión correspondiente a las probetas grandes con dimensión $D=300\text{ mm}$, así mismo en las figuras 15 y 16 se aprecia la gráfica correspondiente a los especímenes correspondiente al tamaño mediano $D=200\text{ mm}$ lo propio con los elementos pequeños representados en la figuras 17 y 18. Luego de las gráficas, se plantearon las tablas 13, 14 y 15 que resumen las cargas, esfuerzos y deflexiones principales de cada probeta ensayada. El reporte completo se detalla en la sección Anexos.

Figura 13. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D= 300\text{ mm}$ en hormigón simple sin fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 14. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D= 300$ mm en hormigón simple sin fibras



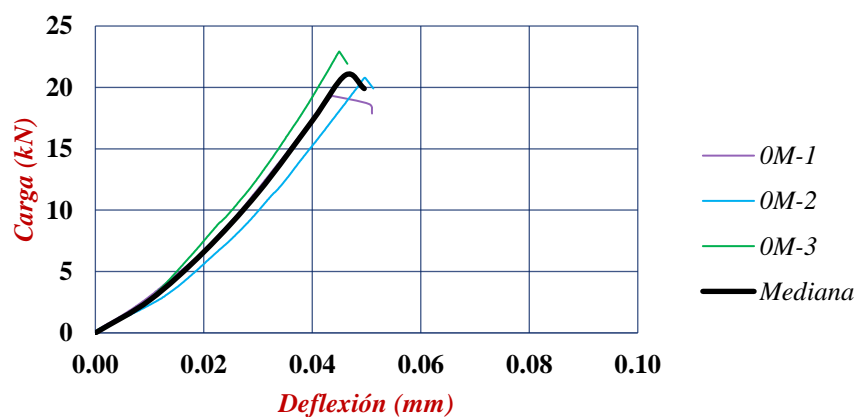
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 13. Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas $D=300$ mm en hormigón simple sin fibras

Probetas $D=300$ mm (Grande) con hormigón sin fibras			
Probeta	Deflexión (mm)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo (f_{lop}) (Mpa)
0G-1	0.07	29696.84	2.87
0G-2	0.08	29702.82	2.92
0G-3	0.08	26727.16	2.55
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.20
Promedio	0.08	28708.94	2.78

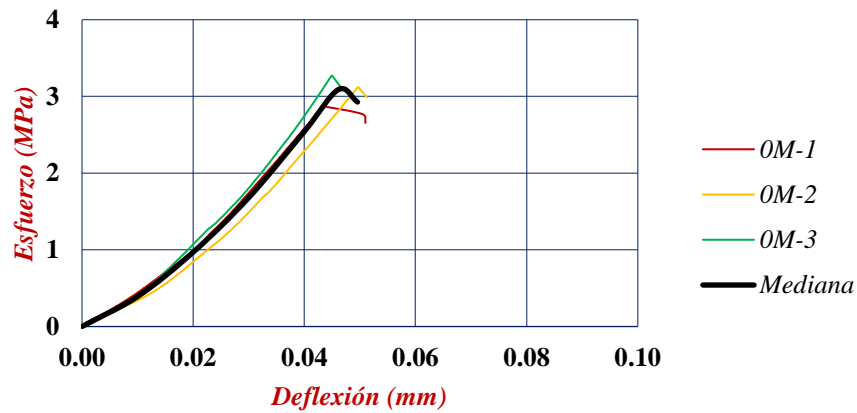
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 15. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D=200$ mm con hormigón simple sin fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 16. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=200\text{mm}$ con hormigón simple sin fibras



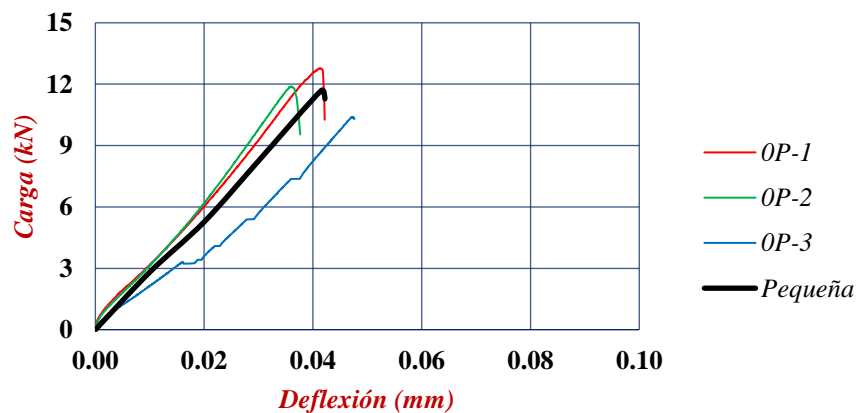
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 14. Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas $D=200\text{mm}$ con hormigón simple sin fibras

Probetas $D=200\text{mm}$ (Mediana) con hormigón sin fibras			
Probeta	Deflexión (mm)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo (f_{lop}) (Mpa)
0M-1	0.04	19305.23	2.87
0M-2	0.05	20784.70	3.12
0M-3	0.04	22923.15	3.27
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.20
Promedio	0.05	21004.36	3.09

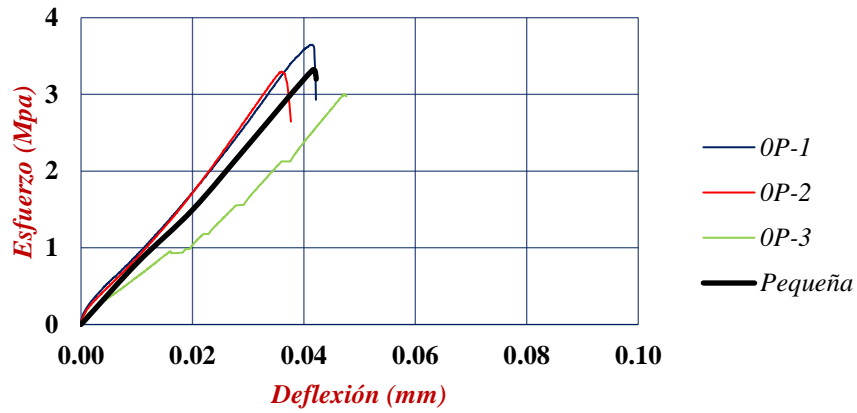
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 17. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D=100\text{ mm}$ con hormigón simple sin fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 18. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=100$ mm con hormigón simple sin fibras



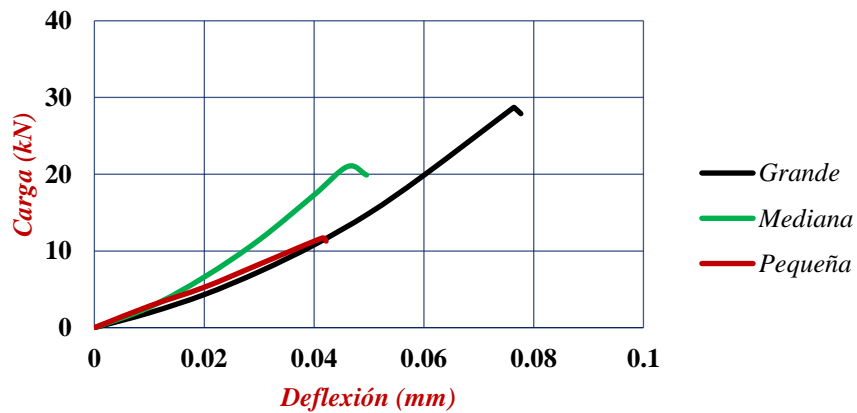
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 15. Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas $D=100$ mm con hormigón simple sin fibras

Probetas $D=100$ mm con hormigón sin fibras			
Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (f_{lop}) (Mpa)
OP-1	0.04	12773.68	3.65
OP-2	0.04	11894.31	3.30
OP-3	0.05	10403.40	3.00
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.32
Promedio	0.04	11690.46	3.32

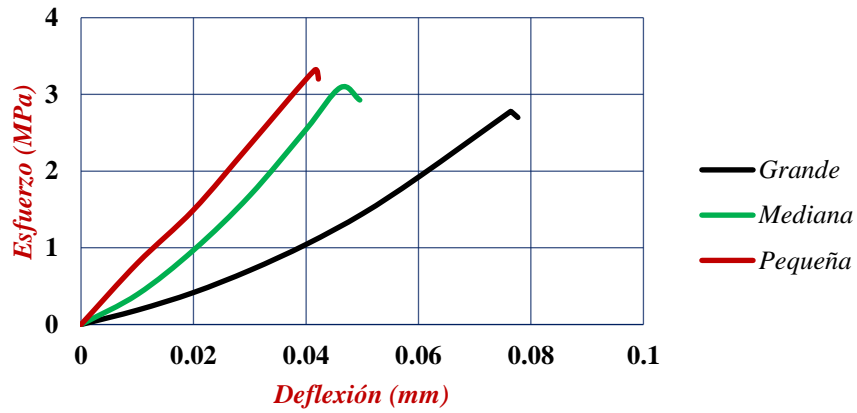
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 19. Curvas promedio carga vs deflexión obtenida para las probetas $D=300$ mm, 200 mm, 100mm con hormigón simple sin fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 20. Curvas promedio esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=300\text{mm}$, 200mm , 100mm con hormigón simple sin fibras



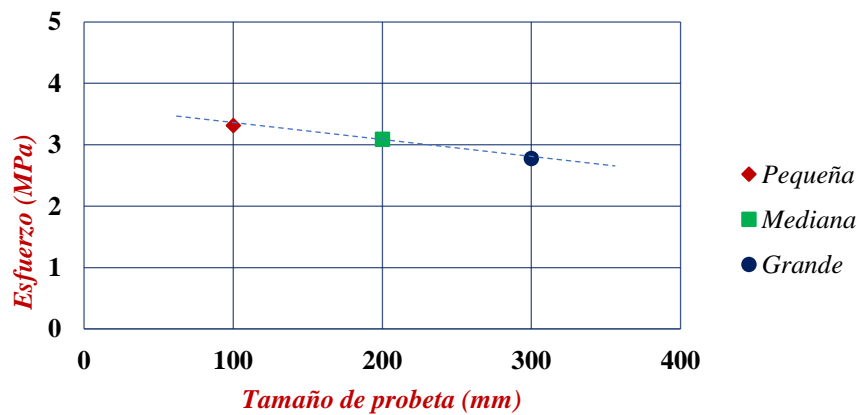
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 16. Resumen de esfuerzos y deflexiones promedio para cada tamaño de probeta con hormigón simple sin fibras

Tamaño	Deflexión (mm)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo (f_{lop}) (Mpa)
D=300mm (grande)	0.08	28708.94	2.78
D=200mm (mediana)	0.05	21004.36	3.09
D=100mm (pequeña)	0.04	11690.46	3.32

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 21. Esfuerzo vs dimensión de espécimen obtenida para las probetas de hormigón simple sin fibras $D=300\text{ mm}$, 200 mm , 100mm



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

La **Figura 21** muestra el esfuerzo máximo (f_{lop}) promedio resistido por las probetas endurecidas de hormigón simple sin fibras para cada tamaño, se aprecia que la resistencia disminuye conforme el tamaño del espécimen aumenta. Se observa que en las probetas grandes se alcanza una resistencia de 2.78 Mpa, para especímenes medianos 3.09 Mpa y vigas pequeñas 3.32 Mpa. En este caso el esfuerzo de las vigas grandes disminuye un 16% con respecto a las pequeñas. Estas variaciones ratifican el fenómeno del efecto tamaño en hormigón simple. Lo propio sucede con la deflexión donde se aprecia una deflexión mayor en las probetas grandes con 0.08mm aproximadamente, seguidas de las medianas con 0.05 mm y finalmente las pequeñas con 0.04mm.

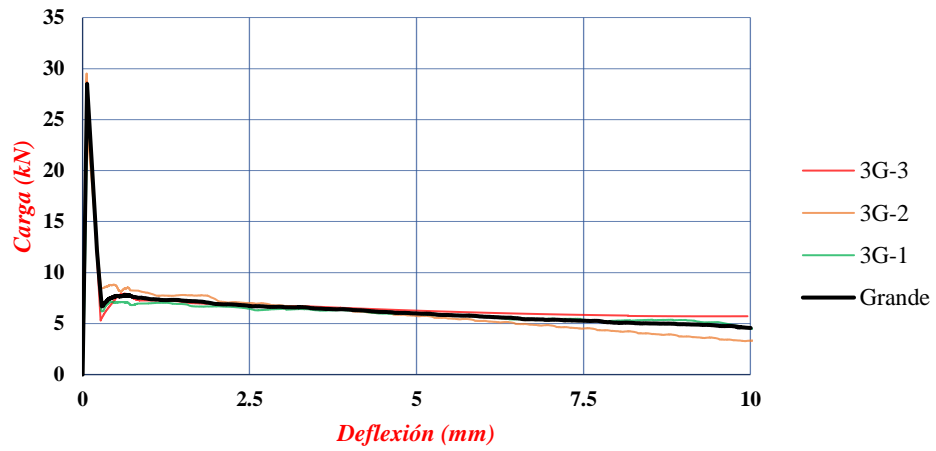
Estos resultados son los esperados puesto que en investigaciones previas se demuestra que producto del fenómeno de efecto tamaño la resistencia disminuye un promedio de 36.15% en hormigones simples en base a (H. Cifuentes and F. Medina) [2], [5], (J.R. Carmona and G. Ruiz)[12], (M. Beygi, M. Kazemi, J. Vasegui, I. Nikbin, S. Rabbanifar and E. Tahmani) [28]

Las deflexiones concuerdan con las propuestas por la norma ASTM C 1609 en la que se indica que la deflexión en el punto de rotura de la probeta será aproximadamente la longitud libre del elemento sobre 900 ($L/900$) \pm 0.1 mm[23].

Hormigón dosificado con 3kg/m³ de fibra:

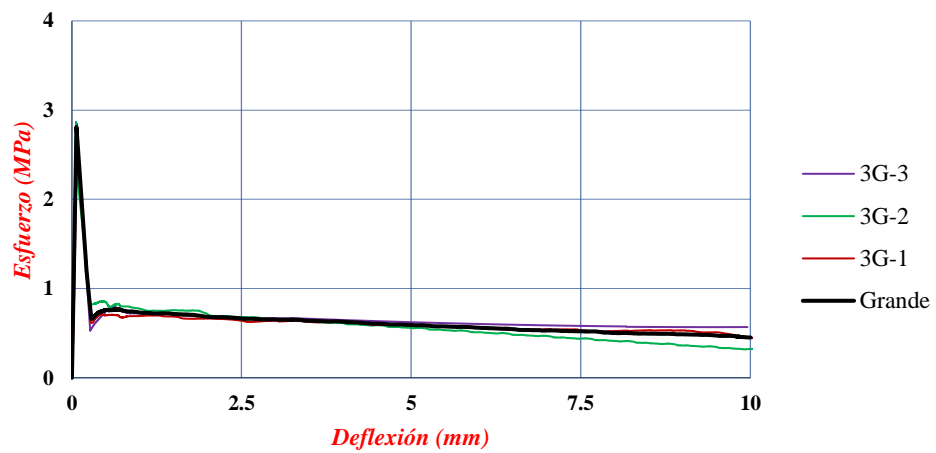
Se ensayó a flexión 9 vigas dosificadas con 3kg/m³ de fibra, 3 de ellas correspondientes a una dimensión D=300mm, otras 3 con dimensión D=200 mm y el resto con dimensión D=100 mm. Todas las probetas se ensayaron hasta una deflexión máxima de 10 mm. Las figuras **22, 23, 24, 25, 26 y 27** muestran las curvas características para cada tamaño de espécimen. En las tablas **17, 18 y 19** se presentan los valores de carga, deflexión y resistencia correspondientes al esfuerzo f_{lop} determinado como el esfuerzo máximo alcanzado por la probeta durante el ensayo, f_{r1} , f_{r2} , f_{r3} y f_{r4} calculados a una deflexión de 0.5mm, 1.5 mm, 2.5mm y 3.5mm respectivamente para cada probeta, estas servirán para el análisis del efecto tamaño en las resistencias residuales en el próximo apartado.

Figura 22. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D= 300$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 23. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=300$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras



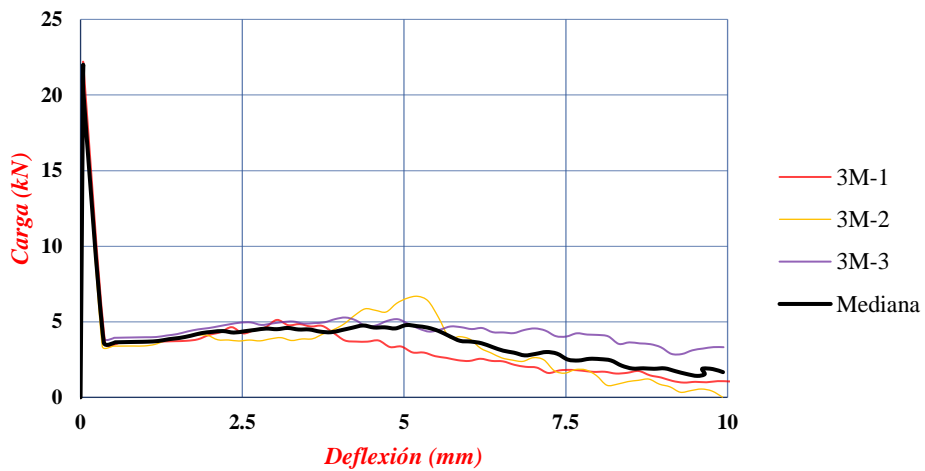
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 17. Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas $D=300$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras

Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)
3-G1	0.07	27294.10	2.71	0.70	0.69	0.64	0.63
3-G2	0.06	29532.91	2.87	0.85	0.76	0.68	0.63
3-G3	0.07	28692.91	2.85	0.74	0.71	0.68	0.66
Desviación estándar			0.09	0.07	0.04	0.02	0.02
Promedio	0.07	28506.64	2.81	0.76	0.72	0.67	0.64

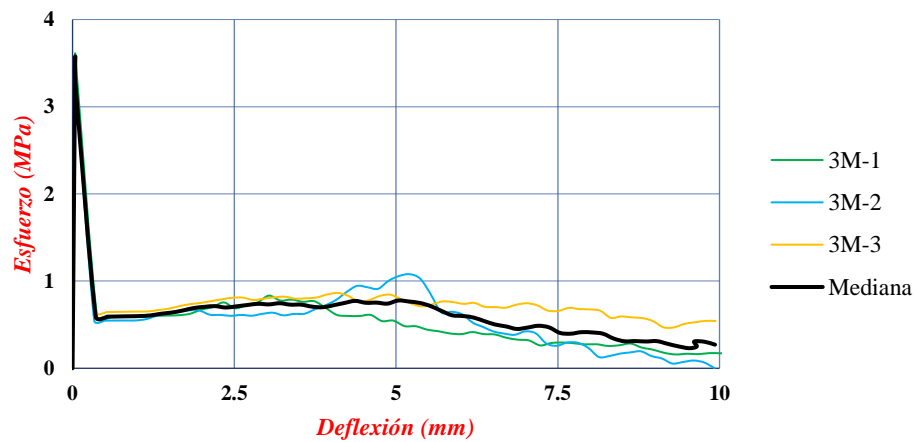
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 24. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D=200$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 25. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=200$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras



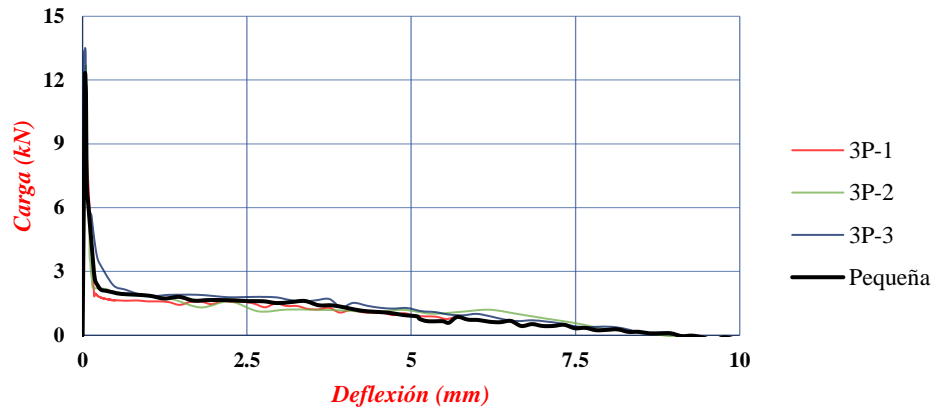
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 18. Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas $D= 200$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras

Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)
3M-1	0.04	22208.05	3.61	0.59	0.60	0.69	0.76
3M-2	0.03	21254.06	3.43	0.55	0.63	0.60	0.63
3M-3	0.05	21929.02	3.59	0.63	0.68	0.81	0.80
Desviación estándar			0.10	0.04	0.04	0.10	0.09
Promedio	0.04	21797.04	3.54	0.59	0.64	0.70	0.73

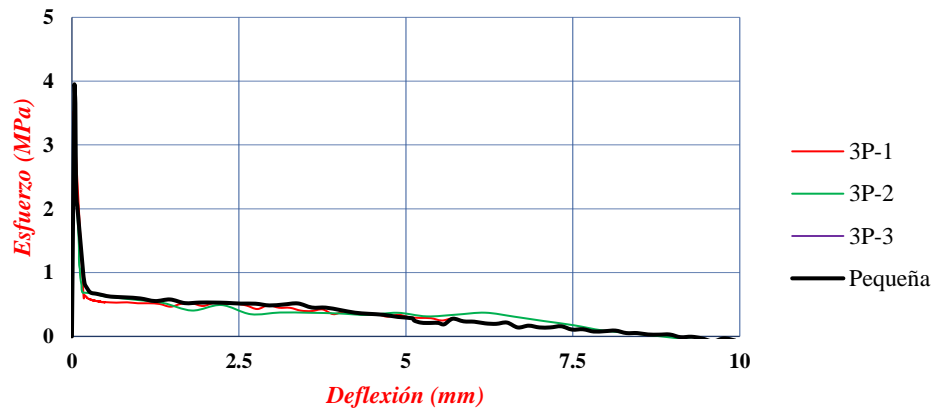
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 26. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D= 100$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 27. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=100$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras



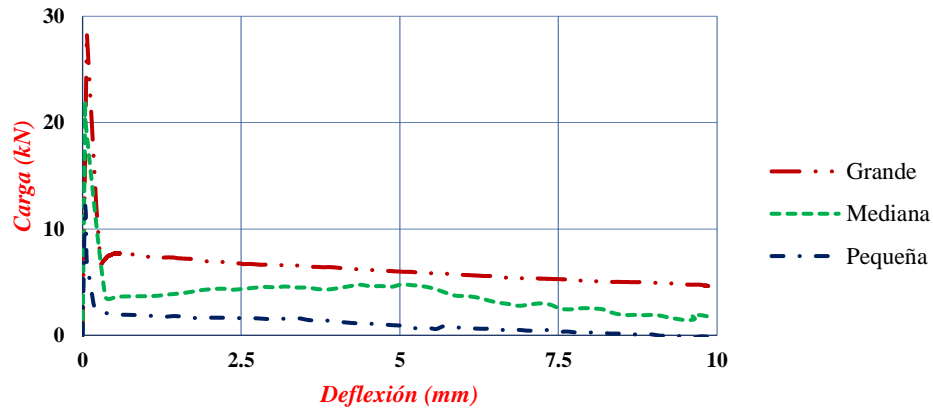
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 19. Resumen de esfuerzos y deflexiones para las probetas $D= 100$ mm en hormigón con 3kg/m^3 de fibras

Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)
3P-1	0.03	10828.52	3.53	0.54	0.47	0.51	0.40
3P-2	0.05	12675.29	3.92	0.63	0.53	0.35	0.37
3P-3	0.04	13507.84	4.41	0.77	0.62	0.59	0.54
Desviación estándar			0.44	0.12	0.08	0.12	0.09
Promedio	0.04	12337.22	3.95	0.65	0.54	0.48	0.44

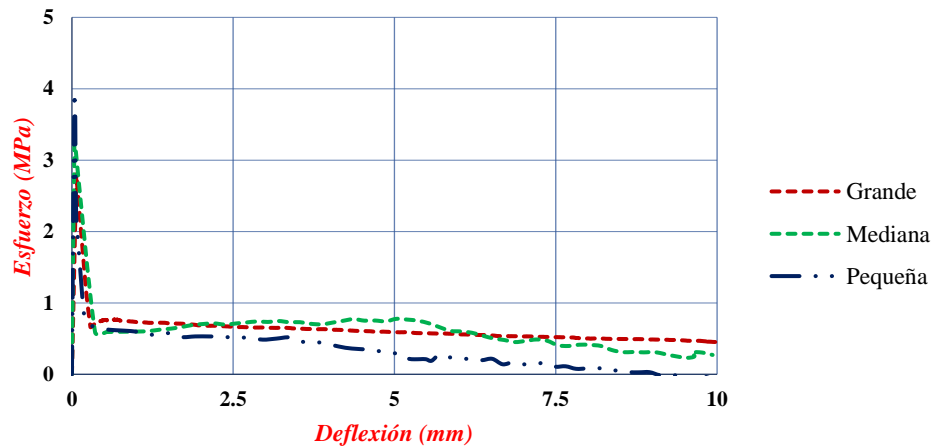
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 28. Curvas promedio carga vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 3kg/m^3 de fibras $D=300$ mm, 200 mm, 100mm .



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 29. Curvas promedio esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 3kg/m^3 de fibras $D=300$ mm, 200 mm, 100mm .



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 20. Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas de hormigón con 3kg/m^3 de fibras $D=300\text{mm}$, 200mm , 100mm .

Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)
D=300mm (grande)	0.07	28506.64	2.81	0.76	0.72	0.67	0.64
D=200mm (mediana)	0.04	21797.04	3.54	0.59	0.64	0.70	0.73
D=100mm (pequeña)	0.04	12337.22	3.95	0.65	0.54	0.48	0.44

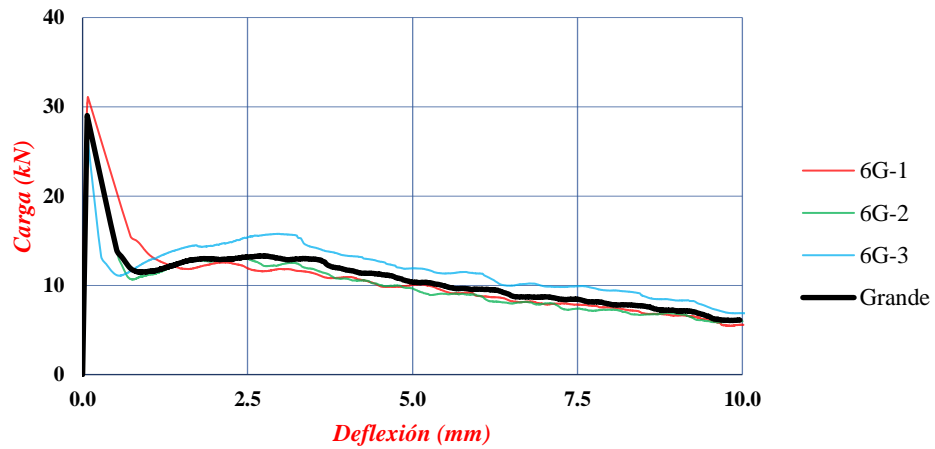
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En las figuras **28** y **29** se observan las curvas características promedio carga – deflexión y esfuerzo – deflexión para cada tamaño de probeta, se aprecia que la tenacidad junto con las resistencias residuales aumenta con el tamaño del espécimen. La ruptura de las probetas pequeñas se da a una deflexión aproximada de 9mm. La **Figura 29** a su vez nos muestra que el esfuerzo f_{lop} en probetas con altura $D=300$ mm es de 2.81 Mpa, 3.54 Mpa para aquellas con alturas $D=200$ mm y 3.95 Mpa para las pequeñas. Haciendo evidente una disminución de esfuerzos del 40.56 %.

Hormigón Dosificado con 6kg/m^3 de fibras:

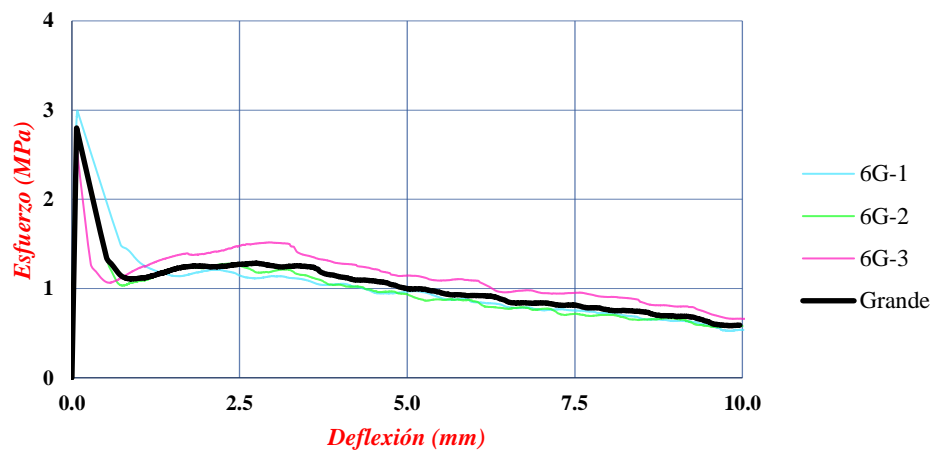
Se presenta el comportamiento a flexión de las probetas dosificadas con 6kg/m^3 de fibra en las figuras **30**, **31**, **32**, **33**, **34** y **35** donde se representan las curvas carga vs deflexión y esfuerzo deflexión para cada tamaño de probeta, de la misma manera que en el apartado anterior, se plantean tablas en las que se especifican los esfuerzos f_{lop} , f_{min} , f_{r1} , f_{r2} , f_{r3} , f_{r4} y f_{rem} . El esfuerzo f_{min} , se calcula como el mínimo valor alcanzado luego de la ruptura inicial de la probeta mientras que el f_{rem} es el máximo esfuerzo alcanzado post-fisuración del espécimen ensayado, f_{r1} , f_{r2} , f_{r3} , f_{r4} calculados a una deflexión de 0.5mm, 1.5mm, 2.5mm y 3.5mm, respectivamente.

Figura 30. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D=300\text{mm}$ en hormigón con 6 kg/m^3 de fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 31. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=300\text{mm}$ en hormigón con 6 kg/m^3 de fibras



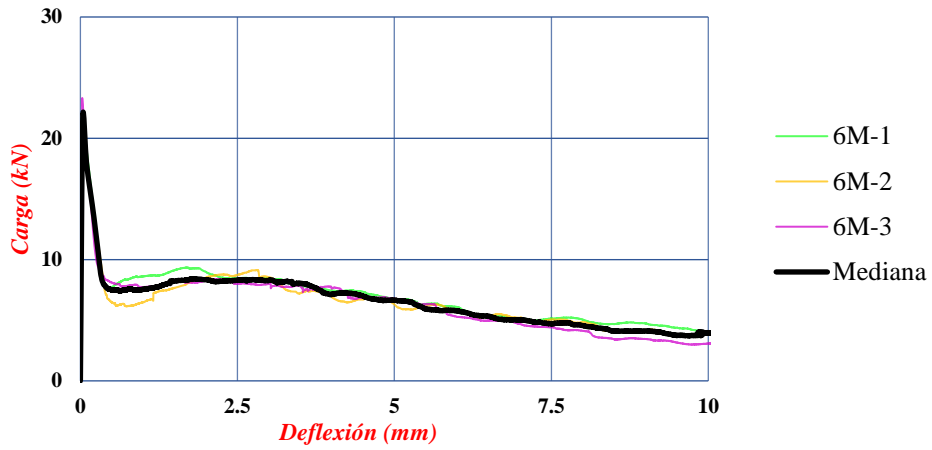
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 21. Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas $D=300\text{ mm}$ en hormigón con 6kg/m^3 de fibras

Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{min} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)	f_{rem} (Mpa)
6G-1	0.08	31094.87	2.99	1.14	1.49	1.14	1.15	1.09	1.30
6G-2	0.06	28746.60	2.79	1.03	1.28	1.21	1.26	1.15	1.28
6G-3	0.07	27253.79	2.62	1.07	1.08	1.36	1.48	1.37	1.52
Desviación estándar			0.19	0.05	0.21	0.11	0.17	0.15	0.13
Promedio	0.07	29031.75	2.80	1.08	1.28	1.24	1.30	1.20	1.37

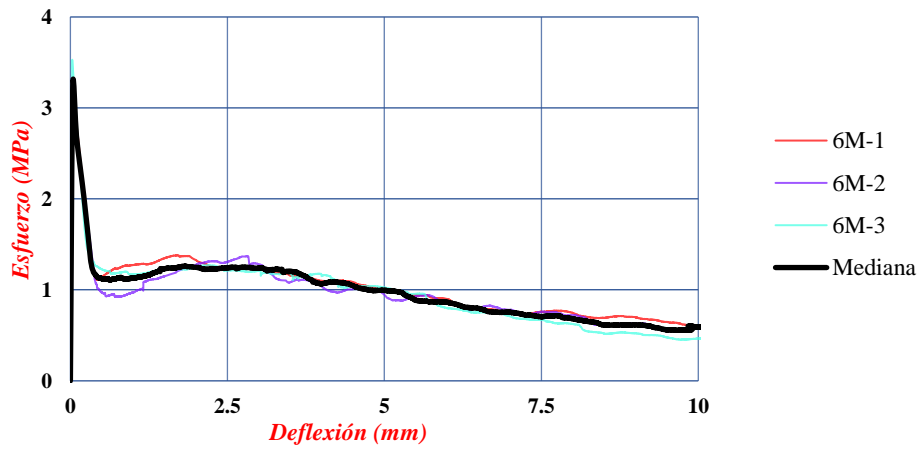
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 32. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D=200\text{mm}$ en hormigón con 6 kg/m^3 de fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 33. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=200\text{mm}$ en hormigón con 6 kg/m^3 de fibras



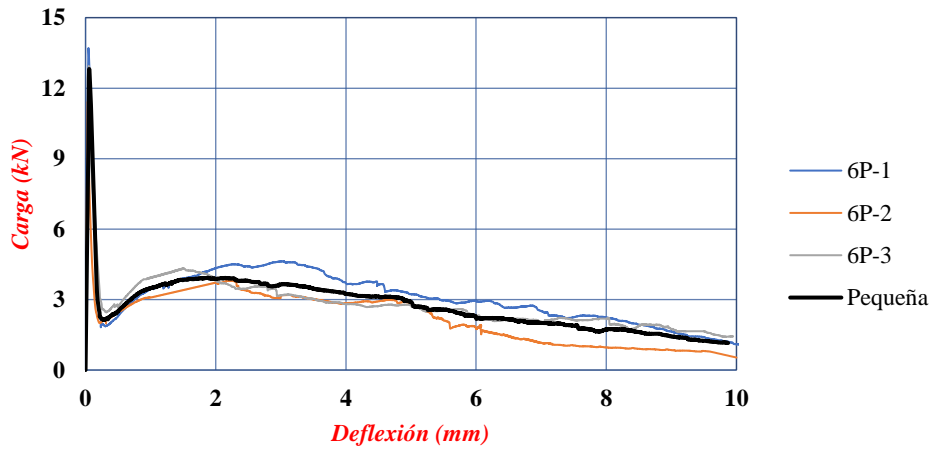
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 22. Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas $D=200\text{ mm}$ en hormigón con 6kg/m^3 de fibras

Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{min} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)	f_{rem} (Mpa)
6M-1	0.04	21767.93	3.22	1.11	1.14	1.35	1.25	1.16	1.38
6M-2	0.05	20071.66	3.01	0.92	0.97	1.15	1.31	1.08	1.37
6M-3	0.03	23313.52	3.53	1.17	1.22	1.24	1.21	1.18	1.27
Desviación estándar			0.26	0.13	0.13	0.10	0.05	0.05	0.06
Promedio	0.04	21717.70	3.25	1.07	1.11	1.24	1.26	1.14	1.34

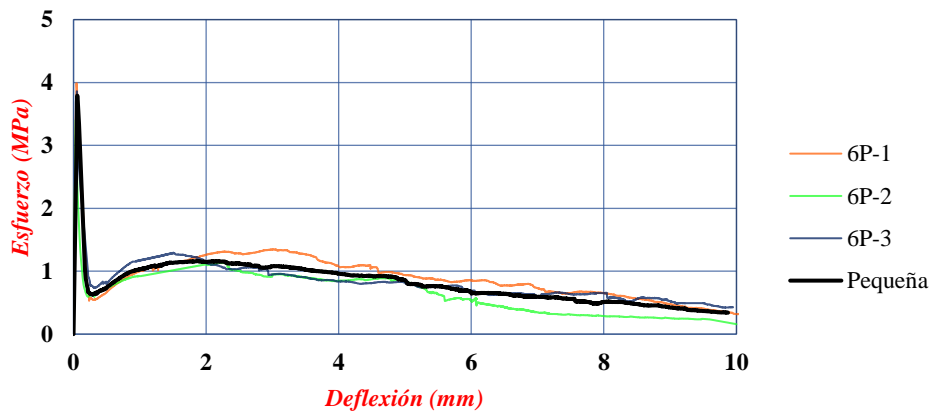
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 34. Curva carga vs deflexión obtenida para las probetas $D=100\text{mm}$ en hormigón con 6 kg/m^3 de fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 35. Curva esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas $D=100\text{mm}$ en hormigón con 6 kg/m^3 de fibras



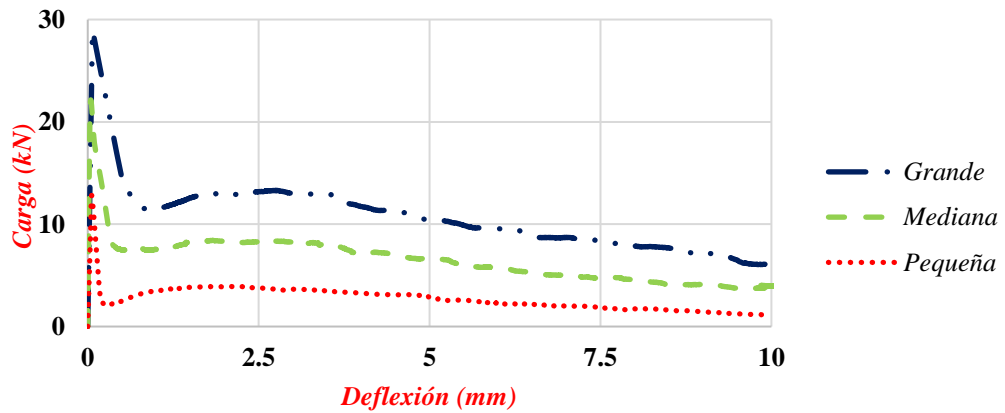
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 23. Resumen de esfuerzos y deflexión para probetas $D=100\text{mm}$ en hormigón con 6kg/m^3 de fibras

Probeta	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{min} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)	f_{rem} (Mpa)
6P-1	0.04	13709.74	3.99	0.53	0.67	1.13	1.29	1.27	1.35
6P-2	0.03	11422.47	3.41	0.59	0.74	1.01	1.01	0.90	1.14
6P-3	0.05	12948.08	3.86	0.73	0.80	1.28	1.04	0.90	1.30
Desviación estándar			0.31	0.10	0.07	0.14	0.15	0.21	0.11
Promedio	0.04	12693.43	3.75	0.62	0.74	1.14	1.11	1.02	1.26

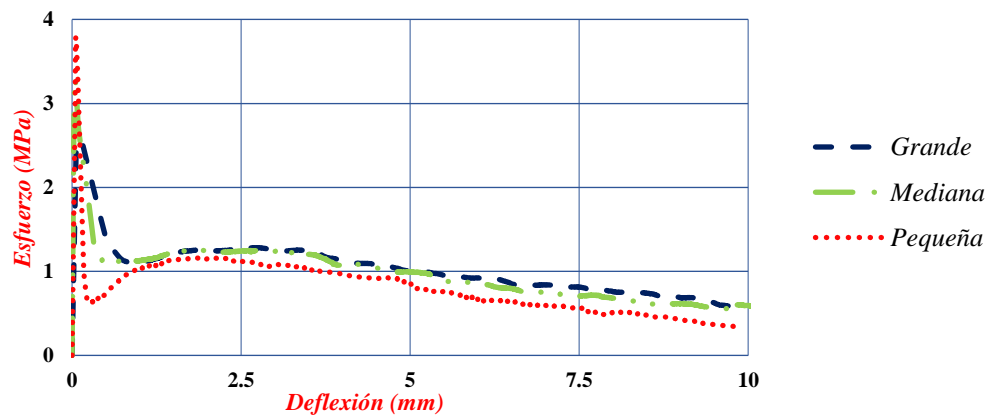
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 36. Curvas promedio carga vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 6kg/m^3 de fibras $D=300\text{ mm}$, 200 mm , 100mm .



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 37. Curvas promedio esfuerzo vs deflexión obtenida para las probetas de hormigón con 6kg/m^3 de fibras $D=300\text{ mm}$, 200 mm , 100mm



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 24. Resumen de esfuerzos y deflexiones para probetas de hormigón con 6kg/m^3 de fibras $D=300\text{mm}$, 200mm , 100mm

Tamaño	Deflexión (mm)	Carga máxima (N)	f_{lop} (Mpa)	f_{min} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)	f_{rem} (Mpa)
D=300mm (grande)	0.07	29031.75	2.80	1.08	1.28	1.24	1.29	1.20	1.36
D=200mm (mediana)	0.04	21717.70	3.25	1.07	1.11	1.24	1.26	1.14	1.34
D=100mm (pequeña)	0.04	12693.43	3.75	0.62	0.74	1.14	1.11	1.02	1.26

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En las figuras **36 y 37** se aprecian las curvas características promedio carga-deflexión y esfuerzo-deflexión para cada tamaño de probeta ensayada, se observa un comportamiento similar con respecto a tenacidad y resistencias residuales en la zona post-fisuración de la curva media para las probetas grandes y medianas hasta los 10 mm de deflexión analizados, sin embargo para el caso de las probetas pequeñas la tenacidad junto con la resistencia residual tiende a disminuir respecto a los otros dos tamaños. Se observa que el esfuerzo f_{lop} en las vigas de mayor tamaño alcanzó un valor de 2.80 Mpa, las intermedias 3.25 Mpa y las pequeñas 3.75 Mpa. Mostrando una disminución de esfuerzos de aproximadamente 34%.

Los resultados obtenidos son los esperados puesto que en estudios previos se evidencia pérdidas de resistencia en el límite de proporcionalidad f_{lop} de hormigones reforzados con fibra de hasta un 42.85% causada por el efecto tamaño (A. Curi, J. Gálvez and M. García) [3](H. Cifuentes and F. Medina) [5](M. Rezard Ghasemi and Roohollah Mousavi) [29]

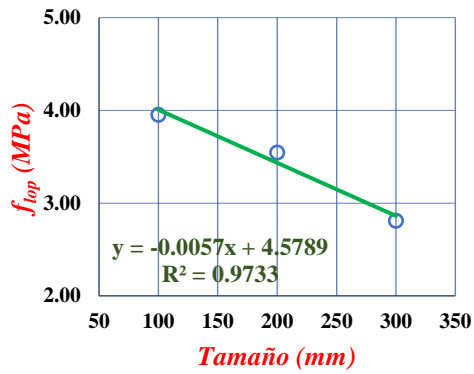
Comparación entre las resistencias residuales vs dimensiones de las probetas ensayadas

En este apartado se inició con el análisis del efecto tamaño en las resistencias residuales registradas luego de la fisuración de las probetas prismáticas de hormigón reforzado con fibras, tanto para aquellas dosificadas con 3kg/m^3 y 6kg/m^3 .

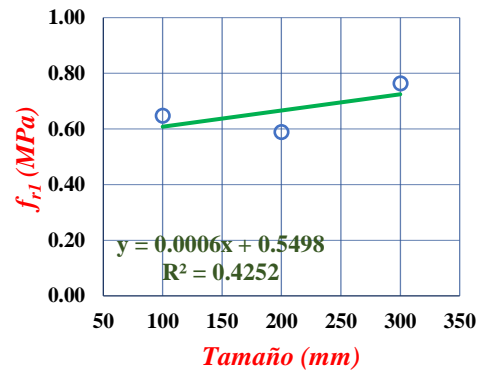
Hormigón 3kg/m^3 de fibras

Se presentan gráficas comparativas entre el esfuerzo de tensión en el límite de proporcionalidad f_{lop} , las resistencias residuales f_{r1} , f_{r2} , f_{r3} , f_{r4} y la dimensión D de las probetas ensayadas. Se obtuvo el esfuerzo f_{lop} tomando el máximo valor de la resistencia del hormigón, mientras que para el resto de las resistencias residuales se tomará dicha magnitud a una deflexión de 0.5 mm para f_{r1} , 1.5 mm para f_{r2} , 2.5 mm para f_{r3} y 3.5 mm para f_{r4} . En la Tabla 25 se resume los esfuerzos indicados en las gráficas.

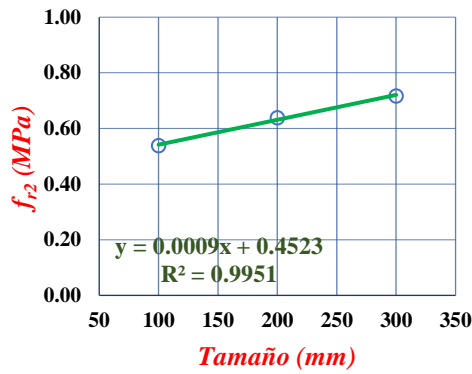
Figura 38. Esquema f_{lop} (a), f_{r1} (b), f_{r2} (c), f_{r3} (d) y f_{r4} (e) vs tamaño de las probetas con 3kg/m^3 de fibras



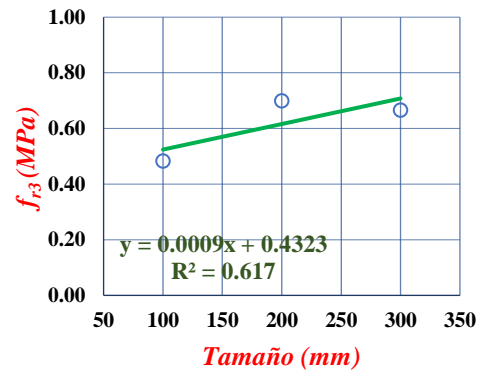
(a)



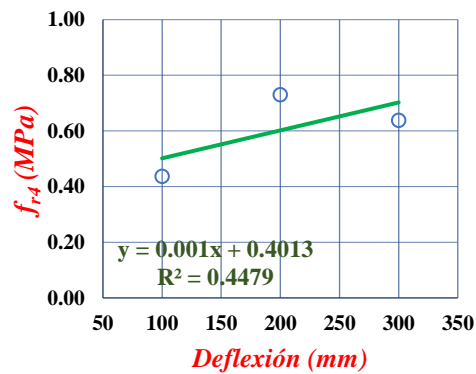
(b)



(c)



(d)



(e)

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 25. Resumen resistencias residuales vs tamaño de las probetas ensayadas

Tamaño	f_{lop} (Mpa)	f_{r1} (Mpa)	f_{r2} (Mpa)	f_{r3} (Mpa)	f_{r4} (Mpa)
D=300 (Grandes)	2.81	0.76	0.72	0.67	0.64
D=200 (Medianas)	3.54	0.59	0.64	0.70	0.73
D= 100 (Pequeñas)	3.95	0.65	0.54	0.48	0.44

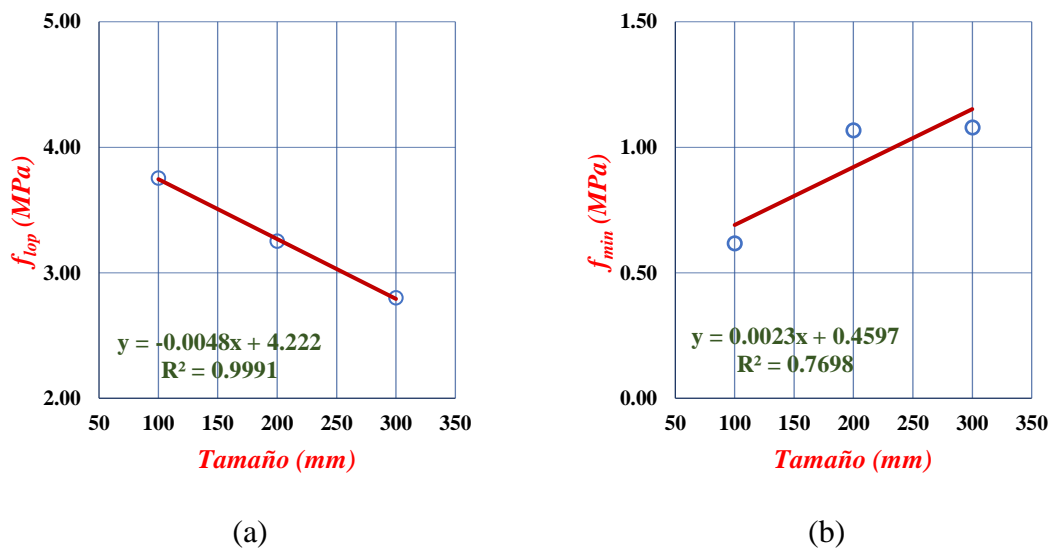
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

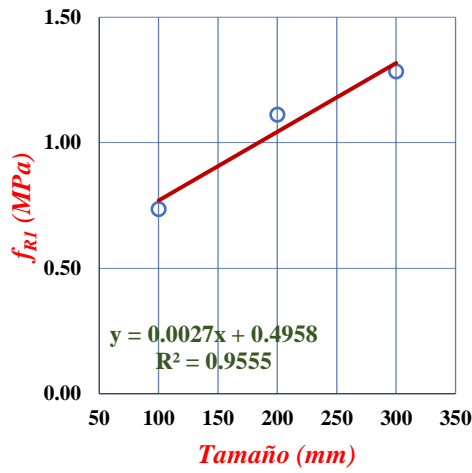
En la **Figura 26** se observa que la resistencia f_{lop} disminuye conforme el tamaño de la probeta aumenta, todo lo contrario, a lo que ocurre en las resistencias post-fisuración del hormigón pues se evidencia que los esfuerzos residuales crecen cuanto mayor es el espécimen.

Hormigón 6 kg/m³ de fibras

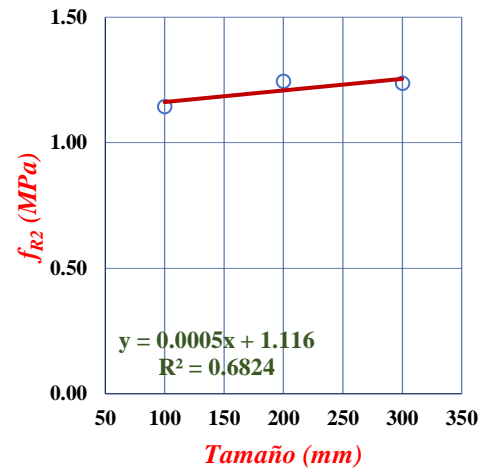
Se presentan gráficas comparativas entre el esfuerzo de tensión en el límite de proporcionalidad f_{lop} , las resistencias residuales f_{min} , f_{r1} , f_{r2} , f_{r3} , f_{r4} , f_{rem} y la dimensión D de las probetas ensayadas. Se obtuvo el esfuerzo f_{lop} tomando el máximo valor de la resistencia del hormigón, mientras que para el resto de los esfuerzos residuales se tomará el respectivo valor a una deflexión de 0.5 mm para f_{r1} , 1.5 mm para f_{r2} , 2.5 mm para f_{r3} y 3.5 mm para f_{r4} . Los esfuerzos correspondientes a f_{min} y f_{rem} se calcularán de acuerdo con lo explicado en el apartado anterior.

Figura 39. Esquema f_{lop} (a), f_{min} (b), f_{r1} (c), f_{r2} (d), f_{r3} (e) y f_{r4} (f), f_{rem} (g) vs tamaño de las probetas con 6kg/m³ de fibras

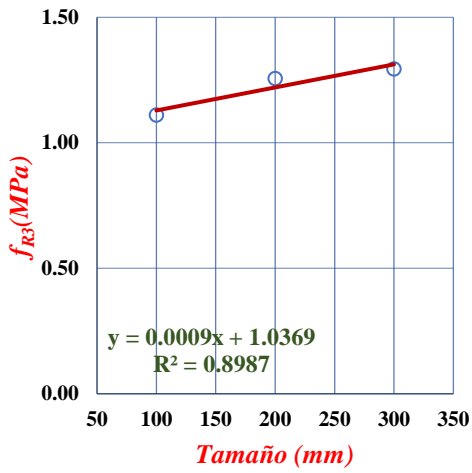




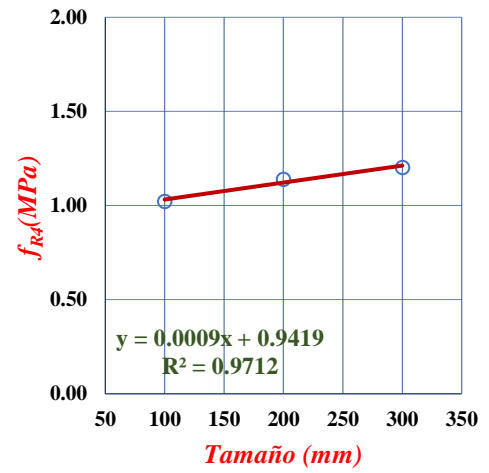
(c)



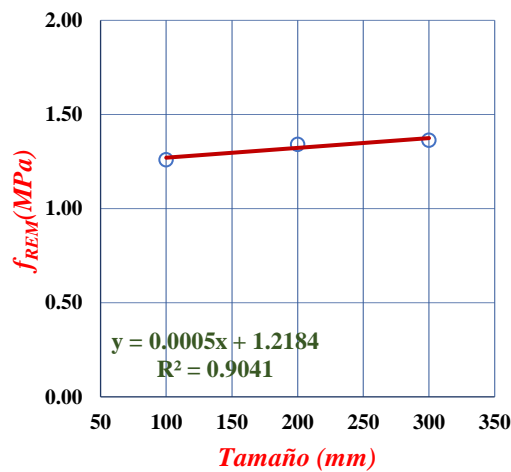
(d)



(e)



(f)



(g)

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En la Figura 39 podemos observar como la recta f_{lop} tiende a disminuir conforme el tamaño de la probeta aumenta, sin embargo, al analizar las resistencias residuales se observa que este comportamiento no se mantiene, si no que el esfuerzo toma una línea de tendencia progresiva es decir aumenta a medida que el tamaño de la probeta lo hace.

El comportamiento observado en la zona gobernada por las resistencias residuales de las probetas con HRFPP se ratifica en las investigaciones realizadas por (A. Curi, J. Gálvez and M. García) [3](W. Ramírez, J. Gálvez, M. García and A. Enfedaque) [30].

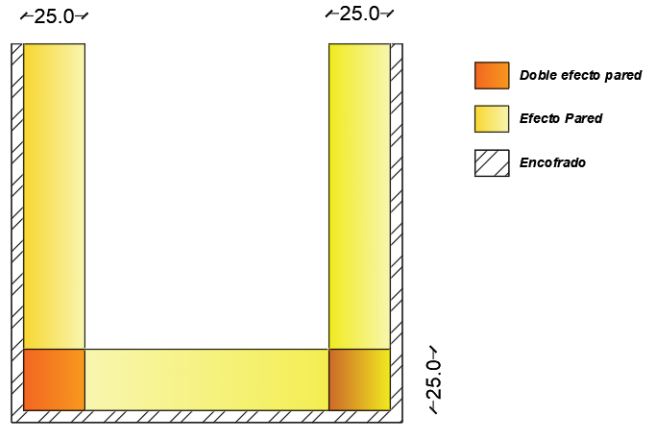
3.1.3. Influencia del coeficiente de orientación de fibras y su efecto en las propiedades mecánicas de fractura

Como se evidenció en la sección anterior las gráficas esfuerzos residuales vs tamaño de probeta muestran como la resistencia aumenta conforme el tamaño lo hace, ya sea con dosificaciones de 3 kg/m³ o 6 kg/m³ de fibras. Esto no nos permite demostrar la presencia del fenómeno de efecto tamaño en los esfuerzos residuales, por lo tanto, se procedió con el desacople del coeficiente de orientación. Las siguientes figuras muestran el coeficiente (θ) promedio en las secciones estudiadas para cada dosificación de hormigón, las mismas que luego se compararon con el esfuerzo alcanzado por cada tamaño de probeta.

Conteo de fibras

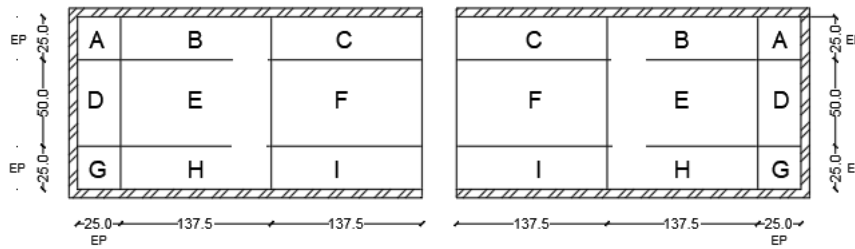
Se realizó el conteo de fibras en el plano de fractura de la probeta con el fin de obtener el coeficiente de orientación (θ). Se distinguen 3 tipos de fibra: rota, deslizada y mal ubicada. A continuación, se presenta el esquema de efecto pared y las áreas de estudio para cada tamaño de probeta.

Figura 40. Esquema efecto pared

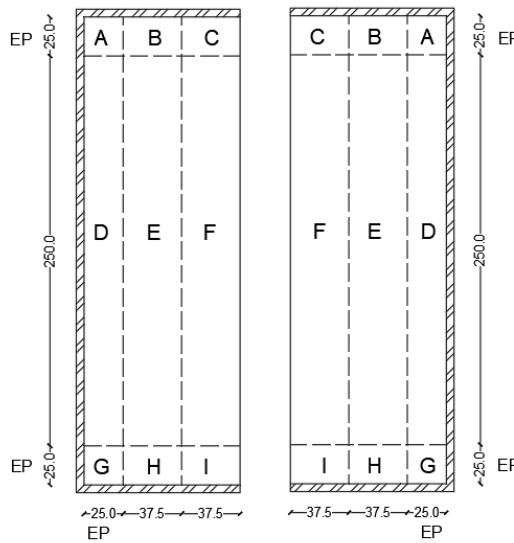


Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 41. Áreas de estudio para el conteo de fibras en probetas $D=300\text{mm}$ con 3 kg/m^3 (a) y 6 kg/m^3 (b)



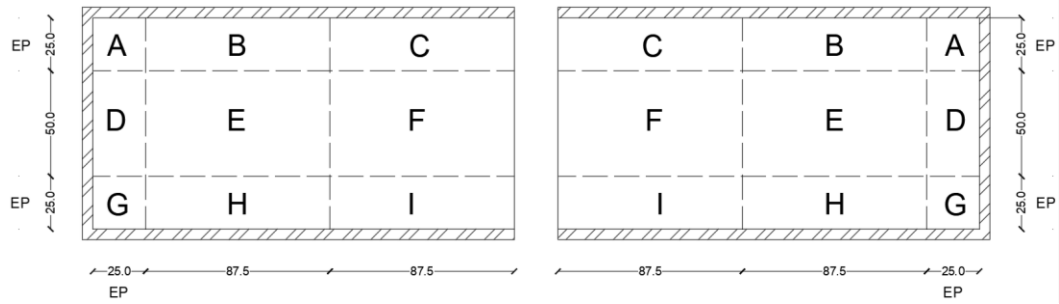
(a)



(b)

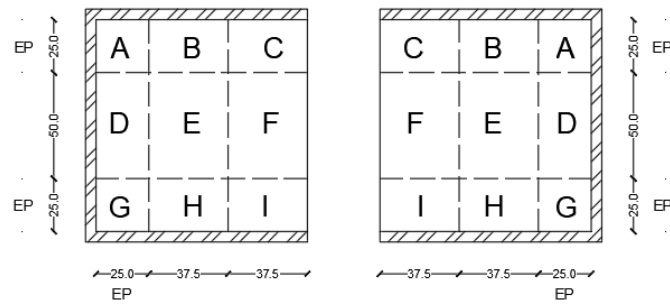
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 42. Áreas de estudio para el conteo de fibras en probetas $D=200\text{mm}$



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 43. Áreas de estudio para el conteo de fibras en probetas $D=100\text{mm}$



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los coeficientes de orientación por sección para cada tamaño de probeta ensayada:

Tabla 26. Resumen del coeficiente de orientación de las probetas ensayadas

Tipo de hormigón	θ en plano de fractura	θ (A)	θ (B)	θ (C)	θ (D)	θ (E)	θ (F)	θ (G)	θ (H)	θ (I)	θ (B+C)	θ (E+F)	θ (H+I)
Hormigón dosificado con 3kg/m³ de fibras													
Promedio general	0.37	0.89	0.56	0.28	0.56	0.39	0.19	0.67	0.41	0.22	0.42	0.29	0.31
3G-1	0.43	1.50	0.55	0.18	1.50	0.39	0.52	0.50	0.09	0.18	0.36	0.46	0.14
3G-2	0.44	0.50	0.73	1.27	0.25	0.35	0.13	0.50	0.27	0.36	1.00	0.24	0.32
3G-3	0.34	1.00	0.55	0.55	0.25	0.30	0.22	1.00	0.18	0.18	0.55	0.26	0.18
Promedio grandes	0.40	1.00	0.61	0.67	0.67	0.35	0.29	0.67	0.18	0.24	0.64	0.32	0.21
3M-1	0.30	1.00	0.57	0.14	0.75	0.21	0.07	0.50	0.29	0.29	0.36	0.14	0.29
3M-2	0.34	1.00	0.43	0.21	0.75	0.36	0.14	1.00	0.29	0.14	0.32	0.25	0.21
3M-3	0.38	1.00	0.57	0.14	0.75	0.43	0.14	0.50	0.57	0.14	0.36	0.29	0.36
Promedio medianas	0.34	1.00	0.52	0.17	0.75	0.33	0.12	0.67	0.38	0.19	0.35	0.23	0.29
3P-1	0.38	0.50	0.33	0.00	0.25	0.33	0.50	1.00	0.67	0.00	0.17	0.42	0.33
3P-2	0.28	0.50	0.67	0.00	0.25	0.17	0.00	0.50	0.67	0.33	0.33	0.08	0.50
3P-3	0.47	1.00	0.67	0.00	0.25	1.00	0.00	0.50	0.67	0.33	0.33	0.50	0.50
Promedio pequeñas	0.38	0.67	0.56	0.00	0.25	0.50	0.17	0.67	0.67	0.22	0.28	0.33	0.44
Hormigón dosificado con 6kg/m³ de fibras													
Promedio General	0.39	0.72	0.47	0.38	0.76	0.44	0.24	0.94	0.30	0.33	0.42	0.34	0.32
6G-1	0.38	0.25	1.17	0.33	0.37	0.31	0.35	0.75	0.50	0.33	0.75	0.33	0.42

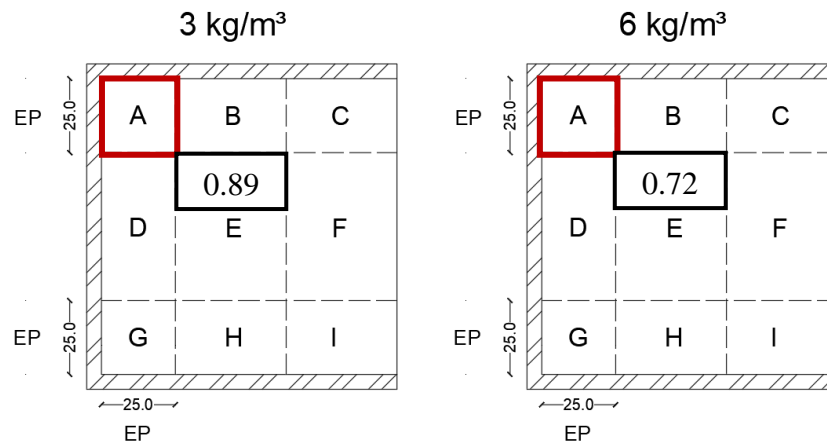
6G-2	035	0.50	0.67	0.67	0.20	0.40	0.27	0.75	0.50	0.33	0.67	0.34	0.42
6G-3	0.40	0.25	0.67	1.33	0.29	0.47	0.27	0.25	0.67	0.50	1.00	0.37	0.58
Promedio grandes	0.37	0.33	0.83	0.78	0.28	0.39	0.30	0.58	0.56	0.39	0.81	0.35	0.47
6M-1	0.42	1.75	0.21	0.07	1.25	0.45	0.10	2.75	0.21	0.21	0.14	0.28	0.21
6M-2	0.30	1.25	0.21	0.10	1.75	0.34	0.03	0.50	0.14	0.00	0.16	0.19	0.07
6M-3	0.32	1.00	0.14	0.07	1.46	0.43	0.07	1.00	0.21	0.07	0.11	0.25	0.14
Promedio medianas	0.35	1.33	0.19	0.08	1.49	0.41	0.07	1.42	0.19	0.10	0.14	0.24	0.14
6P-1	0.42	0.50	0.33	0.17	0.38	0.50	0.42	1.00	0.17	0.50	0.25	0.46	0.33
6P-2	0.39	0.25	0.33	0.33	0.63	0.33	0.08	1.25	0.33	0.50	0.33	0.21	0.42
6P-3	0.50	0.75	0.50	0.33	0.50	0.75	0.58	0.25	0.00	0.50	0.42	0.67	0.25
Promedio pequeñas	0.44	0.50	0.39	0.28	0.50	0.53	0.36	0.83	0.17	0.50	0.33	0.44	0.33

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona A)

La zona A de la superficie muestra un coeficiente de (θ) de 0.89 para las probetas dosificadas con 3kg/m^3 , mientras que para aquellas con 6kg/m^3 un coeficiente (θ) de 0.72. Se destaca que en esta zona la superficie de fractura se ve afectada por un efecto pared doble debido a los lados del molde.

Figura 44. Coeficiente de orientación en la zona A

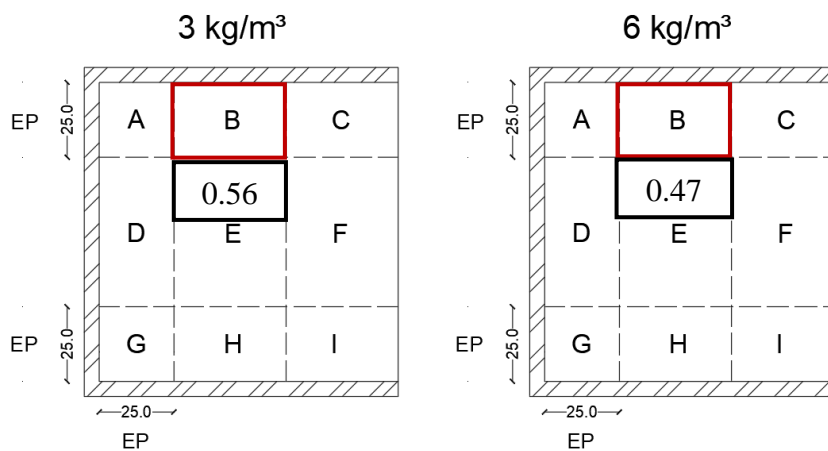


Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona B)

El coeficiente (θ) en esta zona muestra un valor de 0.56 y 0.47 para las probetas con 3 y 6kg/m^3 respectivamente.

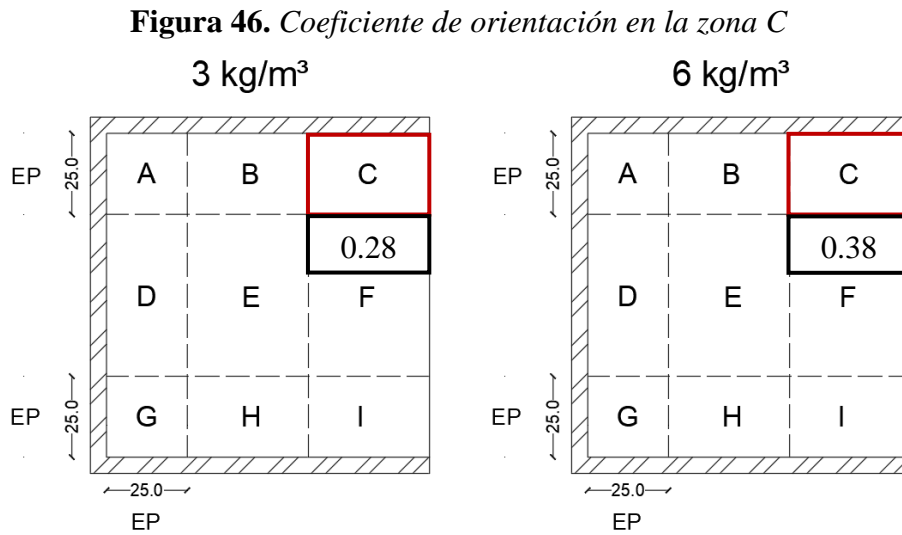
Figura 45. Coeficiente de orientación en la zona B



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona C)

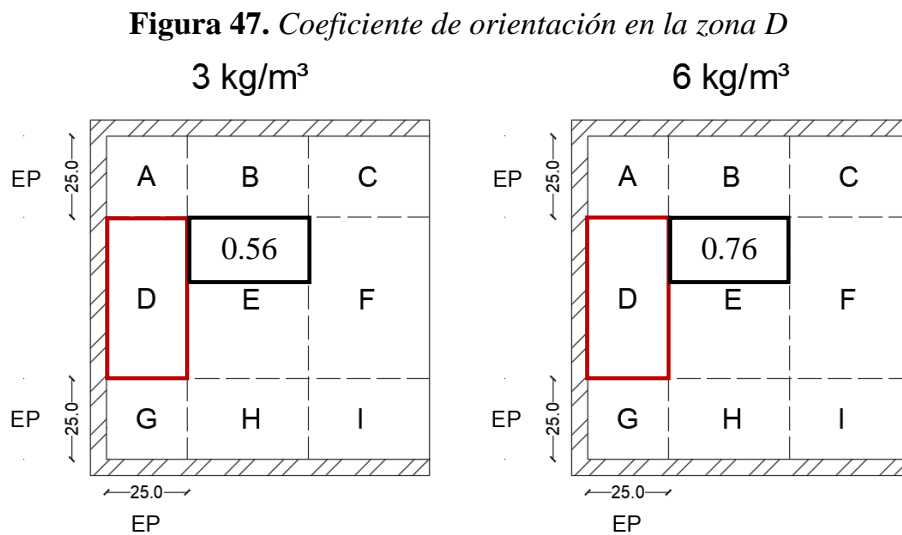
Esta zona presenta valores (θ) de 0.28 para 3 kg/m^3 y 0.38 para 6 kg/m^3 . Se ve afectada por el efecto pared en el lateral superior.



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona D)

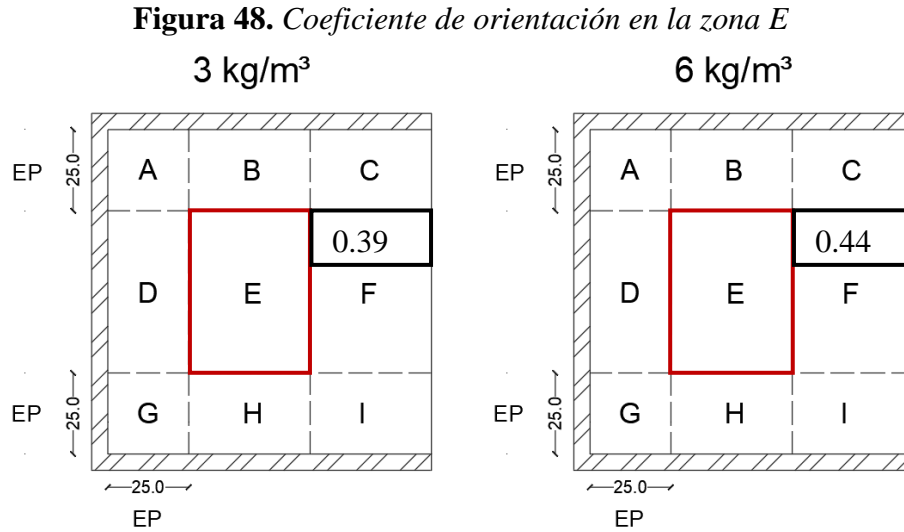
Correspondiente a la base de la probeta, se aprecian valores (θ) de 0.56 para las probetas dosificadas con 3 kg/m^3 y (θ) 0.76 para las probetas con 6 kg/m^3



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona E)

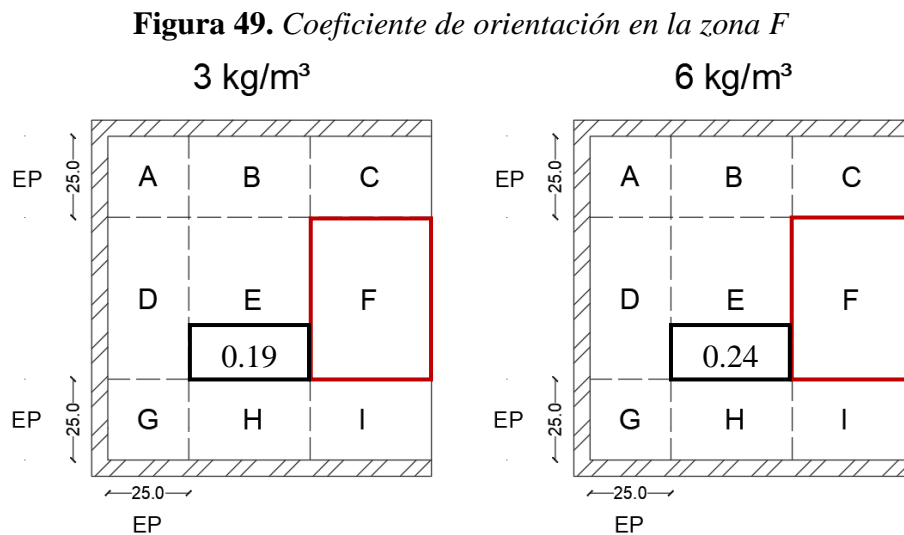
Esta zona no se ve afectada por el efecto borde del molde, los valores (θ) son 0.39 para 3 kg/m^3 y 0.44 para 6 kg/m^3 .



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona F)

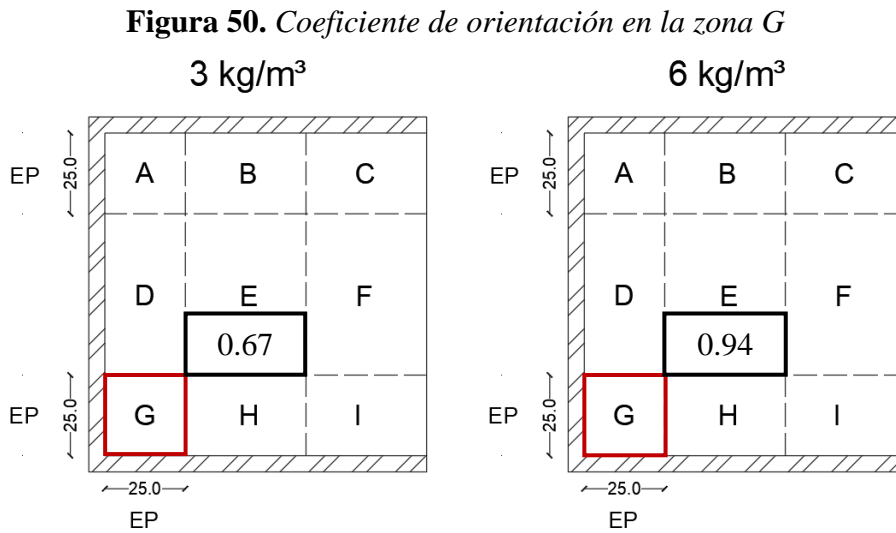
Esta sección se considera una zona libre de efecto tamaño en la superficie de fractura, se aprecian valores de 0.19 para 3 kg/m^3 0.24 para 6 kg/m^3 .



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona G)

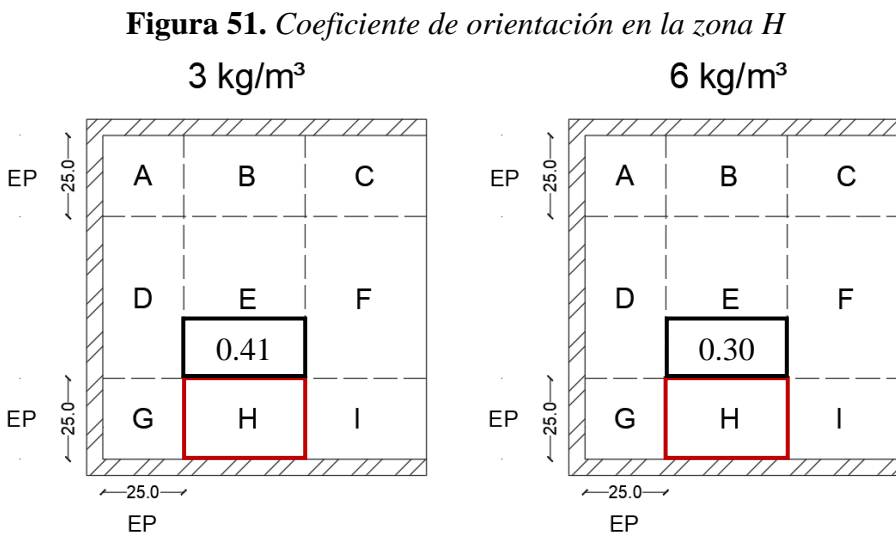
La zona G es una sección afectada por un doble efecto pared, los valores son 0.67 para las probetas dosificadas con 3 kg/m^3 y 0.94 para aquellas con 6 kg/m^3 .



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona H)

Se observa un efecto pared a un lateral de la zona, se aprecian valores (θ) de 0.41 para 3 kg/m^3 y 0.30 para 6 kg/m^3

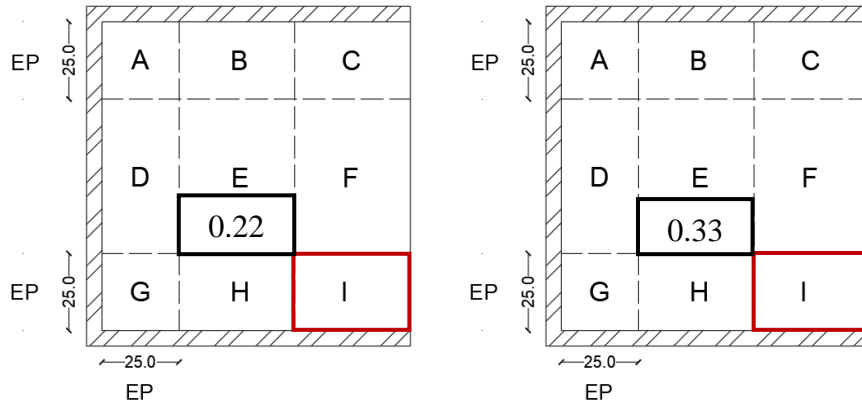


Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Coefficiente de orientación (Zona I)

Considerada como una zona libre, presenta valores (θ) de 0.22 para los especímenes con 3 kg/m^3 y 0.33 para 6 kg/m^3 .

Figura 52. Coeficiente de orientación en la zona I
 3 kg/m^3 6 kg/m^3

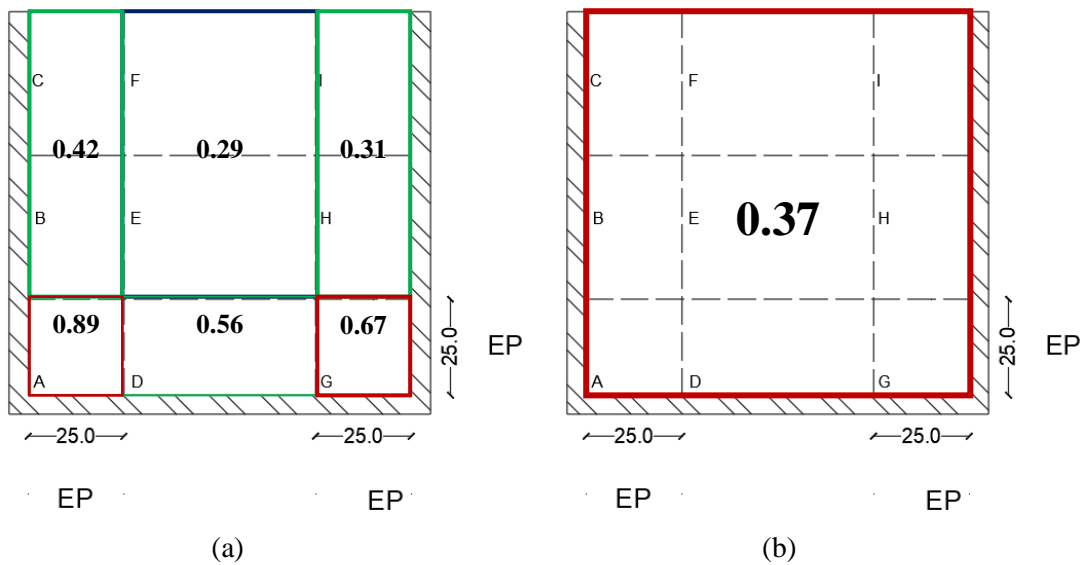


Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Resumen del coeficiente de orientación en el plano de fractura

A continuación, se presenta el resumen de coeficiente de orientación por sección en el plano de fractura de las probetas reforzadas con 3 kg/m^3 y 6 kg/m^3 de fibras. La sección B+C, E+F, H+I se obtuvo calculando el promedio de los coeficientes correspondiente a cada sección detallada en el apartado anterior.

Figura 53. Resumen del coeficiente de orientación por sección (a) y total en el plano de fractura (b) para probetas de hormigón dosificadas con 3 kg/m^3 de fibras

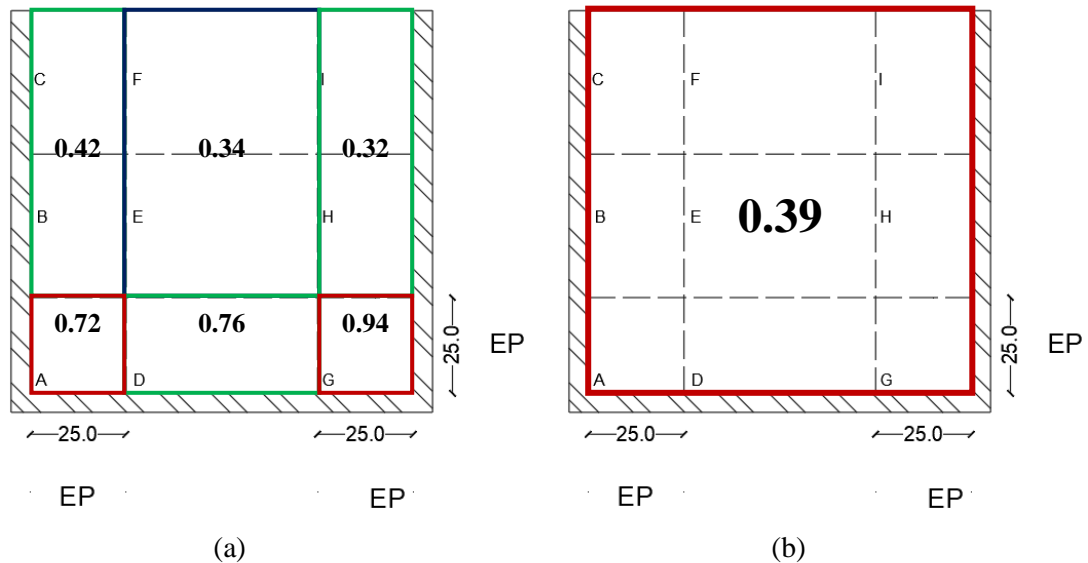


(a)

(b)

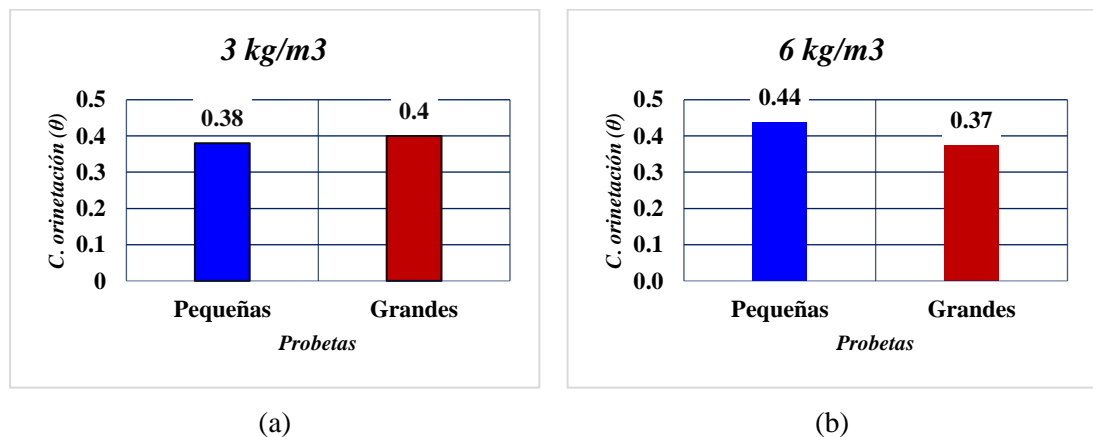
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 54. Resumen del coeficiente de orientación por sección (a) y total en el plano de fractura (b) para probetas de hormigón dosificadas con 6kg/m^3 de fibras



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 55. Coeficiente (θ) de orientación por tamaño de probeta en 3 kg/m^3 (a) y 6 kg/m^3 de fibras (b)



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En las figuras 53 y 54 se observa que el coeficiente de orientación de fibras proporciona valores más altos en las secciones (A) y (G) donde el efecto pared es doble, en las zonas (B+C) y (H+I) se observan valores medios y finalmente la zona libre es decir el área representada por las secciones (E+F) proporciona un valor más bajo en la dosificación de 3 kg/m^3 a comparación de las probetas dosificadas con 6kg/m^3 .

Como se observa en la **Tabla 26**, el coeficiente (θ) ponderado para probetas pequeñas dosificadas con 3 kg/m^3 es de 0.38 en las pequeñas, medianas 0.34 y

grandes 0.40. Así mismo, para las vigas que contienen 6 kg/m^3 se obtuvo un coeficiente (θ) ponderado de 0.44 en probetas pequeñas, 0.35 para medianas y 0.39 en grandes. Al comparar estos datos en un gráfico de barras (**Figura 55**) se aprecia que la diferencia entre las probetas grandes y las pequeñas para una dosificación de 3 kg/m^3 es de 5% , existiendo un mayor coeficiente (θ) en las probetas grandes. Sin embargo, en las probetas dosificadas con 6 kg/m^3 de fibra el coeficiente (θ) registra un comportamiento opuesto, existiendo una diferencia del 14.3% entre las probetas grandes y las pequeñas, siendo mayor en las probetas pequeñas.

Esto se explica en función a varios factores como son: el tamaño de la probeta, la manejabilidad de la mezcla de hormigón al añadir fibras y la forma de compactación. Como se observa en la Figura 41, los moldes en los que se hormigonaron las vigas con 3 kg/m^3 de fibras tienen una mayor altura que aquellas con 6 kg/m^3 , este factor es clave para entender la orientación y distribución de las fibras dentro de estos elementos de hormigón, puesto que al compactar la mezcla la baja densidad de las fibras logra que estas se distribuyan hacia la superficie, de esta forma se obtuvo un mayor coeficiente de orientación en los especímenes grandes dosificados con 3 kg/m^3 puesto que existió una mayor altura para que las fibras se acomodaran en una mejor posición para contrarrestar la carga aplicada durante el ensayo. Resultados similares se obtuvieron en la investigación realizada por (M.G. Alberti, A. Enfedaque, J.C. Gálvez and V. Agrawal) [31] en la que se comparó la distribución de fibras al verter hormigón fluido compactado mediante vibración en moldes de tamaño estándar (150x150x600mm) y moldes con el triple de altura (450x150x600mm) evidenciándose una mejor distribución (2%) de fibras en estas últimas.

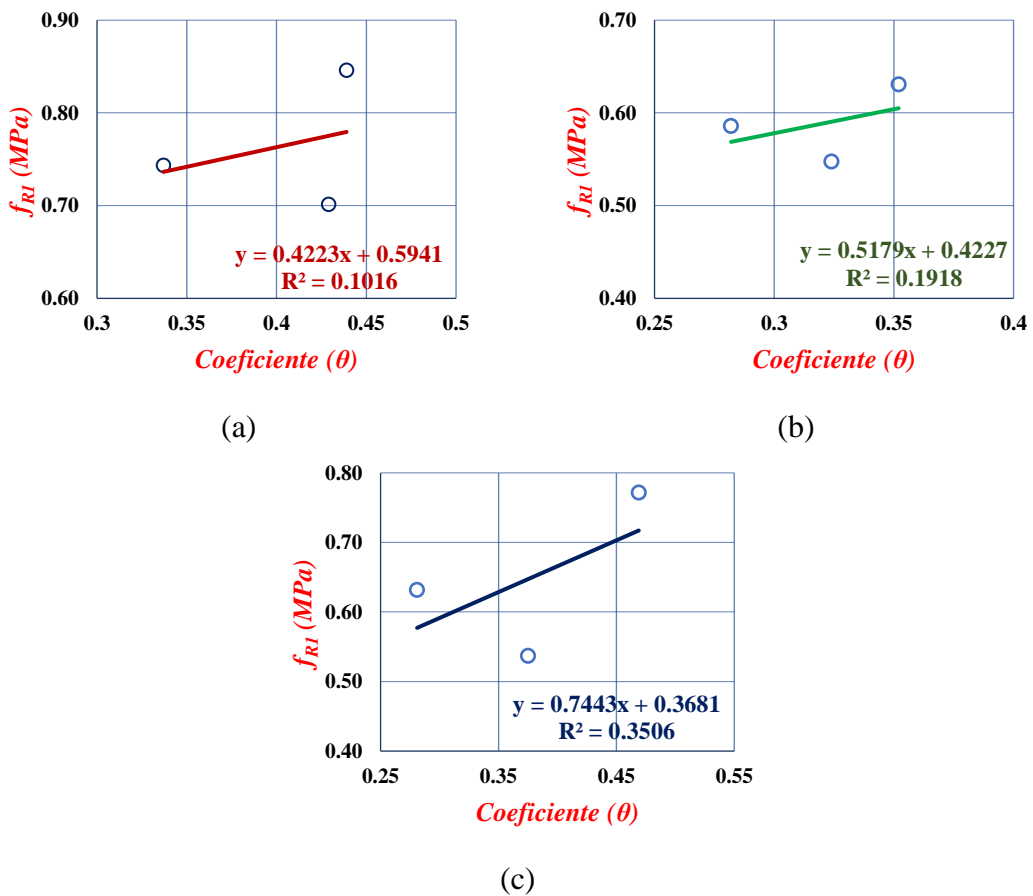
Comparativa entre coeficiente de orientación (θ) y resistencias residuales.

En las figuras 38 y 39 se observó que las resistencias residuales tienden a un incremento junto con el tamaño de la probeta, este comportamiento no demuestra el efecto tamaño que existe en la resistencia post-fisuración del hormigón. Por lo tanto, en las siguientes gráficas se procedió a relacionar el coeficiente de orientación junto con el esfuerzo capaz de resistir el espécimen analizado. Se presentan gráficas para cada tamaño de probeta y se analizan las resistencias $f_{r1}, f_{r2}, f_{r3}, f_{r4}$ para las probetas dosificadas con 3 kg/m^3 de fibra mientras que para aquellas dosificadas con 6 kg/m^3 esfuerzos $f_{min}, f_{r1}, f_{r2}, f_{r3}, f_{r4}$ y f_{rem} .

Hormigón dosificado con 3kg/m^3 de fibras

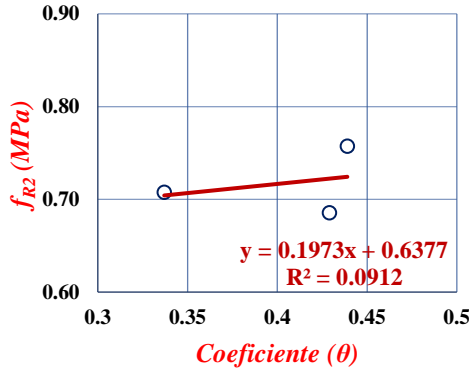
En las figuras 56, 57, 58 y 59 se muestra la línea de tendencia que se creó luego de relacionar el coeficiente de fibras de cada probeta con el esfuerzo residual obtenido en el punto de deflexión analizado.

Figura 56. Tendencia del comportamiento f_{R1} (0.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m^3 de fibras

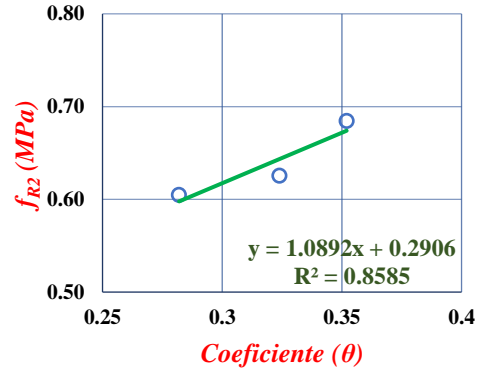


Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

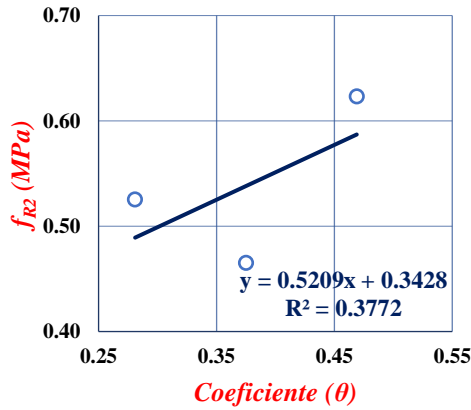
Figura 57. Tendencia del comportamiento f_{R2} (1.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m^3 de fibras



(a)



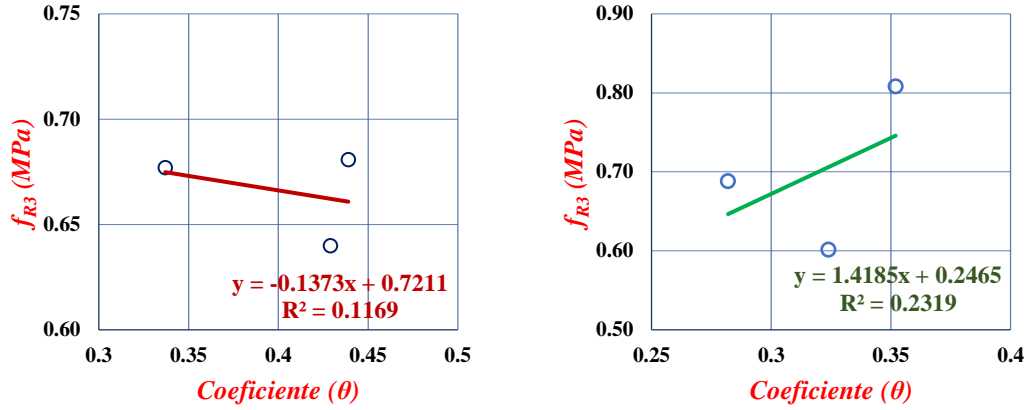
(b)



(c)

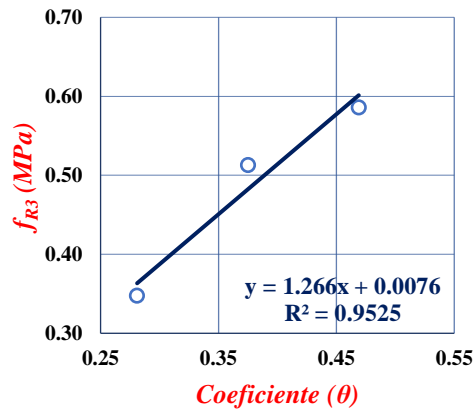
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 58. Tendencia de comportamiento f_{R3} (2.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m^3 de fibras



(a)

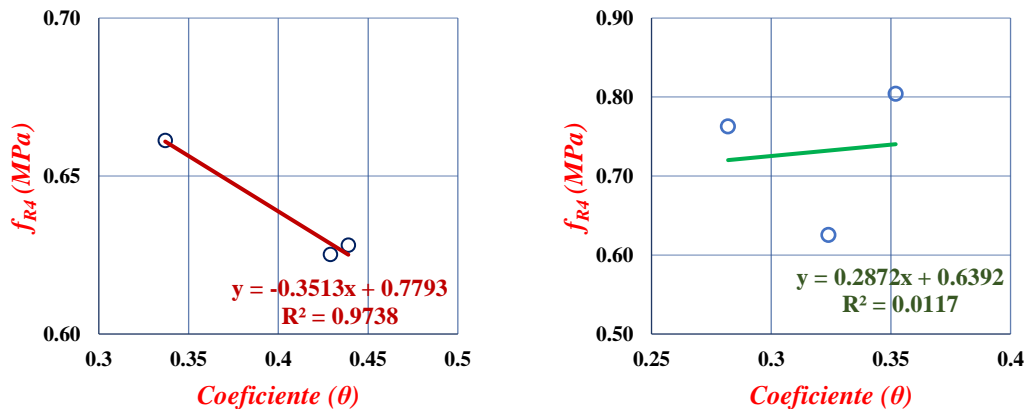
(b)

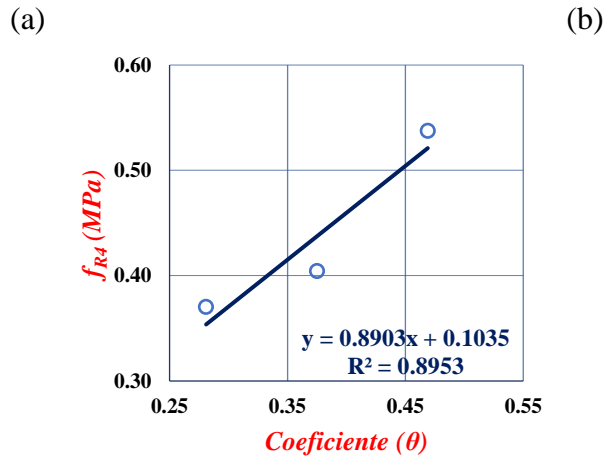


(c)

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 59. Tendencia de comportamiento f_{R4} (3.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 3kg/m^3 de fibras





(c)

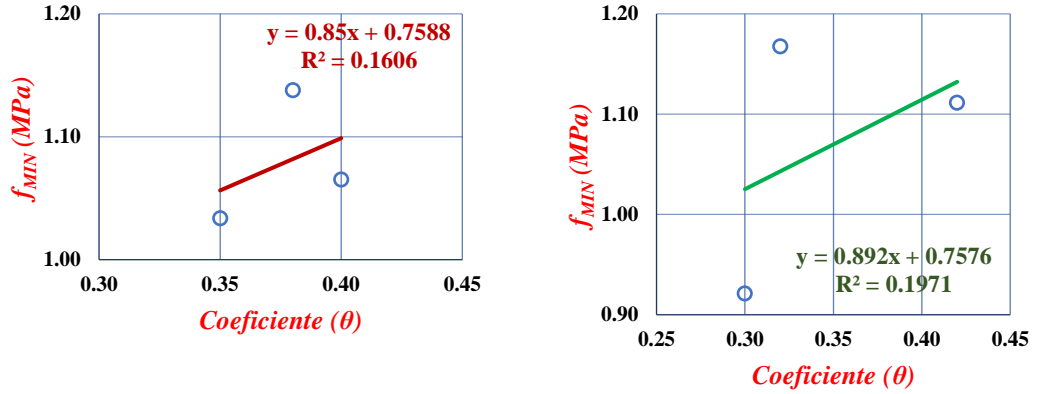
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En general en las figuras **56**, **57**, **58** y **59** se observa una tendencia de incremento de la recta, es decir, a medida que crece el coeficiente de orientación lo hace la resistencia residual. Sin embargo, a partir de la resistencia f_{r2} en las probetas grandes la pendiente cambia de dirección. Se aprecia que las probetas pequeñas son quienes poseen un mayor factor de reajuste, seguidas de las medianas y finalmente las grandes.

Hormigón dosificado con 6kg/m³ de fibras

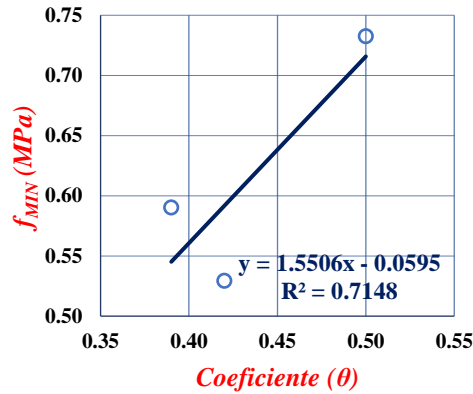
En las figuras **60**, **61**, **62**, **63**, **64** y **65** se muestra la línea de tendencia que se creó luego de relacionar el coeficiente de fibras de cada probeta dosificada con 6 kg/m³ de fibra con el esfuerzo residual obtenido en el punto de deflexión analizado.

Figura 60. Tendencia del comportamiento f_{min} vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras



(a)

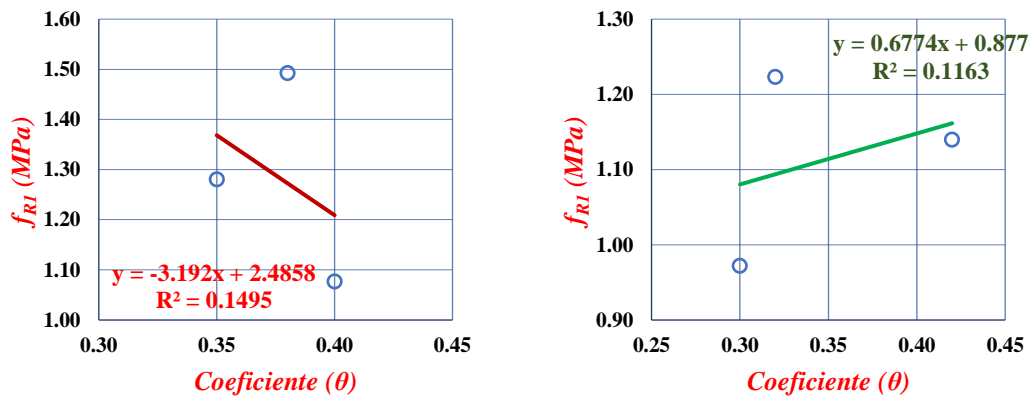
(b)

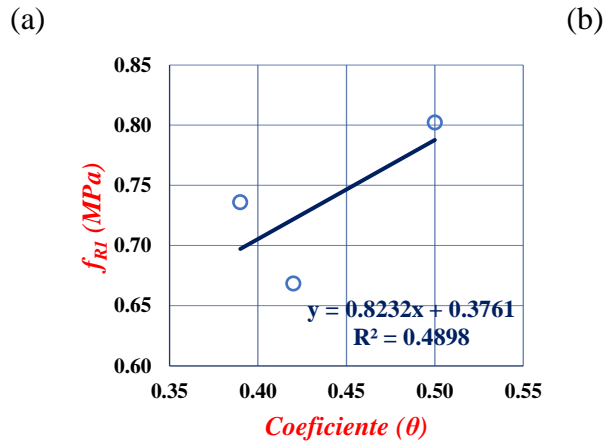


(c)

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

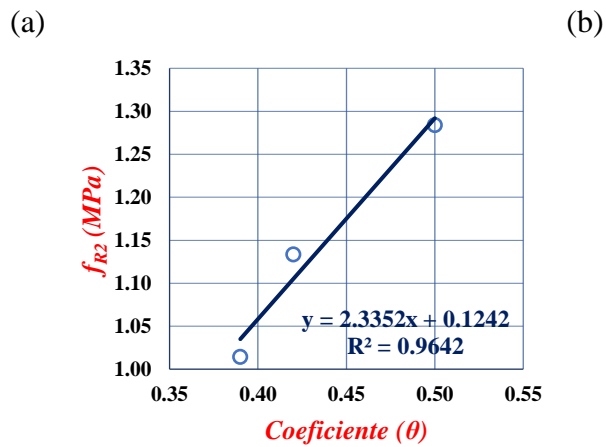
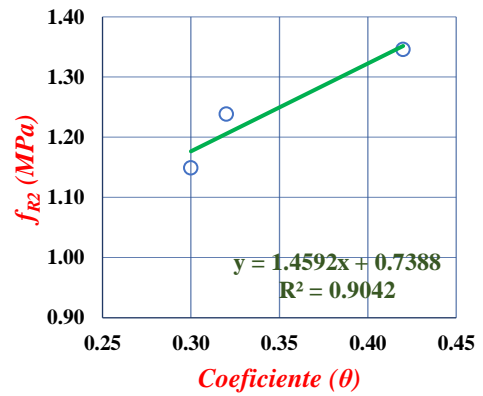
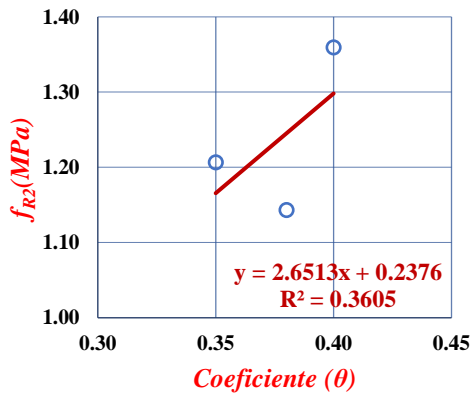
Figura 61. Tendencia del comportamiento f_{r1} (0.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras





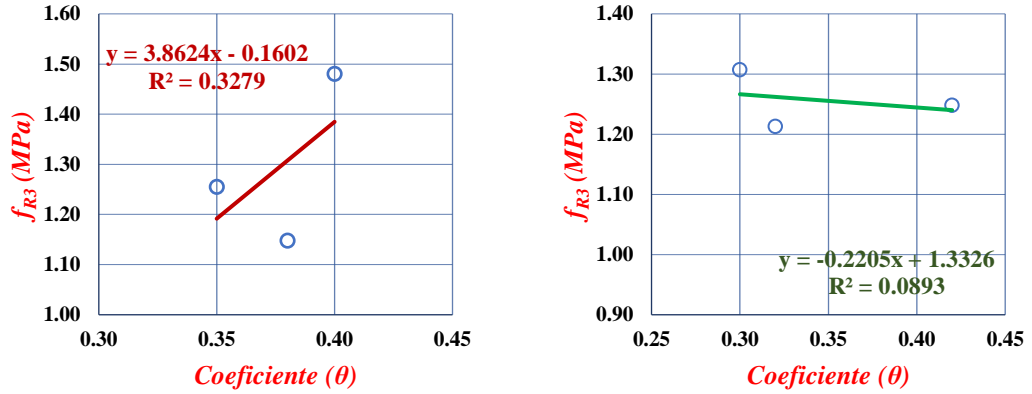
(c)
 Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 62. Tendencia del comportamiento f_{R2} (1.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras



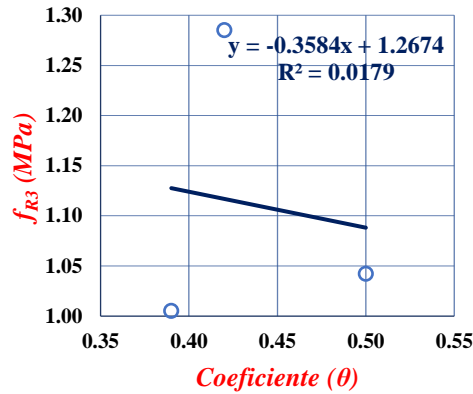
(c)
 Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 63. Tendencia del comportamiento f_{r3} (2.5mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras



(a)

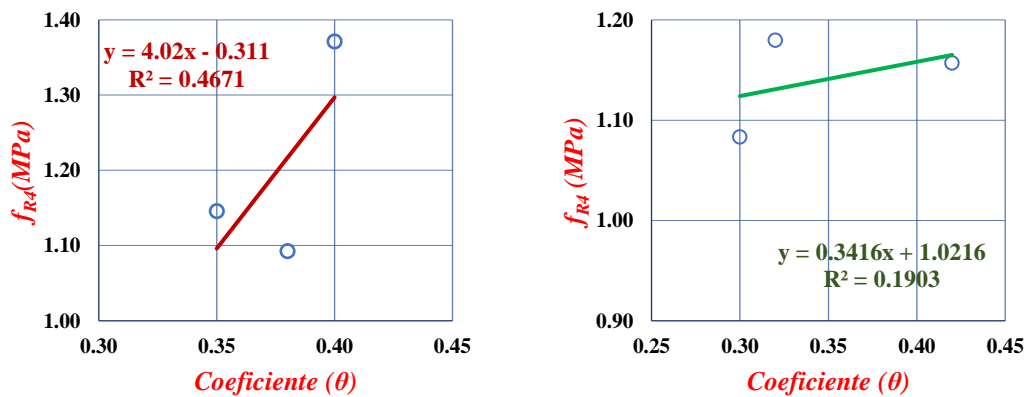
(b)



(c)

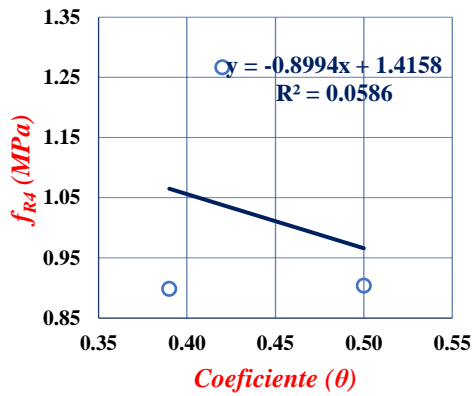
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 64. Tendencia del comportamiento f_{r4} (3.5 mm) vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras



(a)

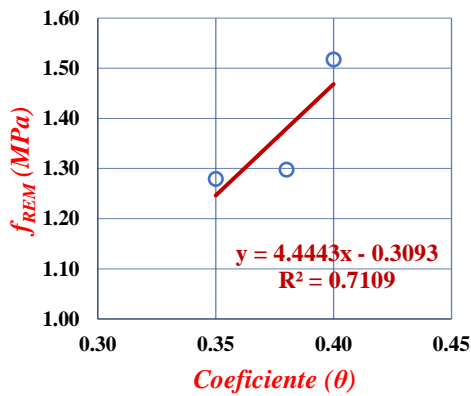
(b)



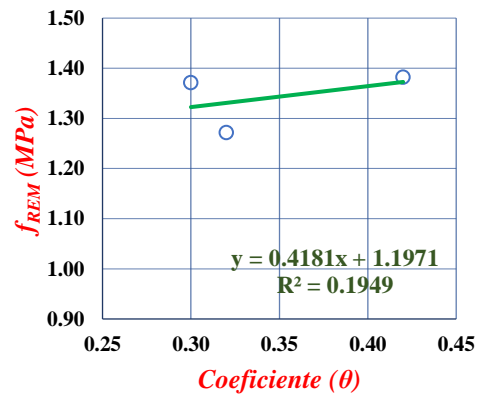
(c)

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

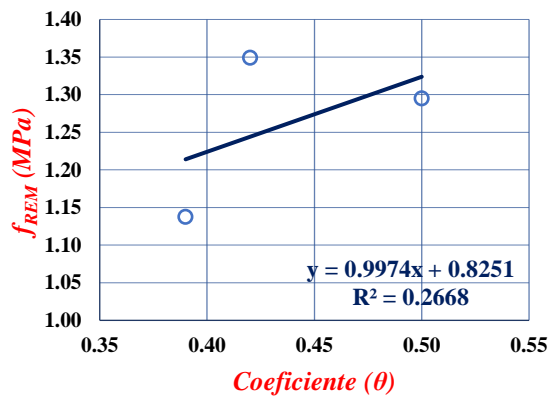
Figura 65. Tendencia del comportamiento f_{rem} vs coeficiente de orientación de fibras por tamaño: (a) grandes, (b), medianas, (c) pequeñas en probetas con 6kg/m^3 de fibras



(a)



(b)



(c)

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Se observa que la tendencia general representada en las figuras **60, 61, 62, 63, 64 y 65** siguen una línea de incremento, en los puntos de análisis f_{r1} , f_{r3} y f_{r4} se observa que algunas probetas toman una dirección de pendiente contraria al resto.

Esto puede deberse al propio comportamiento de las fibras y su distribución en el plano de fractura. El factor de reajuste va desde 0.02 hasta 0.7, siendo mayor en las probetas pequeñas.

Si bien el factor de ajuste mostrado en las figuras analizadas en la interpretación del hormigón reforzado con 3kg/m^3 y 6kg/m^3 es relativamente bajo, al compararlas con investigaciones previas realizadas se observa que los resultados son similares a los obtenidos por (N. Buratti, C. Mazzotti and M. Savoia) en la que se elaboró hormigón reforzado con macrofibras plásticas con una dosificación de 4.8 kg/m^3 [32]. Así mismo, este factor de ajuste puede mejorar si se elige otra línea de tendencia como polilínea, sin embargo, la tendencia lineal presenta una ventaja para el análisis que se muestra en la siguiente sección.

Cantidad de fibras vs esfuerzos residuales

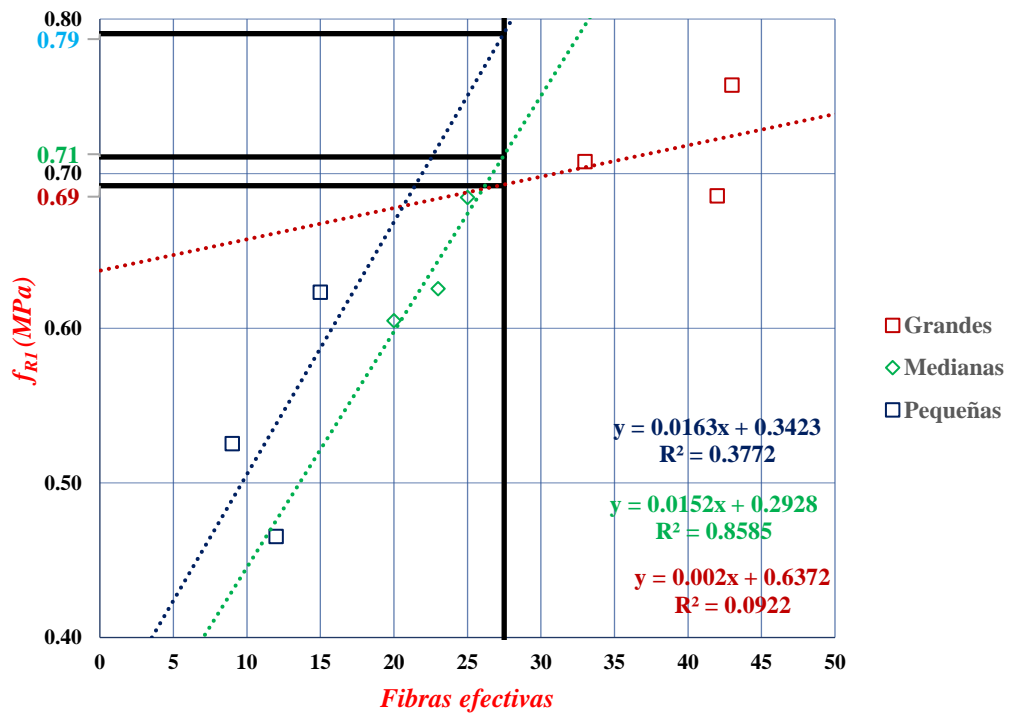
Al analizar las gráficas coeficiente (θ) vs resistencias residuales se observa que aún no es tan claro el fenómeno de efecto tamaño, por lo tanto, se hace necesario desacoplar aún más este comportamiento. Es así como se relacionará el número total de fibras efectivas frente a esfuerzos residuales analizados en puntos específicos de la curva esfuerzo vs deflexión promedio para cada dosificación de fibras.

En esta sección se estudia el comportamiento de las fibras efectivas en el plano de fractura frente a los esfuerzos residuales registrados durante el ensayo a flexión. Se presentan gráficas para cada tamaño de probeta y se analizan las resistencias f_{r1} , f_{r2}, f_{r3}, f_{r4} para las vigas dosificadas con 3kg/m^3 de fibra mientras que para aquellas con 6kg/m^3 esfuerzos $f_{min}, f_{r1}, f_{r2}, f_{r3}, f_{r4}$ y f_{rem} .

Hormigón dosificado con 3kg/m³ de fibra

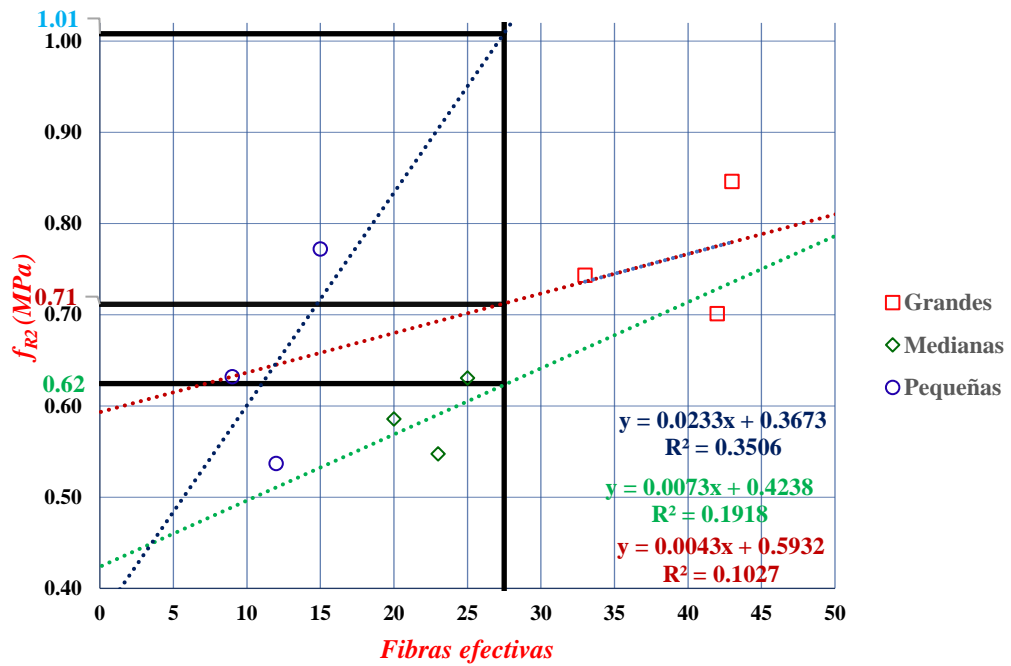
Se presenta las figuras 61, 62, 63 y 64 en las que se extienden las líneas de tendencia creadas en base al número de fibras efectivas contabilizadas en el plano de fractura de cada una de las probetas pertenecientes a los tamaños planteados con el fin de relacionarlos para un mismo número de fibras, este se consideró como el promedio entre la mayor cantidad de fibras en las probetas grandes y el menor en las pequeñas siendo el resultado 27 fibras efectivas.

Figura 66. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{rI} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



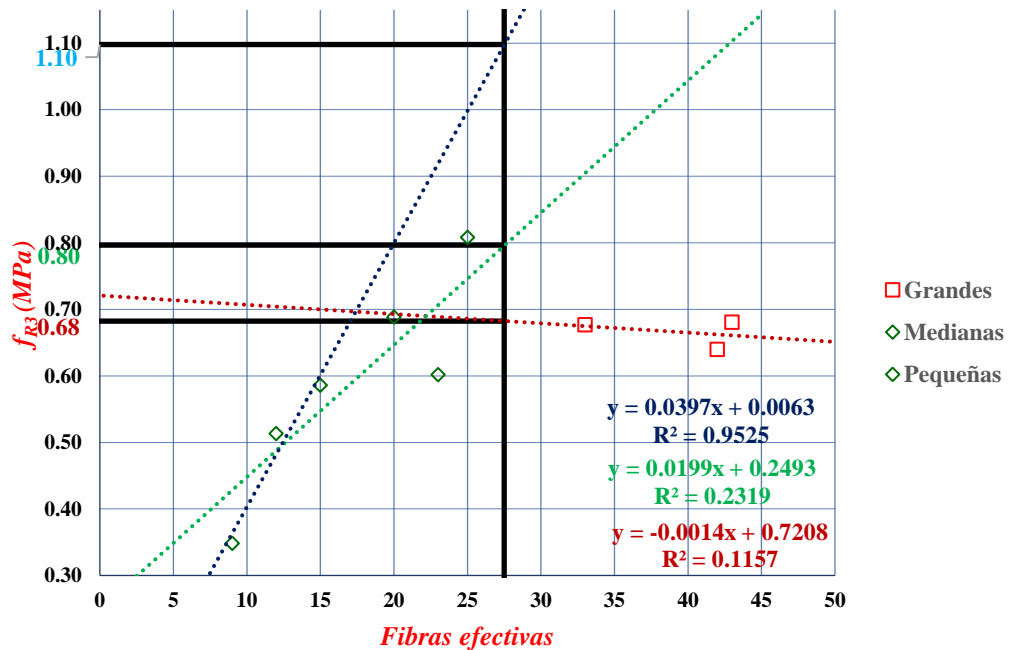
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 67. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r2} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



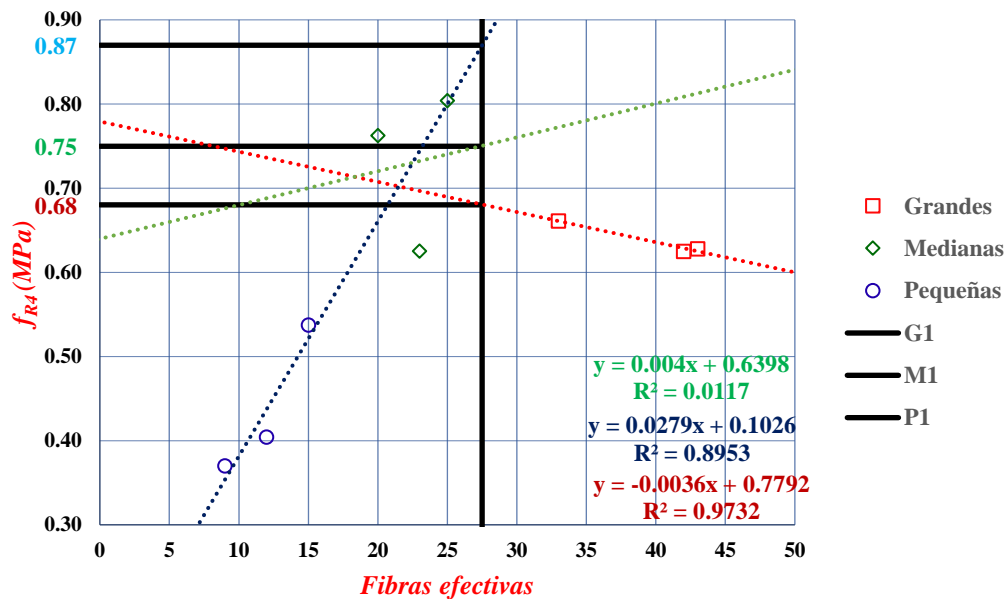
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 68. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r3} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 69. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r4} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Se aprecia que tras desacoplar el número de fibras por tamaño de probeta y relacionarlo con el esfuerzo obtenido existen variaciones de resistencias residuales siendo que en las gráficas f_{r1} , f_{r3} y f_{r4} el menor valor se da en las probetas grandes, seguido de las medianas y finalmente las pequeñas. Mientras que en f_{r2} se observa que el menor valor se da en las probetas medianas, luego en las grandes y finalmente en las pequeñas.

Los resultados en el primer punto de análisis f_{r1} muestran que el esfuerzo obtenido para probetas grandes es de 0.69 Mpa, para medianas 0.71 y pequeñas 0.79 resultando en una diferencia de 14.5% entre las de mayor y menor tamaño.

Así mismo al analizar f_{r2} se representa una diferencia de resistencia del 42% entre probetas grandes y pequeñas, las primeras presentan un esfuerzo de 0.71 Mpa mientras que las pequeñas 1.01 Mpa.

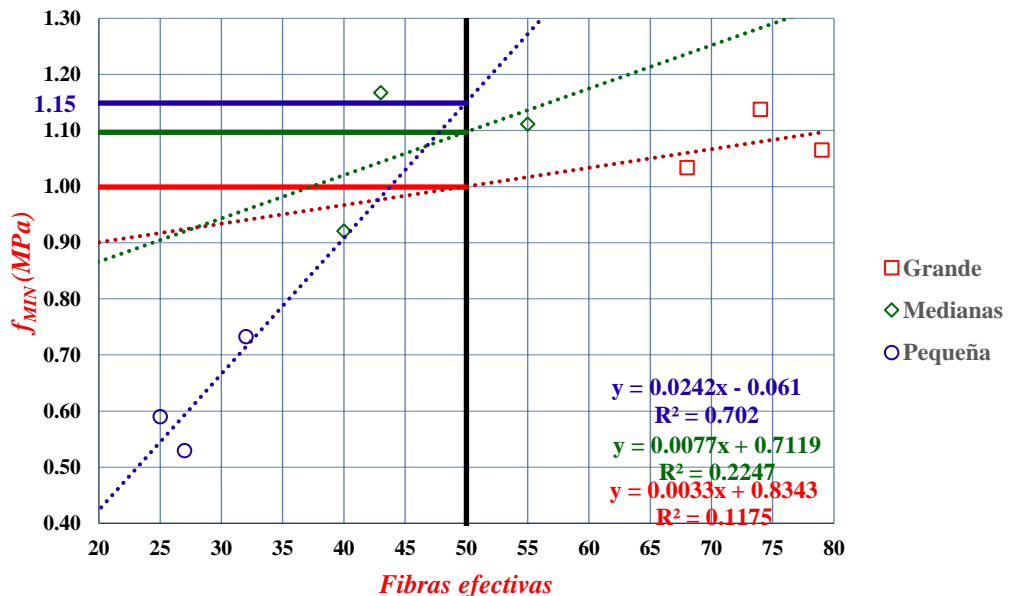
Lo propio con el esfuerzo analizado a una deflexión de 2.5 mm, donde se observa una resistencia residual de 0.68 Mpa para las probetas con mayor altura, 0.80MPa para las medianas y 1.10 Mpa para las menores, dando una diferencia de 61.76% entre los tamaños grandes y pequeños.

Finalmente, en el punto fr4 los especímenes grandes demuestran una resistencia equivalente a 0.68 Mpa, las medianas 0.75 y las pequeñas 0.87 Mpa, con ello se evidencia que existe una reducción de resistencia del 28% entre probetas grandes y pequeñas.

Hormigón dosificado con 6kg/m³ de fibras

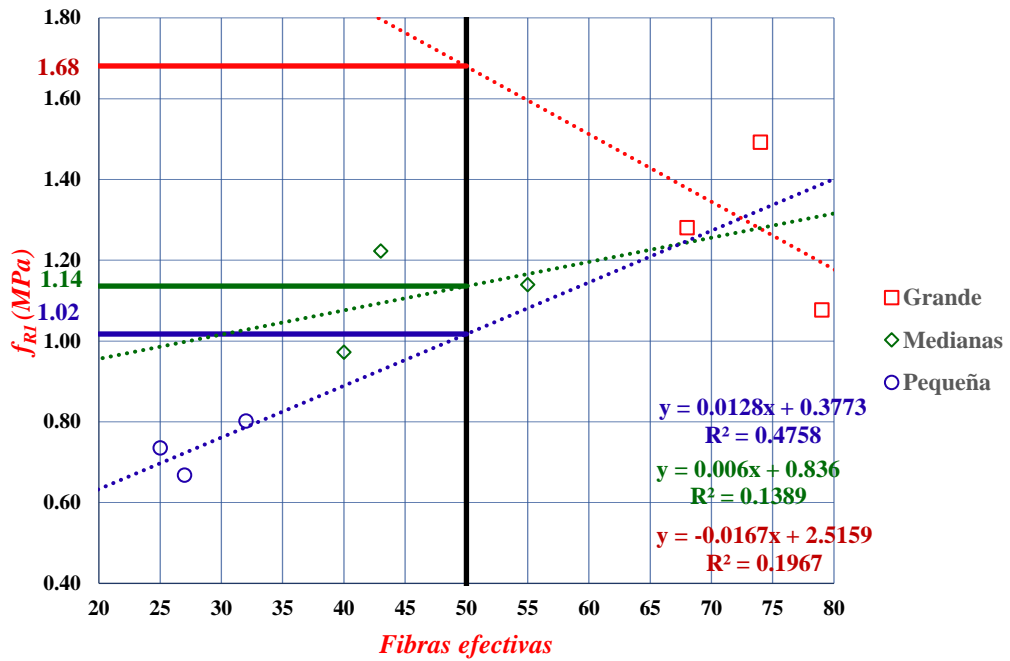
Se presentan las figuras 65, 66, 67, 68 y 69 en las que de la misma manera que en la sección anterior se proyectan las líneas de tendencia para cada tamaño de probeta y se las relaciona para un mismo número de fibras, este último considerado como el promedio entre la mayor cantidad de fibras en probetas grandes y el menor en pequeñas, dando como resultado un total de 50 fibras efectivas.

Figura 70. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{min} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



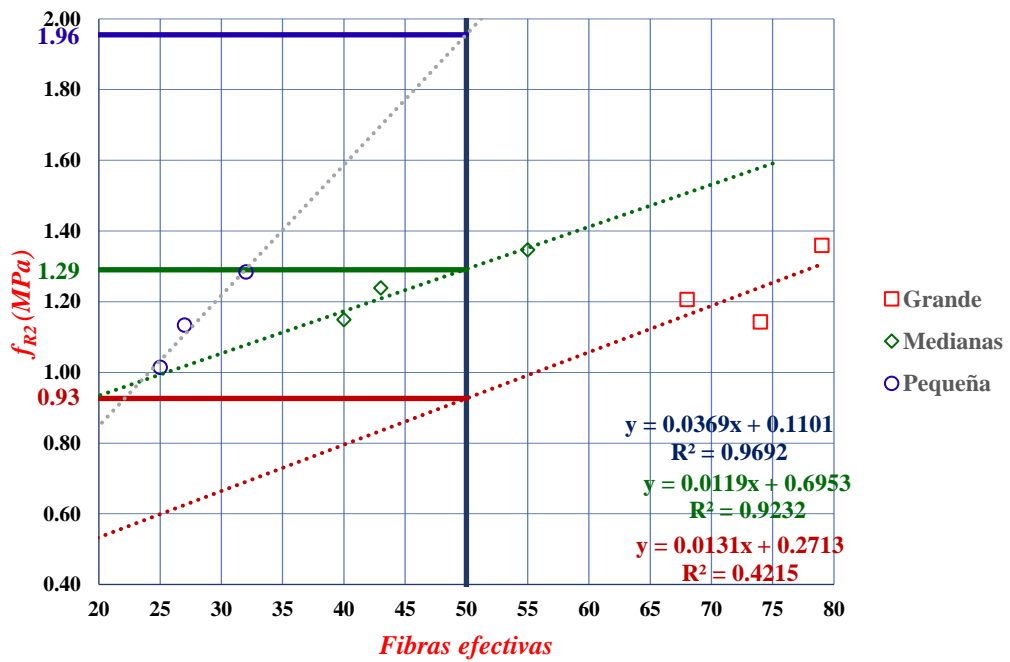
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 71. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r1} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



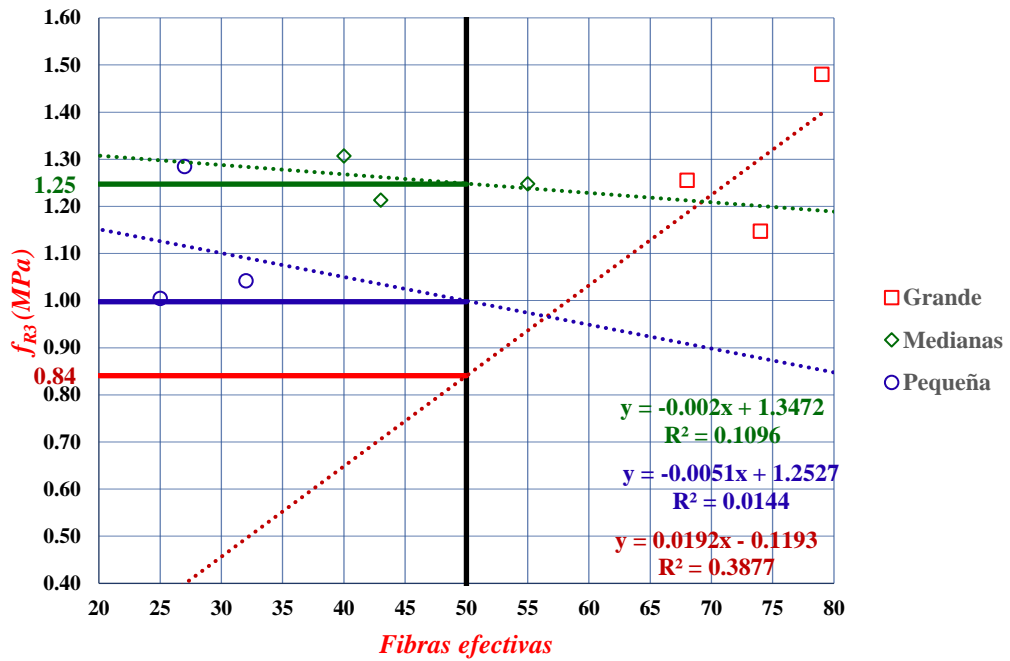
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 72. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{r2} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



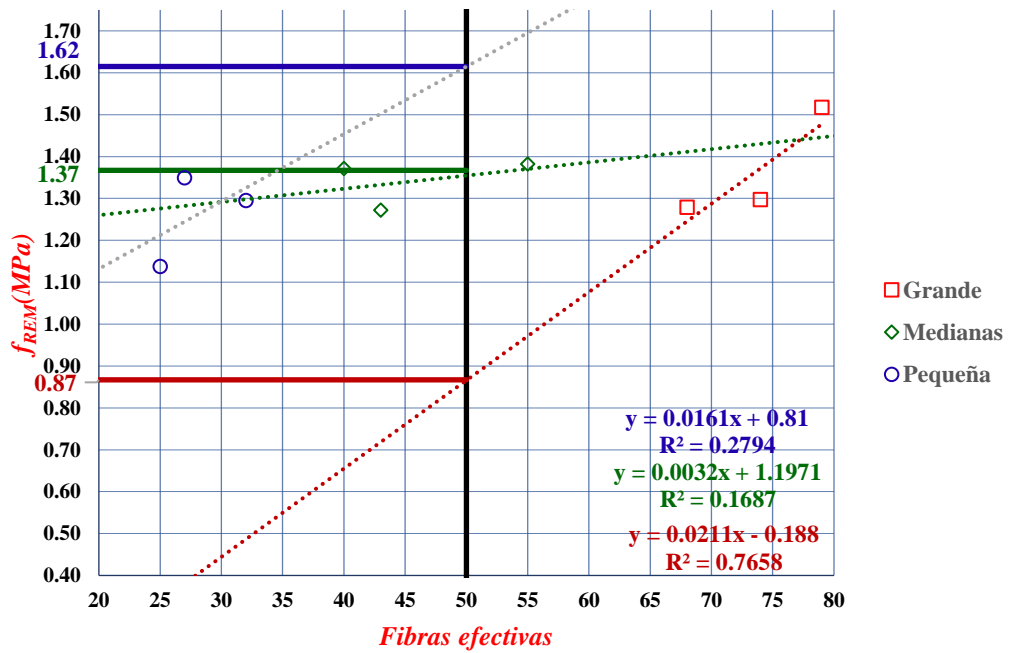
Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 73. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{R3} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 74. Esquema de la línea-tendencia en la resistencia residual f_{rem} vs número de fibras para cada tamaño de probeta



Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Se observa que tras desacoplar el número de fibras por tamaño de probeta y compararlo con el esfuerzo obtenido en los puntos planteados de estudio para esta dosificación, existen variaciones de resistencias residuales mostrando que en los puntos f_{min} , f_{r2} y f_{rem} el efecto tamaño es completamente notorio pues se da un mayor esfuerzo en las probetas pequeñas a comparación de las medianas y grandes.

En estos se aprecian diferencias de 15% en la zona f_{min} , 110% en f_{r2} y f_{rem} 86 %.

En el punto de deflexión f_{r1} no se observa el efecto tamaño, esto puede deberse a que el proceso de descarga no ha terminado en ese punto.

Se comprueba entonces que el fenómeno de efecto tamaño también se presenta en las resistencias residuales causadas por la adición de fibras en la matriz de hormigón ya sea con dosificaciones de 3kg/m^3 o 6kg/m^3 , se aprecia que a medida que se avanza en la deflexión de las gráficas este fenómeno es más notorio.

Estos resultados son los esperados puesto que en investigaciones previas se obtuvieron datos similares (W. Ramírez, J. Gálvez, M. García and A. Enfedaque)[30] , (A. Curi, J. Gálvez and M. García)[3] (K. Noghabai) [33]

3.1.4. Descripción del comportamiento a compresión utilizando diferentes porcentajes de fibra

Se procedió con la descripción del comportamiento a compresión de los especímenes cilíndricos elaborados con diferentes porcentajes de fibra. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada tamaño de probeta sin fibra y aquellos dosificados con 3kg/m^3 y 6kg/m^3 .

Efecto tamaño

En este apartado se comparó la resistencia obtenida por las probetas grandes (150mmx300mm) y pequeñas (100x200mm) en cada dosificación.

Hormigón sin fibra

Se ensayaron 10 cilindros sin fibras, 4 de ellos correspondientes a un tamaño de 150x300mm, y los 6 restantes de 100x200mm. En la **Tabla 27** se presenta los resultados a compresión C0-R1 y C0-R2, a partir de los cuales se obtiene el dato G-0

kg/m³ el mismo que representa el promedio de todas las probetas ensayadas para este tamaño. En la **Tabla 28** se aprecian las resistencias a compresión obtenidas para los cilindros con tamaño 100x200mm, en base a estos se obtiene los resultados C0-R3 y C0-R4 mismos que sirven para calcular el dato P-0kg/m³ que refleja el promedio de las 6 probetas ensayadas. En la figura 75 se gráfica la curva media comparativa entre G-0kg/m³ y P-0kg/m³.

Tabla 27. Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 150x300mm hormigón simple sin fibras

Resultado	Probeta	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión promedio (Mpa)	G-0 kg/m ³ (Mpa)
C0-R1	0G-1	438.56	253.06	24.82	25.18	25.04
	0G-2	451.45	260.50	25.55		
C0-R2	0G-3	447.89	258.45	25.35	24.90	
	0G-4	432.14	249.36	24.45		

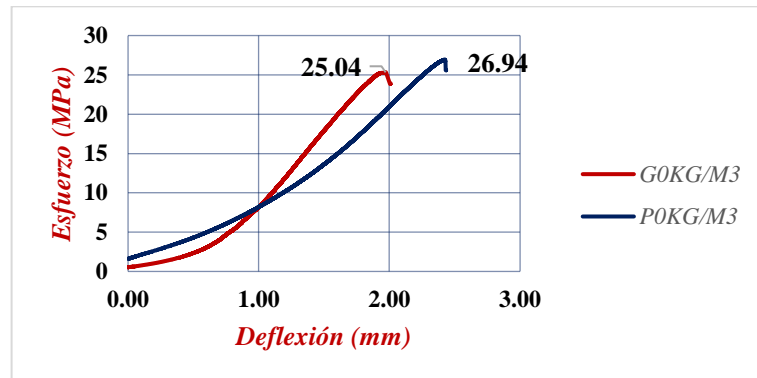
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 28. Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 100x200mm hormigón simple sin fibras

Resultado	Probeta	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión promedio (Mpa)	P-0 kg/m ³ (Mpa)
C0-R3	0P-1	214.98	279.12	27.37	27.22	26.94
	0P-2	220.69	286.52	28.10		
	0P-3	205.70	267.07	26.19		
C0-R4	0P-4	205.49	266.80	26.16	26.66	
	0P-5	207.49	269.39	26.42		
	0P-6	215.19	279.38	27.40		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 75. Curva media característica esfuerzo vs deflexión probetas 100x200mm y 150x300mm



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En las tablas 27 y 28 se muestra que la resistencia a compresión promedio total obtenida en las probetas de 150x300mm es de 25.04 Mpa y 26.94 Mpa en las de tamaño de 100x200mm.

Hormigón con 3kg/m³

Las tablas 29 y 30 muestran el resumen de la resistencia a compresión alcanzada a los 28 días por los cilindros dosificados con 3kg/m³. La figura 79 grafica la relación entre el esfuerzo y deflexión obtenidas para las probetas de 100x200mm y 150x300mm.

Tabla 29 Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 150x300mm hormigón con 3 kg/m³ de fibras

Resultado	Probeta	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión promedio (Mpa)	G-3 kg/m ³ (Mpa)
3R-1	3G-1	432.86	249.77	24.49	25.1	25.2
	3G-2	453.05	261.43	25.64		
3R-2	3G-3	419.20	241.90	23.72	25.4	
	3G-4	477.09	275.30	27.00		

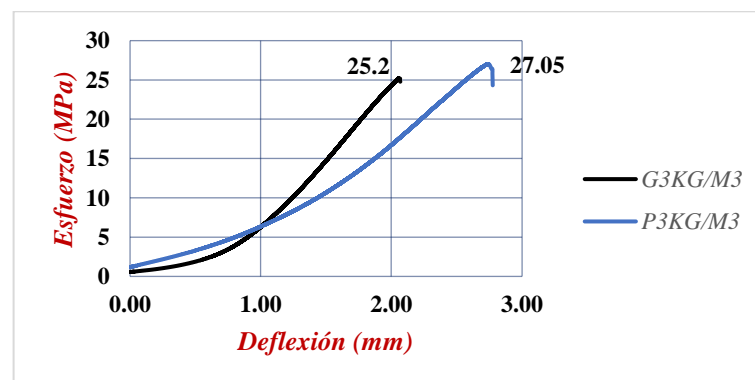
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 30 Resistencia a compresión a los 28 días de curado en cilindros 100x200mm hormigón con 3 kg/m³ de fibras

Resultado	Probeta	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión promedio (Mpa)	P-3 kg/m ³ (Mpa)
3R-3	3P-1	217.53	282.43	27.70	27.80	27.05
	3P-2	219.72	285.27	27.98		
	3P-3	217.69	282.63	27.72		
3R-4	3P-4	211.21	274.22	26.89	26.31	
	3P-5	202.04	262.31	25.72		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 76. Curva media característica esfuerzo vs deflexión probetas 100x200mm (P-3kg/m³) y 150x300mm (G-3kg/m³)



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Como se muestra en la **Figura 76** la resistencia promedio total alcanzada por los cilindros 100x200mm es de 25.2 Mpa mientras que para aquellos con tamaño 150x300mm es de 27.05 Mpa.

Hormigón con 6kg/m³

La **Tabla 31** y **Tabla 32** muestran un resumen de la resistencia adquiridos por el hormigón reforzado con 6 kg/m³ de fibras a la edad de 28 días de curado. La figura **80** representa la comparación entre el esfuerzo máximo a compresión alcanzado por las probetas de tamaño 150x300mm y 100x200mm.

Tabla 31. Resistencia a la compresión a los 28 días de curado en cilindros
150x300mm con 6 kg/m³ de fibras

Resultado	Probeta	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión promedio (Mpa)	G-6 kg/m ³ (Mpa)
C6-R1	6G-1	426.56	246.14	24.14	25.8	25.375
	6G-2	485.28	280.02	27.46		
C6-R2	6G-3	410.01	236.59	23.20	24.95	
	6G-4	471.72	272.20	26.69		

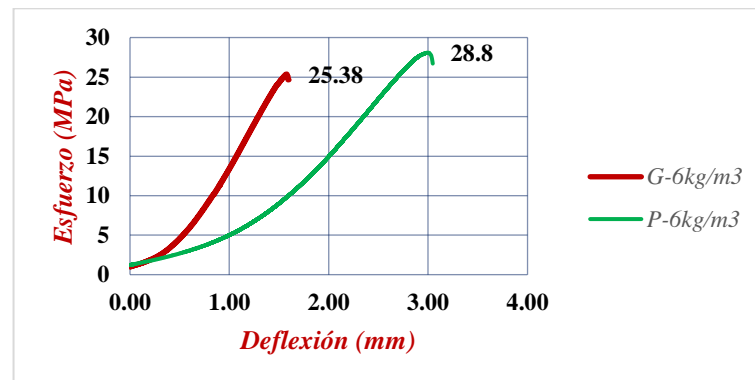
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Tabla 32. Resistencia a la compresión a los 28 días de curado en cilindros
100x200mm con 6 kg/m³ de fibras

Resultado	Probeta	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión promedio (Mpa)	P-6kg/m ³ (Mpa)
C6-R3	6P-1	213.07	276.63	27.13	28.33	28.8
	6P-2	214.94	279.06	27.37		
	6P-3	239.45	310.88	30.49		
C6-R4	6P-4	217.86	282.86	27.74	29.27	
	6P-5	253.57	329.21	32.29		
	6P-6	218.21	283.31	27.78		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Figura 77. Curva media característica esfuerzo vs deflexión probetas 100x200mm (P-6kg/m³) y 150x300mm (G-6kg/m³)



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Como se muestra en la **Figura 77** la resistencia alcanzada por las probetas de hormigón con 6kg/m³ de fibra es de 25.38 Mpa en el tamaño 150x300mm y 28.80 Mpa en los cilindros de 100x200mm.

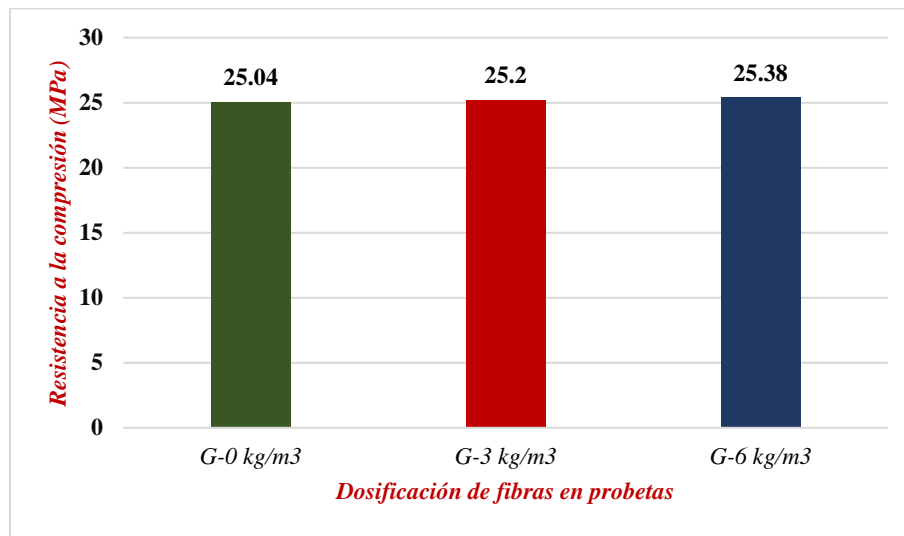
Los resultados a compresión obtenidos en hormigón simple (sin fibras) muestran la existencia de una diferencia en la resistencia del 7 % entre los tamaños de espécimen analizados, lo mismo con los cilindros con 3 kg/m³ de fibra donde se evidencia una disminución del 6.84% del esfuerzo obtenido en las probetas grandes respecto a las pequeñas y en las probetas dosificadas con 6 kg/m³ de fibra se obtuvo que existe una diferencia del 11.88 % entre ambos tamaños. Se observa que al añadir fibra en la dosificación del hormigón existe una tendencia a aumentar las variaciones entre las resistencias registradas de los tamaños de probeta.

Resultados similares se obtuvieron en investigaciones realizadas por (H. Cifuentes and F. Medina) [2] (J. Freire) [34] (M, Ghasemi and S. Mousavi) [22]

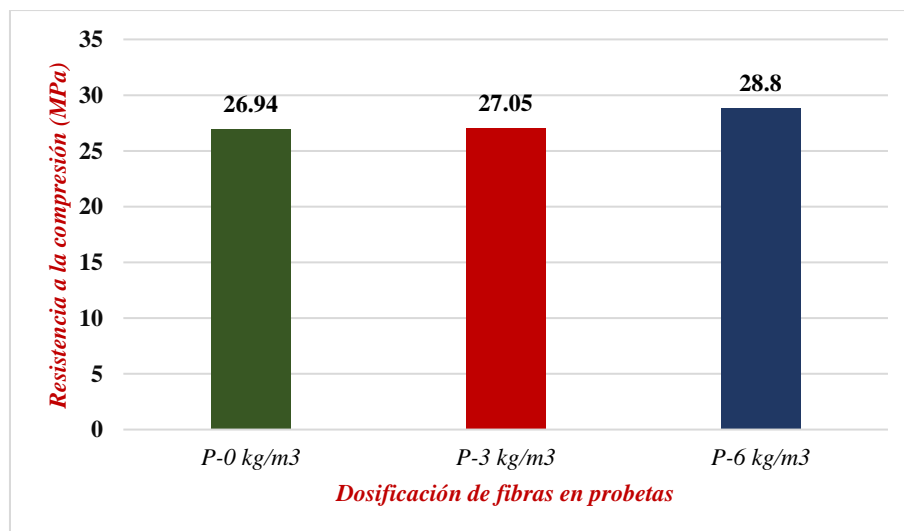
Descripción de la resistencia a compresión

A continuación, se presenta una gráfica comparativa, en la que se diferencia la resistencia a compresión obtenida a los 28 días de curado en las probetas de 150x300mm y 100x200m para cada tipo de dosificación.

Figura 78. Comparación de resistencia a compresión utilizando diferentes porcentajes de fibra en cilindros de 150x300mm (a) y 100x200mm (b)



(a)



(b)

Nota. Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

En la **Figura 78** se observa que para las probetas cilíndricas con tamaño 150x300mm no existe una variación considerable en las resistencias a compresión entre las dosificaciones estudiadas, sin embargo, al analizar las probetas de 100x200mm se nota que aquellas dosificadas con 6 kg/m³ aumentan la resistencia a compresión en un 6.46% con respecto a las que no tienen fibra en su matriz. Estos resultados se encuentran dentro del rango establecido por la Norma ACI 544.4R-18 [6], misma que nos indica que la resistencia a compresión de HRF puede aumentar desde 0% en la mayoría de los casos hasta el 23% en dosificaciones con 2kg/m³ de fibra.

3.2.Verificación de la hipótesis

Tras elaborar 27 probetas prismáticas con 3 dosificaciones distintas (Sin fibras, 3 kg/m³ y 6kg/m³) en 3 tamaños distintos y 30 cilindros, los cuales fueron ensayados a flexión y compresión respectivamente. Se procede a evaluar la hipótesis:

Las propiedades mecánicas de los elementos de hormigón reforzado con fibras se ven afectadas por el tamaño de los elementos.

La hipótesis es verdadera puesto que en el análisis a flexión de las probetas prismáticas se presentó una disminución de la resistencia de rotura en la zona que es gobernada por la matriz de hormigón. En la zona gobernada por las fibras es decir las resistencias residuales para poder observar el efecto tamaño primero hay que desacoplar el coeficiente de orientación y las fibras efectivas con respecto a las resistencias residuales. De la misma forma, se observó una decadencia de las resistencias a compresión con respecto al tamaño de los especímenes cilíndricos, en todas las dosificaciones estudiadas.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se analizó el efecto tamaño en el comportamiento a flexión concluyéndose que este fenómeno es evidente en la zona gobernada por el hormigón sin refuerzo (f_{top}), puesto que se presentan reducciones de resistencia de hasta el 40.56 % al comparar las probetas de mayor canto con las pequeñas.
- Al comparar las resistencias residuales con el coeficiente de orientación en los puntos de deflexión definidos para el estudio, se observó que estos esfuerzos varían en función de este coeficiente. Por lo tanto, se concluye que las propiedades mecánicas de fractura en los hormigones reforzados con fibra están influenciadas por el coeficiente de orientación.
- Se desacopló la distribución de fibras efectivas contabilizadas en el plano de fractura y se obtuvo que para un mismo número de fibras el esfuerzo registrado en las probetas grandes disminuye al compararlo con las probetas pequeñas. Se concluyó que el fenómeno efecto tamaño también afecta a la zona gobernada por el comportamiento de las fibras.
- El comportamiento a flexión mejora con el incremento de la fracción volumétrica de fibras añadidas a la matriz del hormigón.
- Se evidenció que el comportamiento a compresión de hormigón simple y HRFP no presenta mejoras notorias en los cilindros de tamaño 150x300mm, sin embargo, los cilindros de 100x200mm aumentan su resistencia hasta un 6.46 % al añadir fibras durante el amasado de la mezcla.
- Se observó una disminución de la resistencia a compresión en las probetas grandes respecto a las pequeñas de hasta un 12%, por lo que se concluye que el fenómeno de efecto tamaño afecta al comportamiento a compresión de cilindros sin fibra y dosificados con 3kg/m^3 y 6kg/m^3 .

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda continuar con la campaña experimental en lo que se refiere a ensayos a flexión de vigas de distinto tamaño y variar con el porcentaje de fibra, así como también el tipo de material por el que está compuesto, con el fin de complementar la información compartida en este trabajo de investigación.
- Adquirir áridos con calidad certificada, puesto que la resistencia depende en gran medida de ellos.
- Utilizar árido grueso de menor tamaño con el fin de mejorar la trabajabilidad del hormigón, así mismo hacer uso de aditivos que no intervenga en la evolución normal de la resistencia de las probetas.
- Ensayar las probetas a flexión en máquinas con menor capacidad de compresión, con el fin de registrar con más precisión la variabilidad en las cargas residuales luego de la fisuración del hormigón.
- Se recomienda calibrar la máquina de compresión utilizada en el ensayo luego de la manipulación de sus accesorios.

MATERIAL DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] R. Christ *et al.*, “Study of mechanical behavior of ultra-high performance concrete (UHPC) reinforced with hybrid fibers and with reduced cement consumption”, *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 34, núm. 2, pp. 159–168, ene. 2019, [En línea]. Disponible en: www.ricuc.cl
- [2] H. Cifuentes y F. Medina, “Análisis del comportamiento en fractura y del efecto de borde en hormigones de altas prestaciones reforzados con fibras de polipropileno”, Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla, 2010.
- [3] A. Curi, J. Gálvez, y M. García, “ESTUDIO DEL EFECTO DE TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE POLIOLEFINA”, Tesis de Máster, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2018.
- [4] X. Du y L. Jin, *Size Effect in Concrete Materials and Structures*. Singapore, 2021.
- [5] F. Medina y H. Cifuentes, “HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO. INFLUENCIA DE LA DUCTILIDAD DE LA FIBRA SOBRE LA FRAGILIDAD Y EL EFECTO TAMAÑO”, *Anales de la Mecánica de Fractura*, vol. 1, pp. 215–220, 2007.
- [6] ACI Committee 544, “Guide to design with fiber-reinforced concrete”, jul. 2018.
- [7] Í. S. Reyes Gonzalez y S. Carmona Malasteta, “Caracterización del comportamiento de hormigones reforzados con fibras de acero tipo 3D, 4D y 5D, usando ensayo ASTM C1609”, *Inf. La Construcción*, vol. 34, núm. 342, pp. 5–17, 2016, [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11673/23499>
- [8] M. G. Alberti, A. Enfedaque, y J. C. Gálvez, “Fracture mechanics of polyolefin fibre reinforced concrete: Study of the influence of the concrete properties, casting procedures, the fibre length and specimen size”, *Eng Fract Mech*, vol. 154, pp. 225–244, mar. 2016, doi: 10.1016/j.engfracmech.2015.12.032.
- [9] American Society for Testing and Materials, “ASTM C 1116/C 116M-06 Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete”, *ASTM Internacional*, pp. 1–7, 2007.

- [10] Z. P. Bazant y F. Asce, “SIZE EFFECT IN BLUNT FRACTURE: CONCRETE, ROCK, METAL”, *J Eng Mech*, vol. 110, núm. 4, pp. 519–535, may 1983.
- [11] Z. P. Bažant *et al.*, “Quasibrittle fracture scaling and size effect”, *Mater Struct*, vol. 37, pp. 547–568, 2004, [En línea]. Disponible en: http://porto.polito.it/terms_and_conditions.
- [12] J. R. Carmona y G. Ruiz, “Evaluación de la carga de fallo por tracción diagonal en vigas de hormigón armado sin cercos a través del estudio del efecto de tamaño”, *Informes de la Construcción*, vol. 67, núm. 539, 2015, doi: 10.3989/ic.14.092.
- [13] E. A. Barbosa y G.-R. H. Gallardo Eraso, “COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIAS A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN EMPLEANDO CILINDROS DE DIMENSIONES NO ESTANDARIZADAS”, *Ingeniería e Investigación*, vol. 1, núm. 1, pp. 41–55, 1997.
- [14] D. J. Aragón y A. Navas, “Medición de la resistencia a la compresión del concreto mediante cilindros de 100 por 200 mm y de 150 por 300 mm para el control de calidad de obras”, *Infraestructura vial*, núm. 25, pp. 9–13, nov. 2012.
- [15] A. Akram, “Size effect at testing strength properties of concrete”, *Budownictwo i Architektura*, vol. 20, núm. 4, pp. 037–046, dic. 2021, doi: 10.35784/bud-arch.2821.
- [16] M. Daneshfar, A. Hassani, M. R. M. Aliha, y T. Sadowski, “Assessment of the Specimen Size Effect on the Fracture Energy of Macro-Synthetic-Fiber-Reinforced Concrete”, *Materials*, vol. 16, núm. 2, p. 673, ene. 2023, doi: 10.3390/ma16020673.
- [17] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 696 Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso”, Quito, 2011.
- [18] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 858 Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos”, Quito, 2010.

- [19] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 856 Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad Específica) y absorción del árido fino.”, Quito, 2010.
- [20] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 857 Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso”, Quito, 2010.
- [21] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 1578 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento”, 2010.
- [22] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2528 Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos”, Quito, 2010.
- [23] American Society for Testing and Materials, “ASTM C 1609/ 1609M-05 Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)”, *ASTM International*, vol. i, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1520/C1609_C1609M-19.
- [24] American Society for Testing and Materials, “ASTM C31/C31M -19 Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field”, *ASTM International*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1520/C0031_C0031M-19.
- [25] M. G. Alberti, “Polyolefin fibre-reinforced concrete: from material behaviour to numerical and design considerations Tesis Doctoral”, Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid , Madrid, 2015.
- [26] R. R. Mera Ortiz, “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO/ POLIETILENO”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [27] D. V. Yanchaguano y D. C. Coello, “ANÁLISIS DE ALUMINOSILICATOS COMO MATERIAL DE SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO TIPO GU EN LA CONSTRUCCIÓN”, Ambato, feb. 2021.
- [28] M. H. A. Beygi, M. T. Kazemi, J. Vaseghi Amiri, I. M. Nikbin, S. Rabbanifar, y E. Rahmani, “Evaluation of the effect of maximum aggregate size on fracture behavior of self compacting concrete”, *Constr Build Mater*, vol. 55, pp. 202–211, mar. 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.01.065.

- [29] M. Fernández Ruiz y A. Muttoni, “Size effect in shear and punching shear failures of concrete members without transverse reinforcement: Differences between statically determinate members and redundant structures”, *Structural Concrete*, vol. 19, núm. 1, pp. 65–75, feb. 2018, doi: 10.1002/suco.201700059.
- [30] W. J. Ramírez, J. Gálvez, M. García, y A. Enfedaque, “Fractura en modo mixto (tracción y cortante) de elementos de hormigón reforzados con fibras”, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2018.
- [31] M. G. Alberti, A. Enfedaque, J. C. Gálvez, y V. Agrawal, “Reliability of polyolefin fibre reinforced concrete beyond laboratory sizes and construction procedures”, *Compos Struct*, vol. 140, pp. 506–524, abr. 2016, doi: 10.1016/j.compstruct.2015.12.068.
- [32] N. Buratti, C. Mazzotti, y M. Savoia, “Post-cracking behaviour of steel and macro-synthetic fibre-reinforced concretes”, *Constr Build Mater*, vol. 25, núm. 5, pp. 2713–2722, may 2011, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.12.022.
- [33] K. Noghabai, “BEAMS OF FIBROUS CONCRETE IN SHEAR AND BENDING: EXPERIMENT AND MODEL”, *JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING*, vol. 126, núm. 2, pp. 243–251, feb. 2000.
- [34] I. M. Ruth y L. P. Maldonado, “Análisis de la influencia de la velocidad de carga, curado y tamaño del espécimen en la resistencia cilíndrica a compresión del hormigón”, Universidad Técnica de Ambato, Latacunga, 2022.

Anexos

Anexo 1. Densidad real del cemento

MÉTODO DEL PICNÓMETRO/CALIBRACIÓN		ENSAYADO POR:		Verónica E. Salcedo R.			
NORMA	NTE INEN 156 / ASTM C 188-03	TIPO	CGU				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	E1	E2	E3	E4	
M1	Masa del picnómetro	gr	151,8	151,8	151,8	151,8	
M2	Masa del picnómetro + Cemento	gr	215,8	215,8	215,8	215,8	
M3	Masa del picnómetro + cemento + Gasolina	gr	567,85	569,14	569,34	570,88	
M4=M3-M2	Masa Gasolina Añadida	gr	352,05	353,34	353,54	355,08	
M5	Masa del picnómetro + 500cm ³ Gasolina	gr	519,18	520,44	520,65	522,35	
M6=M5-M1	Masa 500cm ³ Gasolina	gr	367,38	368,64	368,85	370,55	
DG=M6/500cm ³	Densidad de la Gasolina	gr/cm ³	0,735	0,737	0,738	0,741	
M7=M6-M4	Masa de la Gasolina desalojada por el cemento	gr	15,33	15,30	15,31	15,47	
MC=M2-M1	Masa de la cemento	gr	64	64	64	64	
	Temperatura	°C	26	23	22,5	18,5	
VG=M7/DG	Volumen de Gasolina Desalojada	cm ³	20,866	20,750	20,752	20,876	
DRC=MC/VG	Densidad Real del cemento	gr/cm ³	3,067	3,084	3,084	3,066	
DRP	Densidad Real Promedio	gr/cm ³	3,075				

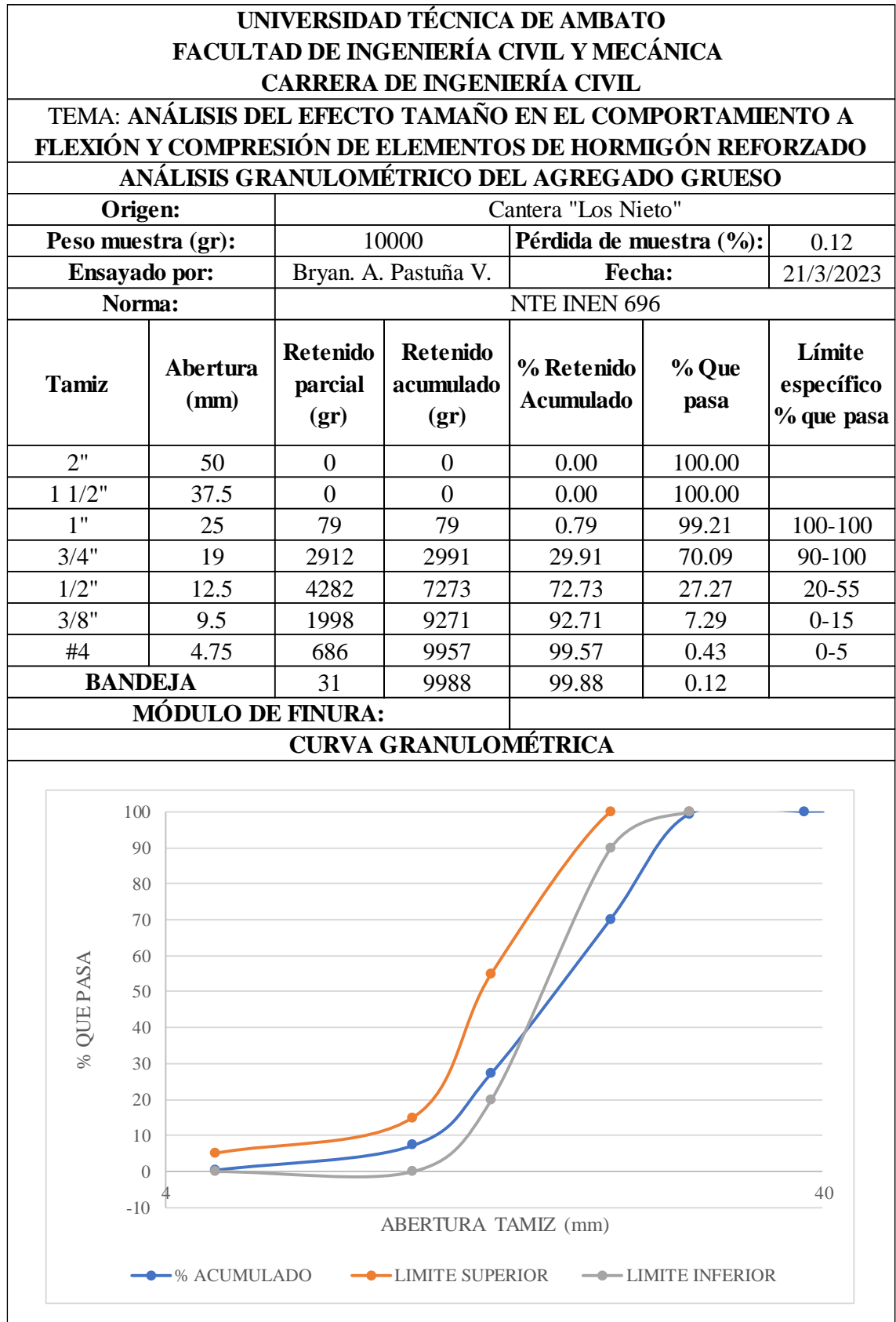
Fuente: D. Yanchaguano and D. Coello, “ANÁLISIS DE ALUMINOSILICATOS COMO MATERIAL DE SUTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO TIPO HU EN LA CONSTRUCCIÓN,”[27]

Anexo 2. Análisis granulométrico del árido fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO						
Origen:		Cantera "Los Nieto"				
Peso muestra (gr):		1000	Pérdida de muestra (%):		0.33	
Ensayado por:		Bryan A.Pastuña V.	Fecha:		21/3/2023	
Norma:		NTE INEN 696				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Límite específico % que pasa
3/8	9.5	4.8	4.8	0.48	99.52	100
#4	4.75	23.6	28.4	2.84	97.16	95-100
#8	2.36	121.6	150	15.00	85.00	80-100
#16	1.18	181.8	331.8	33.18	66.82	50-85
#30	0.6	191.4	523.2	52.32	47.68	25-60
#50	0.3	207.3	730.5	73.05	26.95	5-30
#100	0.15	138	868.5	86.85	13.15	0-10
#200	0.08	62.5	931	93.10	6.90	
BANDEJA		65.7	996.7	99.67	0.33	
MÓDULO DE FINURA:				2.64		
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como '% QUE PASA' (rango 0-100) y el eje X etiquetado como 'ABERTURA TAMIZ (mm)' (rango logarítmico 0.05-5). Se observan tres series de datos: una línea azul con marcadores de círculo para '% ACUMULADO', una línea naranja con marcadores de círculo para 'LIMITE SUPERIOR' y una línea gris con marcadores de círculo para 'LIMITE INFERIOR'. Las líneas superior e inferior representan los límites de especificación, y la línea azul representa el resultado experimental.</p>						

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 3. Análisis granulométrico del árido grueso



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 4. Densidad real del árido fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
Origen:	Cantera "Los Nieto"			
Ensayado por:	Bryan A. Pastuña V.	Fecha:	27/3/2023	
Norma:	NTE INEN 856			
DATO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
M1	Masa del picnómetro	gr	148.700	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	198.700	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	676.900	
M4= M3 - M2	Masa agua añadida	gr	478.200	
M5	Masa del picnómetro + 500 cc de agua	gr	647.100	
M6= M5 - M1	Masa de 500cc de agua	gr	498.400	
DA= M6/500 cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	0.997	
M7= M6 - M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	20.200	
Msss= M2 - M1	Masa del agregado	gr	50.000	
Vsss= M7 / DA	Volúmen del agua desalojada	cm ³	20.265	
DRA= Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm ³	2.467	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
M7	Masa del recipiente	gr	30.920	30.446
M8	Masa del recipiente + muestra SS	gr	89.754	113.416
M9 = M8 - M7	Masa de la muestra SSS	gr	58.834	82.970
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	88.600	111.700
M11 = M10 - M7	Masa de la muestra seca	gr	57.680	81.254
CA = (M9 - M11)/ M11*100	Capacidad de absorción	%	2.001	2.112
P2= (CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2.056	

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 5. Densidad real del árido grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
Origen:	Mina "Los Nieto"			
Ensayado por:	Bryan A. Pastuña V.	Fecha:	28/3/2023	
Norma:	NTE INEN 857			
DATO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1172.000	
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1005.000	
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	2673.000	
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	1931.000	
DA	Densidad real del agua	gr	1.000	
M5= M3 - M1	Masa de la muestra SSS en el	gr	1501.000	
M6= M4 - M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr/cm ³	926.000	
VR= (M5-M6) / DA	Volúmen real de la muestra	gr	575.000	
DR = M5/VR	Densidad del ripio	gr	2.610	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
M7	Masa del recipiente	gr	30.850	30.930
M8	Masa del recipiente + muestra SS	gr	162.280	152.100
M9 = M8 - M7	Masa de la muestra SSS	gr	131.430	121.170
M10	Masa del recipiente + muestra sec	gr	158.600	148.600
M11 = M10 - M7	Masa de la muestra seca	gr	127.750	117.670
CA = (M9 - M11)/ M11*100	Capacidad de absorción	%	2.881	2.974
P2= (CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedi	%	2.928	

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 6. Peso unitario suelto y compactado de los agregados

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Origen:	Cantera "Los Nieto"			
Ensayado por:	Bryan A. Pastuña V.	Fecha:	22/3/2023	
Norma:	NTE INEN 858			
Masa recipiente (kg):	9.83			
Volúmen recipiente (dm³)	20.85			
Agregado	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario (kg/dm ³)	Peso unitario promedio kg/dm ³
GRUESO	37.605	27.775	1.33	1.332
	37.615	27.785	1.33	
FINO	40.295	30.465	1.46	1.459
	40.22	30.39	1.46	
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Origen:	Mina "Las Viñas"			
Ensayado por:	Bryan A. Pastuña V.	Fecha:	1/5/2023	
Norma:	NTE INEN 858			
Masa recipiente (kg):	9.83			
Volúmen recipiente (dm³)	20.85			
Agregado	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario (kg/dm ³)	Peso unitario promedio kg/dm ³
GRUESO	40.37	30.54	1.46	1.465
	40.375	30.545	1.46	
FINO	43.055	33.225	1.59	1.591
	42.93	33.1	1.59	

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 7. Densidad aparente compactada de la mezcla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS								
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO								
Origen:		Mina "Las Viñas"						
Ensayado por:		Bryan A. Pastuña V.			Fecha:		23/3/2023	
Masa recipiente (kg):		9.83						
Volúmen recipiente (dm³):		20.85						
Norma:		NTE INEN 858						
MEZCLA		CANTIDAD (KG)		FINO AÑADIDO (KG)	AGREGADO + RECIPIENTE (KG)	AGREGADO (KG)	PESO UNITARIO (KG/DM3)	PESO UNITARIO PROMEDIO
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100	0	40	0	0	39.46	29.63	1.42	1.42
					39.49	29.66	1.42	
90	10	40	4.44	4.44	42.16	32.33	1.55	1.55
					42.33	32.50	1.56	
80	20	40	10	5.56	44.23	34.40	1.65	1.67
					44.91	35.08	1.68	
70	30	40	17.14	7.14	47.29	37.46	1.80	1.79
					47.13	37.30	1.79	
60	40	40	26.67	9.53	48.85	39.02	1.87	1.88
					49.39	39.56	1.90	
50	50	40	40	13.33	49.45	39.62	1.90	1.90
					49.34	39.51	1.89	
40	60	40	60	20	48.79	38.96	1.87	1.87
					48.96	39.13	1.88	

● DENSIDAD ÓPTIMA — % MÁXIMO — % ÓPTIMO

Porcentaje máximo de agregado fino	53	%
Porcentaje máximo de agregado grueso	47	%
Porcentaje óptimo de agregado fino	49	%
Porcentaje óptimo de agregado grueso	51	%
Peso unitario máximo	1.892	gr/cm ³
Peso unitario óptimo	1.887	gr/cm ³

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 8. Dosificación por el método de la densidad óptima

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS					
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA					
Elaborado por:		Bryan A. Pastuña V.		Datos de tablas	
Fecha:				W/C	0.56
Datos de ensayo			Cantidad de pasta		POV+2%+13% (POV)
f'c	240	kg/cm ²	CÁLCULOS		
Asentamiento	12 a 15	cm	DRM	2.54	gr/cm ³
DRC	3.075	gr/cm ³	POV	25.71	%
DRA	2.467	gr/cm ³	CP	310.48	dm ³
DRR	2.61	gr/cm ³	W	196.42	kg
POA	49	%	C	350.75	kg
POR	51	%	A	833.51	kg
DOM	1.887	gr/cm ³	R	917.81	kg
DOSIFICACION AL PESO					
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO	CANTIDAD EN (KG) POR SACO DE 50 KG	
W	196.42		0.56	28.00	
C	350.75		1	50.00	
A	833.51		2.38	118.82	
R	917.81		2.62	130.84	
TOTAL	2298.49		kg/m ³		
Nomenclatura					
DRC	Densidad real del cemento		POV	Porcentaje óptimo de vacíos	
DRA	Densidad real de la arena		CP	Cantidad de pasta	
DRR	Densidad real del ripio		W	Cantidad de agua	
POA	Porcentaje óptimo de arena		C	Cantidad de cemento	
POR	Porcentaje óptimo de ripio		A	Cantidad de arena	
DOM	Densidad óptima de la mezcla		R	Cantidad de ripio	
DRM	Densidad real de la mezcla				

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 9. Dosificación para probetas de 0kg/m³ de fibra

- Vigas 100x100x350mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			0			
DATOS						
Alto	0.1	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.01	m ³	
Largo	0.35	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		2.06	
C	350.75		1		3.68	
A	833.51		2.38		8.75	
R	917.81		2.62		9.64	
Fibra					0.00	
Plastificante					18.41	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACION AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.37	0.46	1.69
C (KG)					1.00	3.68
A (KG)	2.06	8.34	-6.284	-0.55	2.53	9.30
R (KG)	2.93	1.10	1.828	0.18	2.57	9.46
Fibra (gr)						
Plastificante (gr)						18.41

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Vigas 100x200x300mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			0			
DATOS						
Alto	0.2	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.04	m ³	
Largo	0.65	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		7.66	
C	350.75		1		13.68	
A	833.51		2.38		32.51	
R	917.81		2.62		35.79	
Fibra					0.00	
Plastificante					68.40	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACION AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-1.39	0.46	6.27
C (KG)					1.00	13.68
A (KG)	2.06	8.34	-6.284	-2.04	2.53	34.55
R (KG)	2.93	1.10	1.828	0.65	2.57	35.14
Fibra (gr)						
Plastificante (gr)						68.40

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Vigas 100x300x950mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			0			
DATOS						
Alto	0.3	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.09	m ³	
Largo	0.95	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		16.79	
C	350.75		1		29.99	
A	833.51		2.38		71.26	
R	917.81		2.62		78.47	
Fibra					0.00	
Plastificante					149.95	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-3.04	0.46	13.75
C (KG)					1.00	29.99
A (KG)	2.06	8.34	-6.284	-4.48	2.53	75.74
R (KG)	2.93	1.10	1.828	1.43	2.57	77.04
Fibra (gr)						
Plastificante (gr)						149.95

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Cilindros 100x200mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			0			
DATOS						
Diametro	0.1	m	Volumen del espécimen		0.0016	
Altura	0.2	m	N de probetas		6	
Volumen requerido			0.0094			
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		1.85	
C	350.75		1.00		3.31	
A	833.51		2.38		7.86	
R	917.81		2.62		8.65	
Fibra						
Plastificante						
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.34	0.46	1.52
C (KG)					1.00	3.31
A (KG)	2.06	8.34	-6.28	-0.49	2.53	8.35
R (KG)	2.93	1.10	1.83	0.16	2.57	8.49
Fibra (gr)						-
Plastificante (gr)						1.65

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Cilindros 150x300mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			0			
DATOS						
Diametro	0.15	m	Volumen del espécimen		0.0053	
Altura	0.3	m	N de probetas		4	
Volumen requerido			0.0212			
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		4.17	
C	350.75		1.00		7.44	
A	833.51		2.38		17.68	
R	917.81		2.62		19.46	
Fibra						
Plastificante						
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.75	0.46	3.41
C (KG)					1.00	7.44
A (KG)	2.06	8.34	-6.28	-1.11	2.53	18.79
R (KG)	2.93	1.10	1.83	0.36	2.57	19.11
Fibra (gr)						-
Plastificante (gr)						37.18954851

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 10. Dosificación para probetas de 3kg/m³ de fibra

- Vigas 100x100x350mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:		Bryan A. Pastuña V.				
Cantidad de fibra:		3				
DATOS						
Alto	0.1	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.01	m ³	
Largo	0.35	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACIÓN AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		2.06	
C	350.75		1		3.68	
A	833.51		2.38		8.75	
R	917.81		2.62		9.64	
Fibra					31.50	
Plastificante					18.41	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.83	0.33	1.23
C (KG)					1.00	3.68
A (KG)	2.06	12.75	-10.694	-0.94	2.63	9.69
R (KG)	2.93	1.85	1.080	0.10	2.59	9.53
Fibra (gr)						31.5
Plastificante (gr)						18.41

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Vigas 100x200x650mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:		Bryan A. Pastuña V.				
Cantidad de fibra:		3				
DATOS						
Alto	0.15	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.02	m ³	
Largo	0.5	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		4.42	
C	350.75		1		7.89	
A	833.51		2.38		18.75	
R	917.81		2.62		20.65	
Fibra					67.50	
Plastificante					39.46	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-1.78	0.33	2.64
C (KG)					1.00	7.89
A (KG)	2.06	12.75	-10.694	-2.01	2.63	20.76
R (KG)	2.93	1.85	1.080	0.22	2.59	20.43
Fibra (gr)						67.5
Plastificante (gr)						39.46

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Vigas 100x300x950mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:		Bryan A. Pastuña V.				
Cantidad de fibra:		3				
DATOS						
Alto	0.2	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.04	m ³	
Largo	0.65	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		7.66	
C	350.75		1		13.68	
A	833.51		2.38		32.51	
R	917.81		2.62		35.79	
Fibra					117.00	
Plastificante					68.40	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-3.09	0.33	4.57
C (KG)					1.00	13.68
A (KG)	2.06	12.75	-10.694	-3.48	2.63	35.98
R (KG)	2.93	1.85	1.080	0.39	2.59	35.41
Fibra (gr)						117
Plastificante (gr)						68.40

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Cilindros 100x200mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			3			
DATOS						
Diametro	0.1	m	Volumen del espécimen		0.0016	
Altura	0.2	m	N de probetas		6	
Volumen requerido			0.0094			
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		1.85	
C	350.75		1.00		3.31	
A	833.51		2.38		7.86	
R	917.81		2.62		8.65	
Fibra						
Plastificante						
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.75	0.33	1.10
C (KG)					1.00	3.31
A (KG)	2.06	12.75	-10.69	-0.84	2.63	8.70
R (KG)	2.93	1.85	1.08	0.09	2.59	8.56
Fibra (gr)						28.27
Plastificante (gr)						1.65

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Cilindros 150x300mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			3			
DATOS						
Diametro	0.15	m	Volumen del espécimen		0.0053	
Altura	0.3	m	N de probetas		4	
Volumen requerido			0.0212			
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		4.17	
C	350.75		1.00		7.44	
A	833.51		2.38		17.68	
R	917.81		2.62		19.46	
Fibra						
Plastificante						
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-1.68	0.33	2.48
C (KG)					1.00	7.44
A (KG)	2.06	12.75	-10.69	-1.89	2.63	19.57
R (KG)	2.93	1.85	1.08	0.21	2.59	19.25
Fibra (gr)						63.62
Plastificante (gr)						37.19

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 11. Dosificación para probetas de 6kg/m³

- Vigas 100x100x350

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			6			
DATOS						
Alto	0.1	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.01	m ³	
Largo	0.35	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		2.06	
C	350.75		1		3.68	
A	833.51		2.38		8.75	
R	917.81		2.62		9.64	
Fibra					0.00	
Plastificante					18.41	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACION AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.37	0.46	1.69
C (KG)					1.00	3.68
A (KG)	2.06	8.34	-6.284	-0.55	2.53	9.30
R (KG)	2.93	1.10	1.828	0.18	2.57	9.46
Fibra (gr)						63
Plastificante (gr)						18.41

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Vigas 100x200x650mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			6			
DATOS						
Alto	0.15	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volúmen requerido	0.02	m ³	
Largo	0.5	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		4.42	
C	350.75		1		7.89	
A	833.51		2.38		18.75	
R	917.81		2.62		20.65	
Fibra					0.00	
Plastificante					39.46	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICA CIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.80	0.46	3.62
C (KG)					1.00	7.89
A (KG)	2.06	8.34	-6.284	-1.18	2.53	19.93
R (KG)	2.93	1.10	1.828	0.38	2.57	20.27
Fibra (gr)						135
Plastificante (gr)						39.46

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Vigas 100x300x950mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			6			
DATOS						
Alto	0.2	m	N de probetas	3	u	
Ancho	0.1	m	Volumen requerido	0.04	m ³	
Largo	0.65	m				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		7.66	
C	350.75		1		13.68	
A	833.51		2.38		32.51	
R	917.81		2.62		35.79	
Fibra					117.00	
Plastificante					68.40	
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACION AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-1.39	0.46	6.27
C (KG)					1.00	13.68
A (KG)	2.06	8.34	-6.284	-2.04	2.53	34.55
R (KG)	2.93	1.10	1.828	0.65	2.57	35.14
Fibra (gr)						234
Plastificante (gr)						68.40

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

- Cilindros 100x200mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			6			
DATOS						
Diametro	0.1	m	Volumen del espécimen		0.0016	
Altura	0.2	m	N de probetas		6	
Volumen requerido			0.0094			
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		1.85	
C	350.75		1.00		3.31	
A	833.51		2.38		7.86	
R	917.81		2.62		8.65	
Fibra						
Plastificante						
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.34	0.46	1.52
C (KG)					1.00	3.31
A (KG)	2.06	8.34	-6.28	-0.49	2.53	8.35
R (KG)	2.93	1.10	1.83	0.16	2.57	8.49
Fibra (gr)						56.55
Plastificante (gr)						1.65


Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

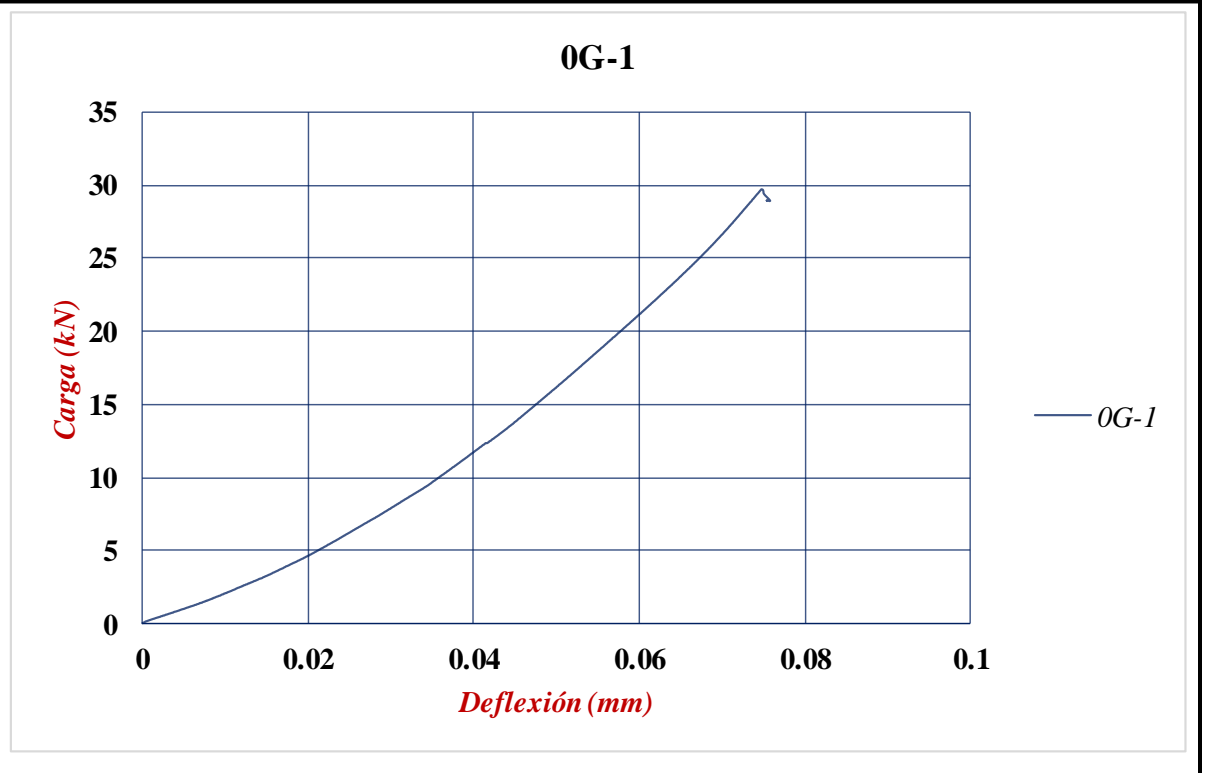
- Cilindros 150x300mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL EFECTO TAMAÑO EN EL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE ORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
Elaborado por:			Bryan A. Pastuña V.			
Cantidad de fibra:			6			
DATOS						
Diametro	0.15	m	Volumen del espécimen		0.0053	
Altura	0.3	m	N de probetas		4	
Volumen requerido			0.0212			
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD NECESARIA	
W	196.42		0.56		4.17	
C	350.75		1.00		7.44	
A	833.51		2.38		17.68	
R	917.81		2.62		19.46	
Fibra						
Plastificante						
CORRECCIÓN DE LA HUMEDAD						
Material	C.A	C.H	CORRECCION		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD
	%	%	%	KG		
W (KG)				-0.75	0.46	3.41
C (KG)					1.00	7.44
A (KG)	2.06	8.34	-6.28	-1.11	2.53	18.79
R (KG)	2.93	1.10	1.83	0.36	2.57	19.11
Fibra (gr)						127.23
Plastificante (gr)						37.19

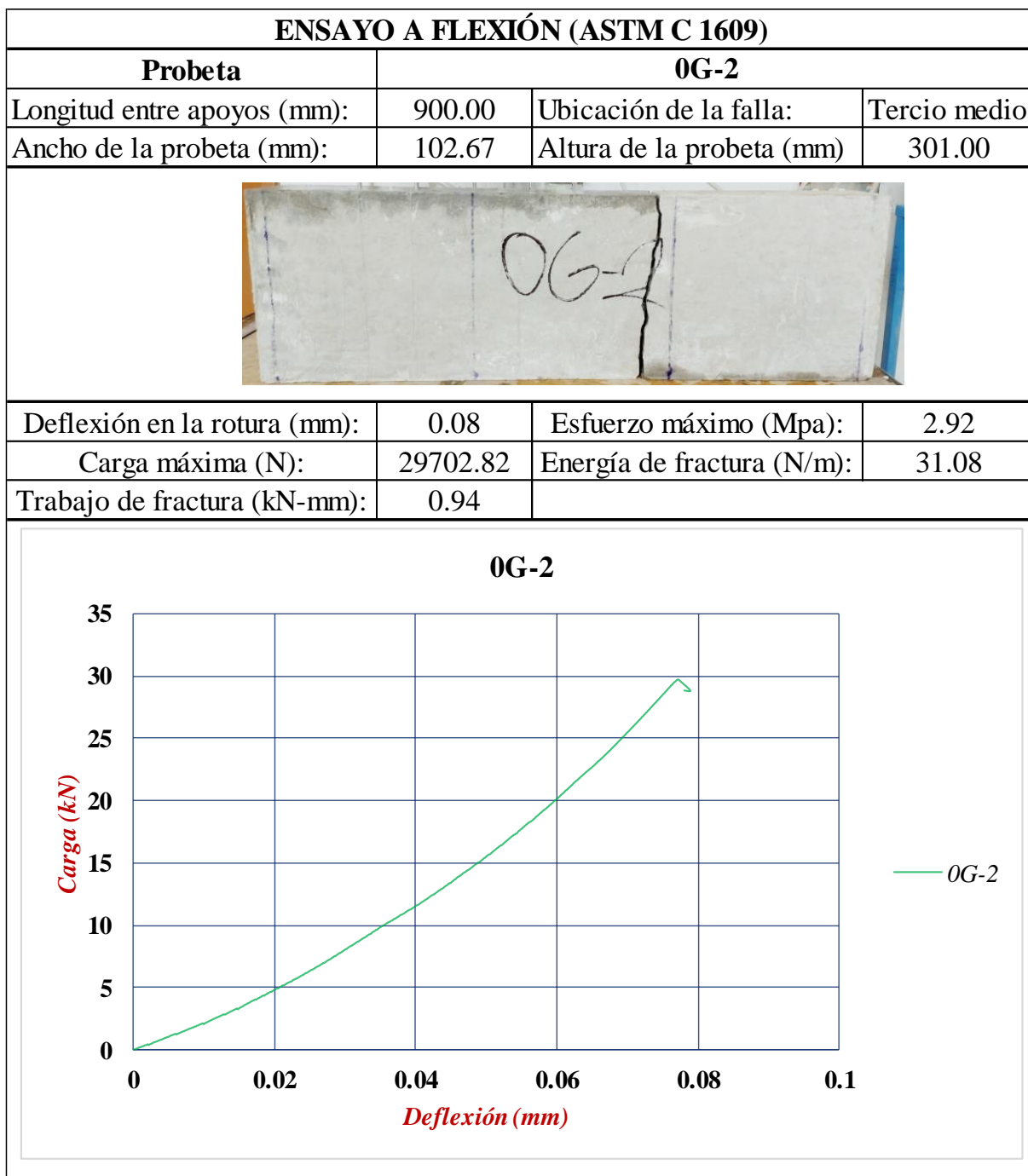
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 12. Reporte del ensayo a flexión (ASTM 1609)

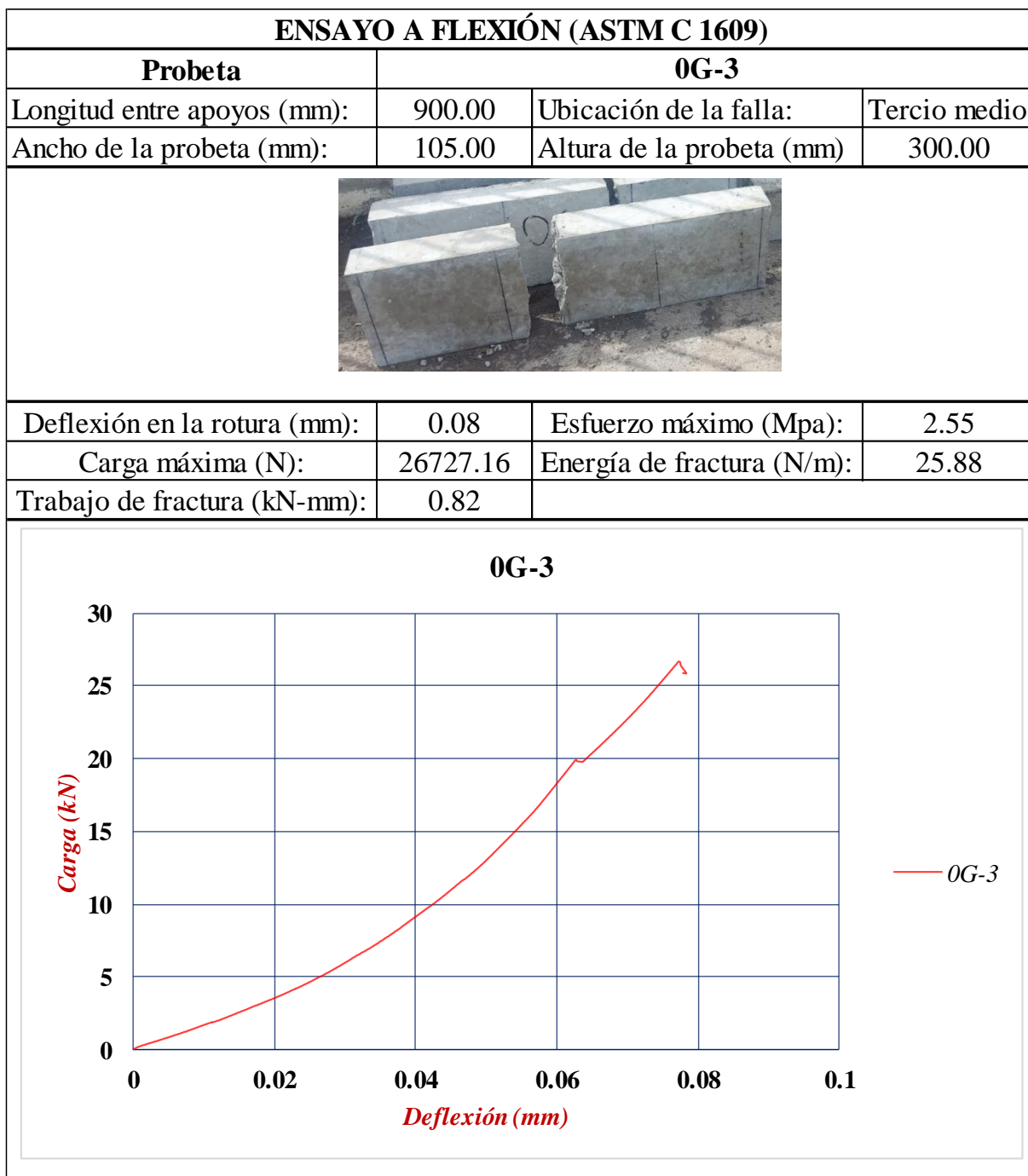
ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	0G-1		
Longitud entre apoyos (mm):	900.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102.00	Altura de la probeta (mm)	302.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.07	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.87
Carga máxima (N):	29696.84	Energía de fractura (N/m):	29.47
Trabajo de fractura (kN-mm):	0.91		




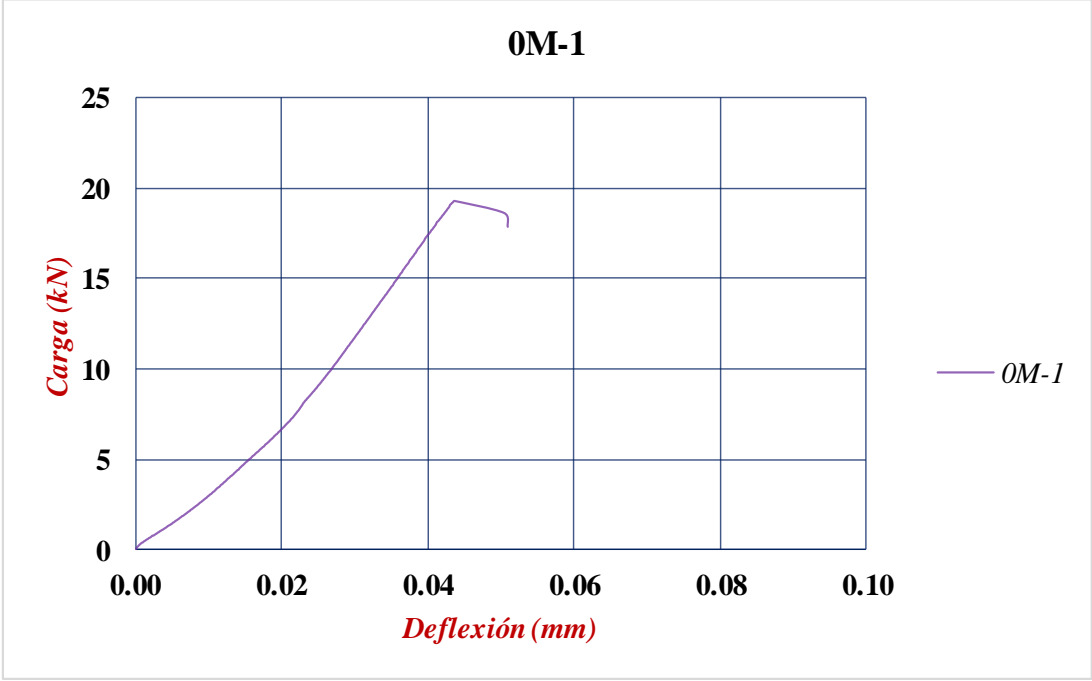
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas




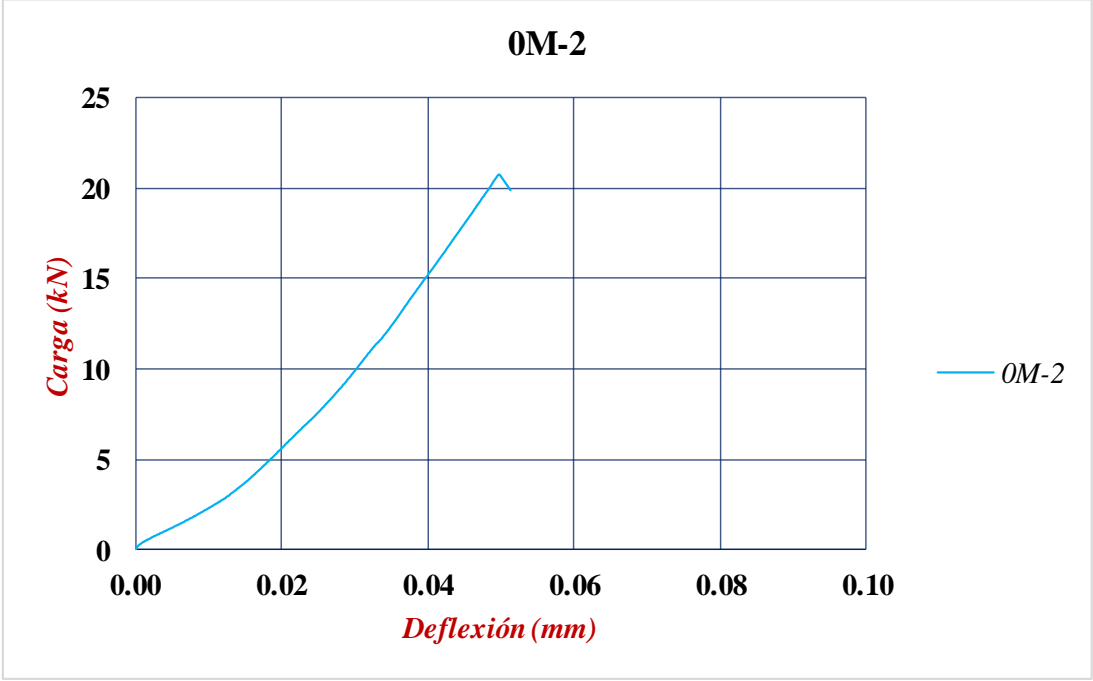
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas




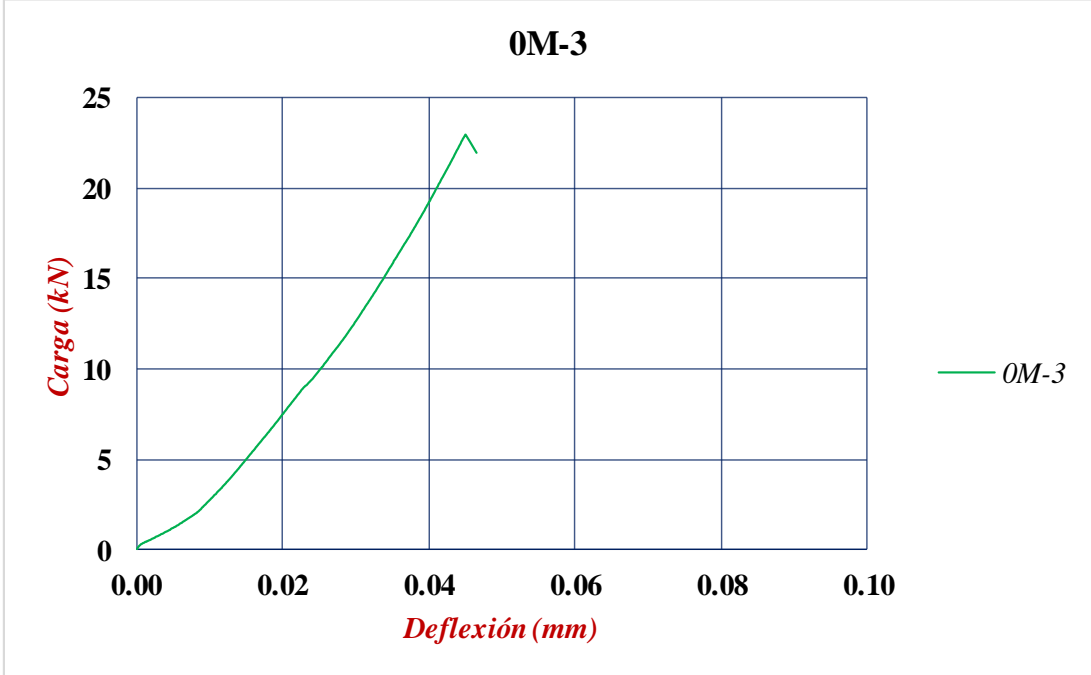
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	0M-1		
Longitud entre apoyos (mm):	600.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101.00	Altura de la probeta (mm)	200.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.04	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.87
Carga máxima (N):	19305.23	Energía de fractura (N/m):	24.56
Trabajo de fractura (kN-mm):	0.50		
			


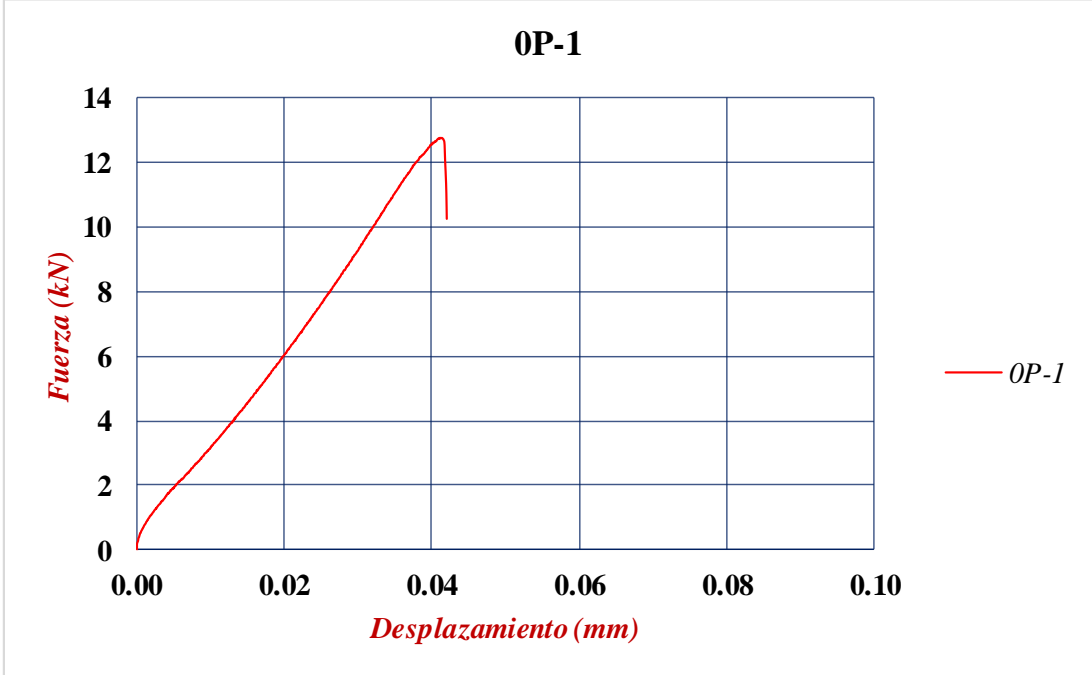
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	0M-2		
Longitud entre apoyos (mm):	600.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100.00	Altura de la probeta (mm)	200.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.05	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.12
Carga máxima (N):	20784.70	Energía de fractura (N/m):	21.43
Trabajo de fractura (kN-mm):	0.43		
			

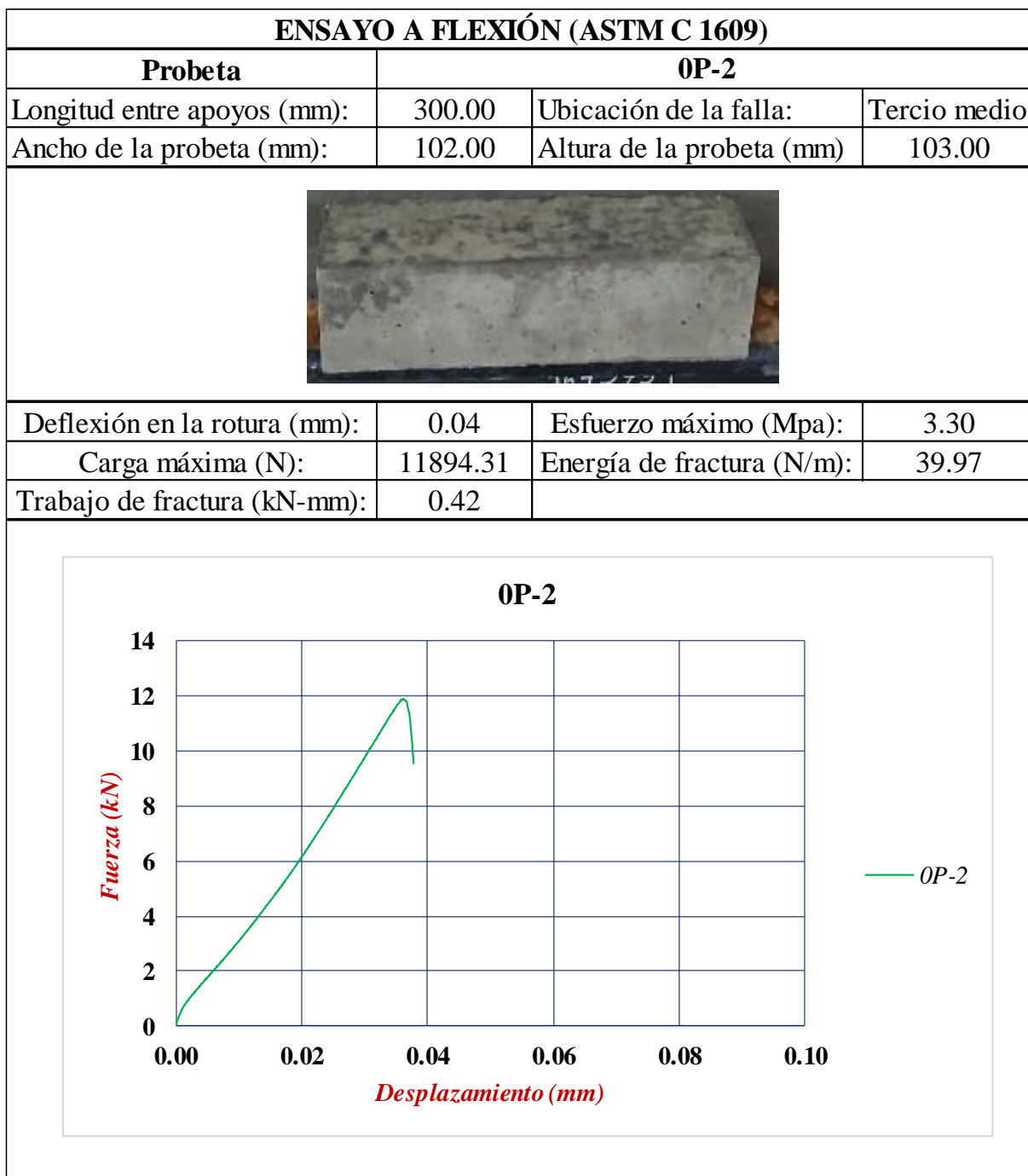
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	0M-3		
Longitud entre apoyos (mm):	600.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102.00	Altura de la probeta (mm)	203.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.04	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.27
Carga máxima (N):	22923.15	Energía de fractura (N/m):	22.20
Trabajo de fractura (kN-mm):	0.46		
			

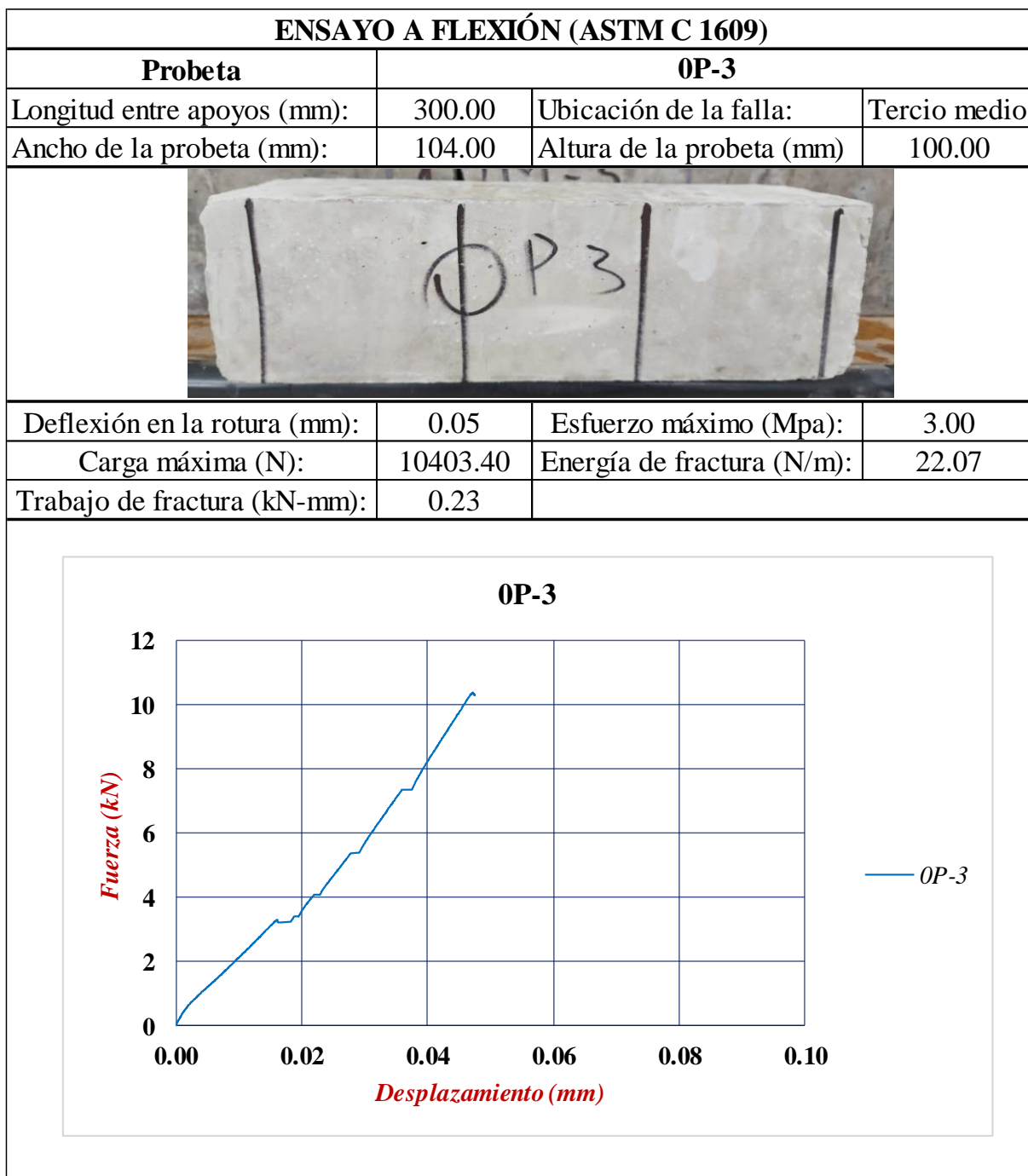
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	0P-1		
Longitud entre apoyos (mm):	300.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	103.00	Altura de la probeta (mm)	101.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.04	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.65
Carga máxima (N):	12773.68	Energía de fractura (N/m):	25.69
Trabajo de fractura (kN-mm):	0.27		
			


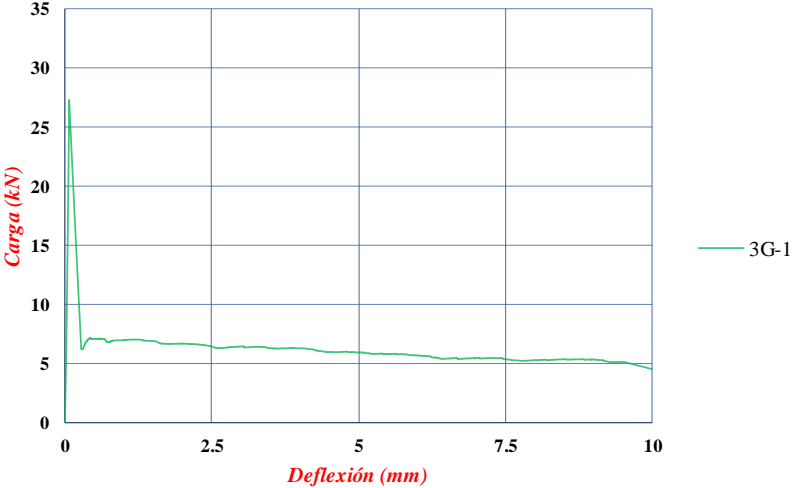
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas




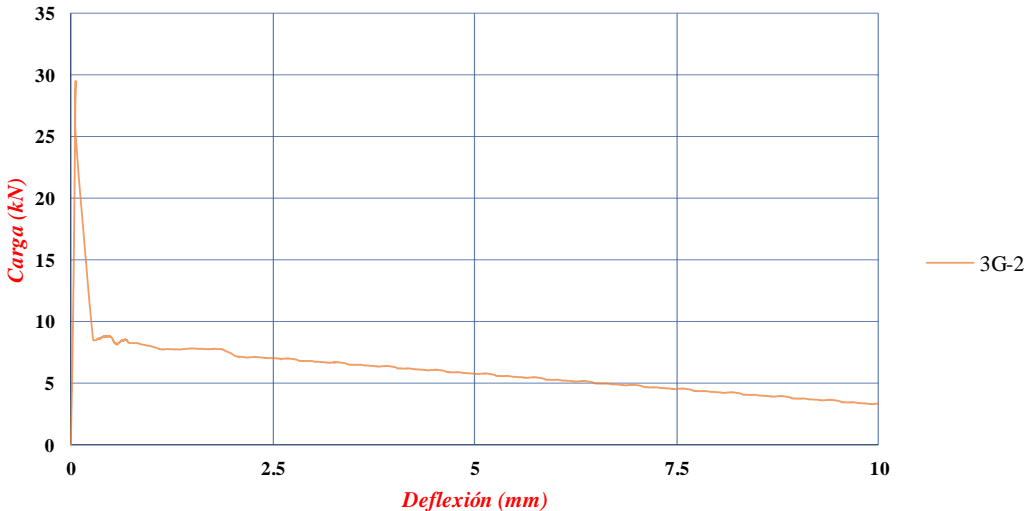
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas



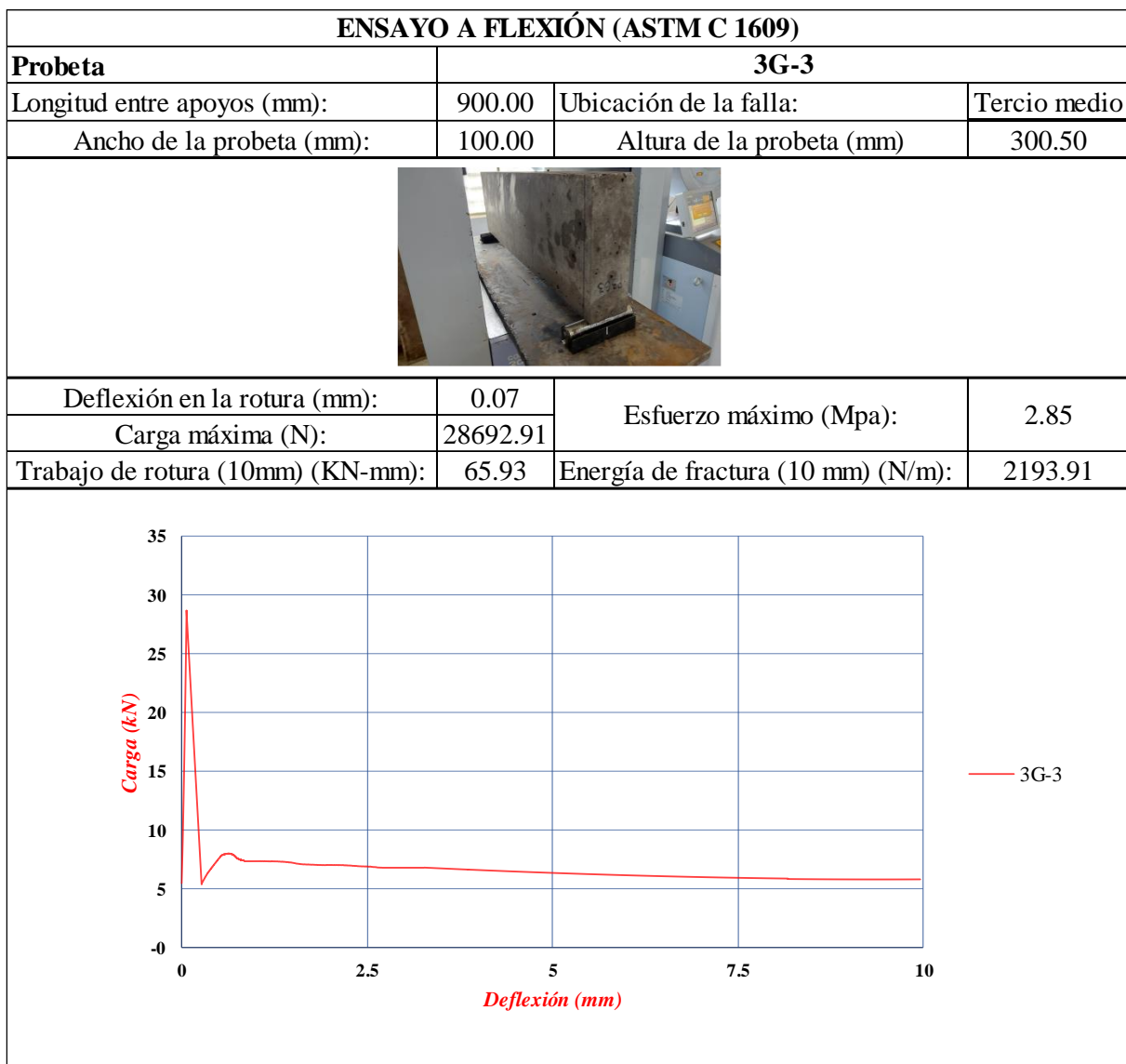
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	3G-1		
Longitud entre apoyos (mm):	900.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100.50	Altura de la probeta (mm)	300.50
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.07	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.32
Carga máxima (N):	27294.10		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	62.13	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	2057.10
			


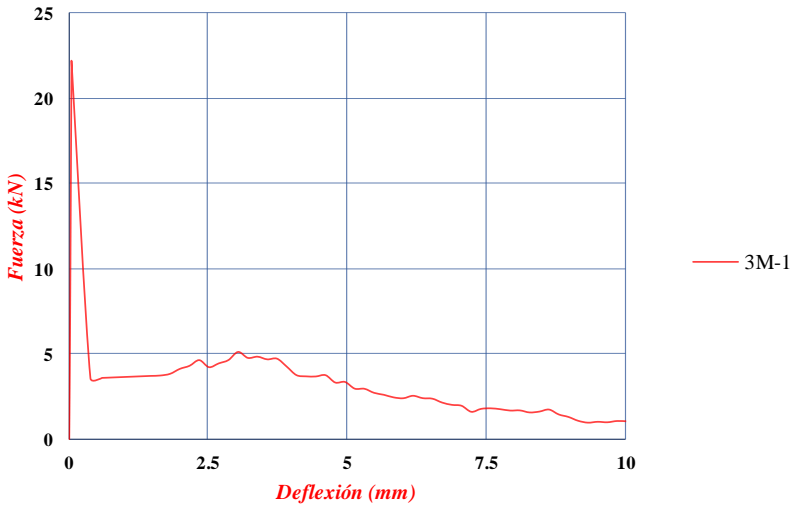
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	3G-2		
Longitud entre apoyos (mm):	900.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102.00	Altura de la probeta (mm)	301.50
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.06	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.32
Carga máxima (N):	29532.91		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	60.31	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	1961.01
			


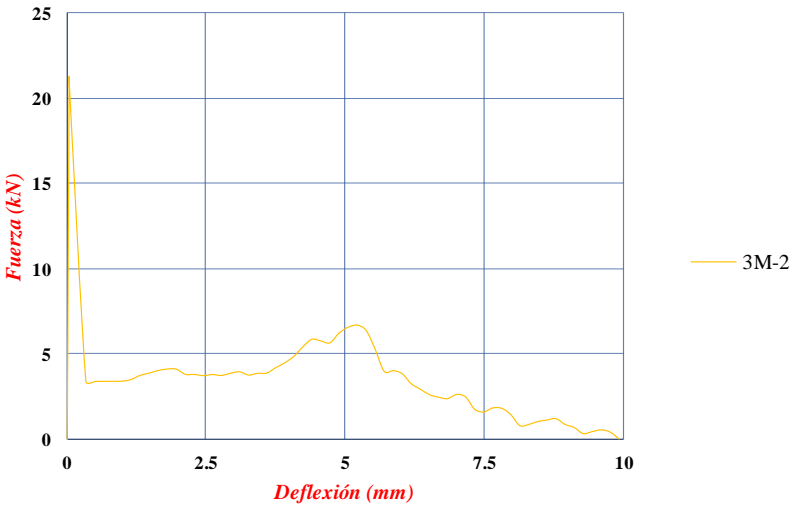
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas




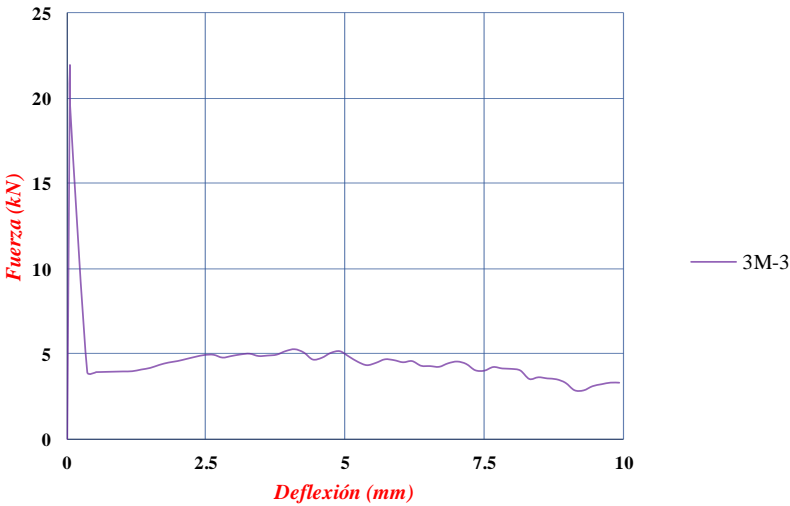
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta		3M-1	
Longitud entre apoyos (mm):	600.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100.00	Altura de la probeta (mm)	200.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.04	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.61
Carga máxima (N):	22208.05		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	33.06	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	1653.04
			


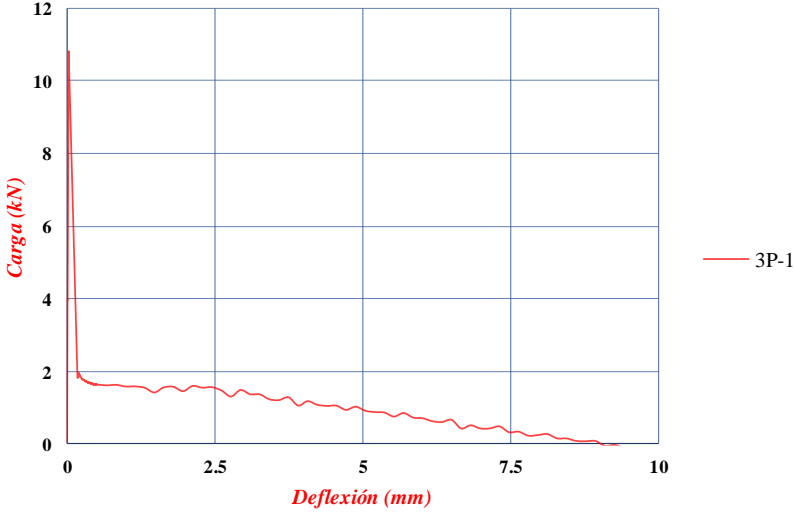
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	3M-2		
Longitud entre apoyos (mm):	600.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100.50	Altura de la probeta (mm)	200.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.03	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.40
Carga máxima (N):	2125.41		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	35.14	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	1748.33
			


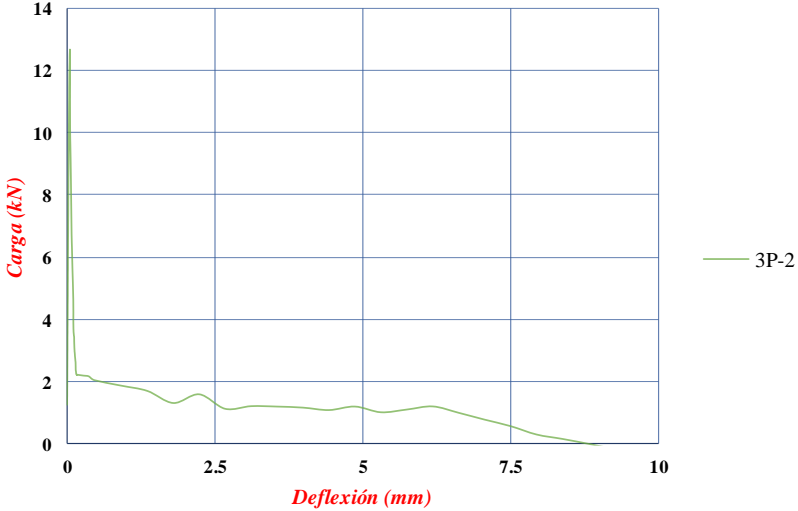
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	3M-3		
Longitud entre apoyos (mm):	600.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100.00	Altura de la probeta (mm)	199.50
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.05	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.59
Carga máxima (N):	21929.02		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	45.59	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	2285.35
			


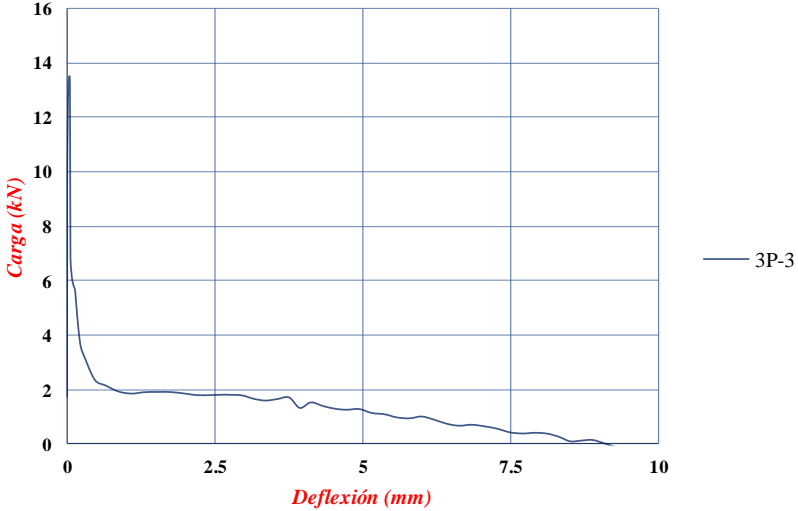
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	3P-1		
Longitud entre apoyos (mm):	300.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101.00	Altura de la probeta (mm)	103.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.03	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.53
Carga máxima (N):	10828.52		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	9.78	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	940.40
			

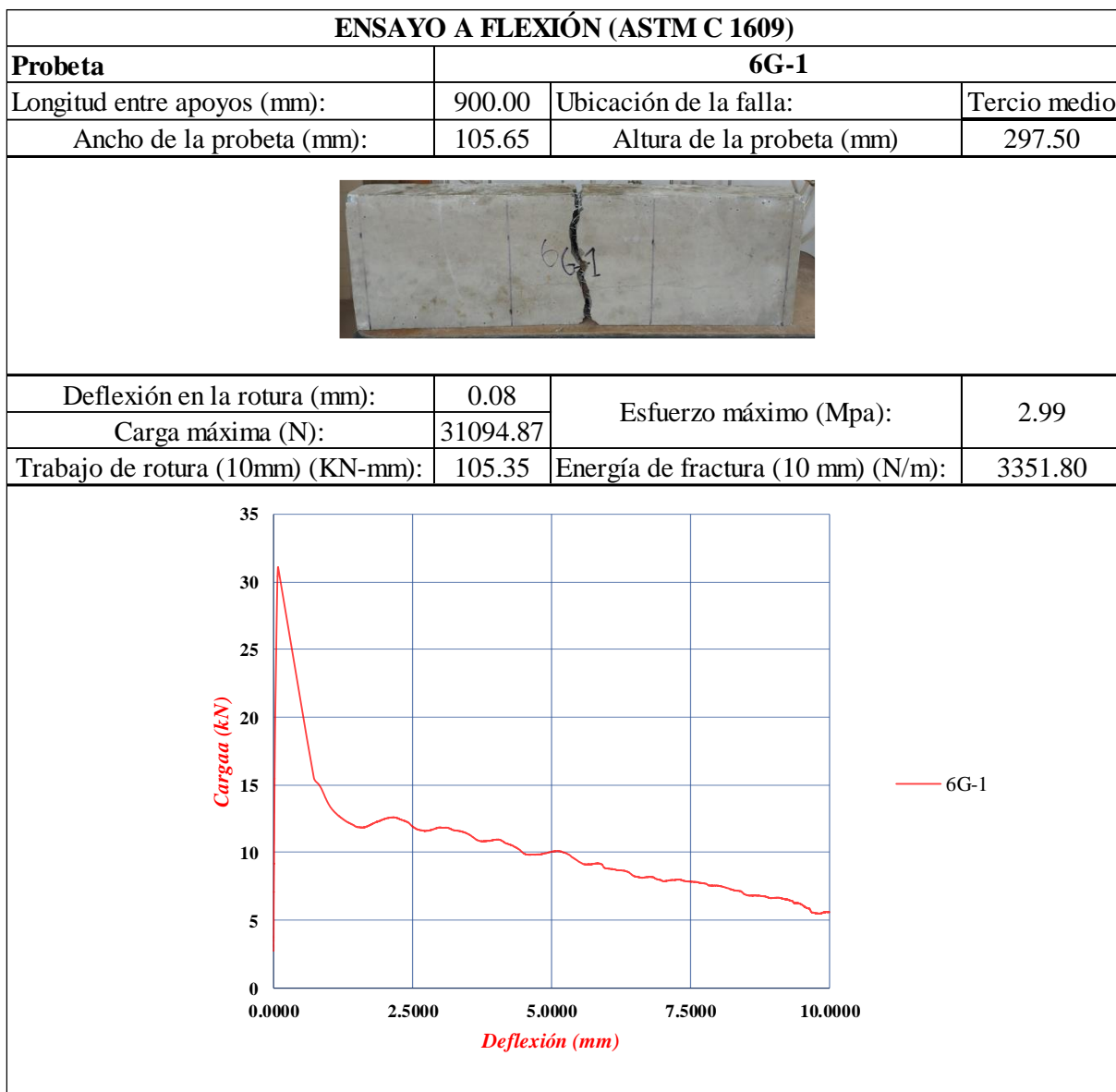
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	3P-2		
Longitud entre apoyos (mm):	300.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	105.00	Altura de la probeta (mm)	104.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.05	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.92
Carga máxima (N):	12675.29		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	10.70	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	979.78
			

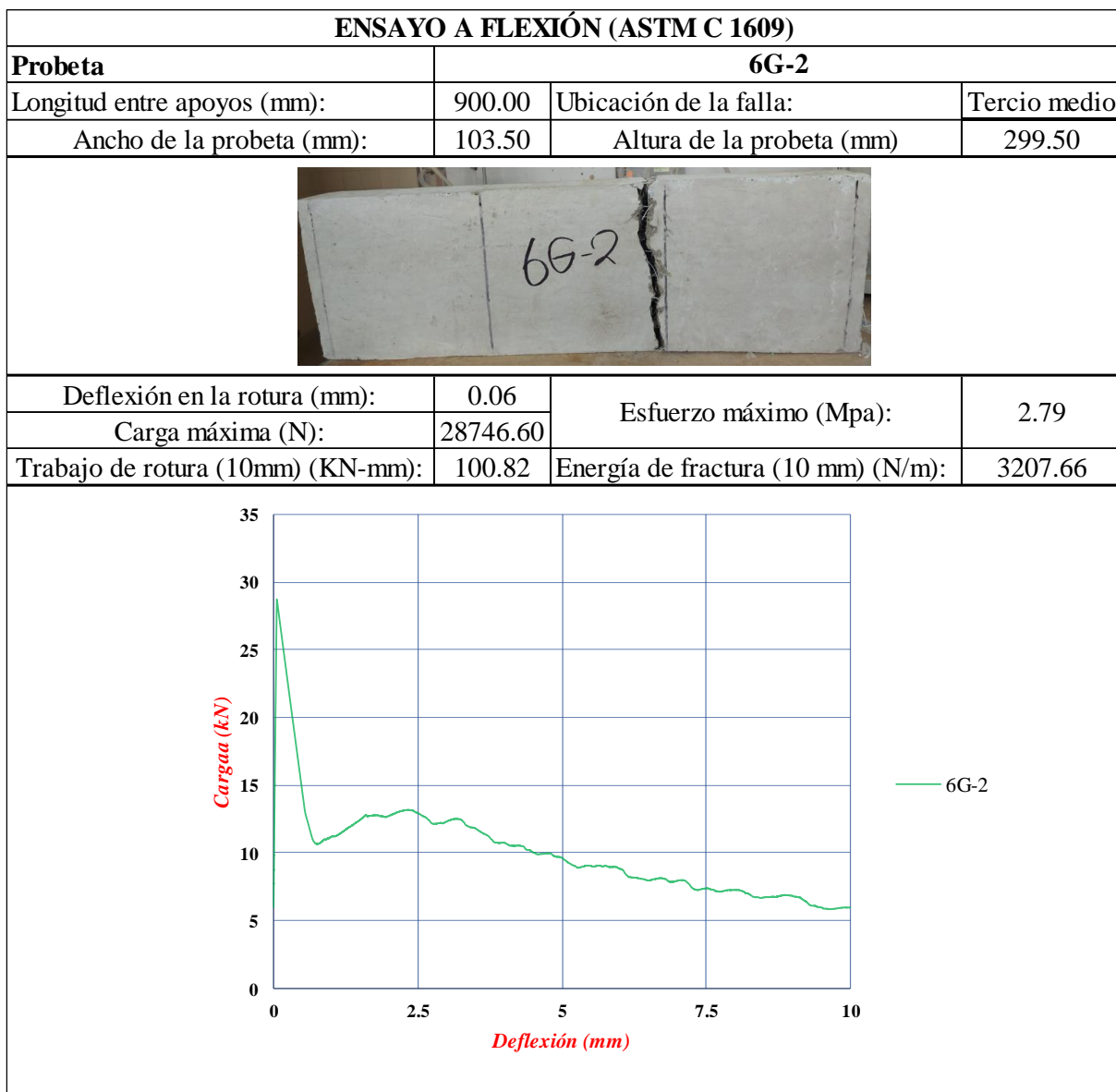
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	3P-3		
Longitud entre apoyos (mm):	300.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	103.00	Altura de la probeta (mm)	102.00
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.04	Esfuerzo máximo (Mpa):	4.41
Carga máxima (N):	13507.84		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	12.53	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	1193.01
			


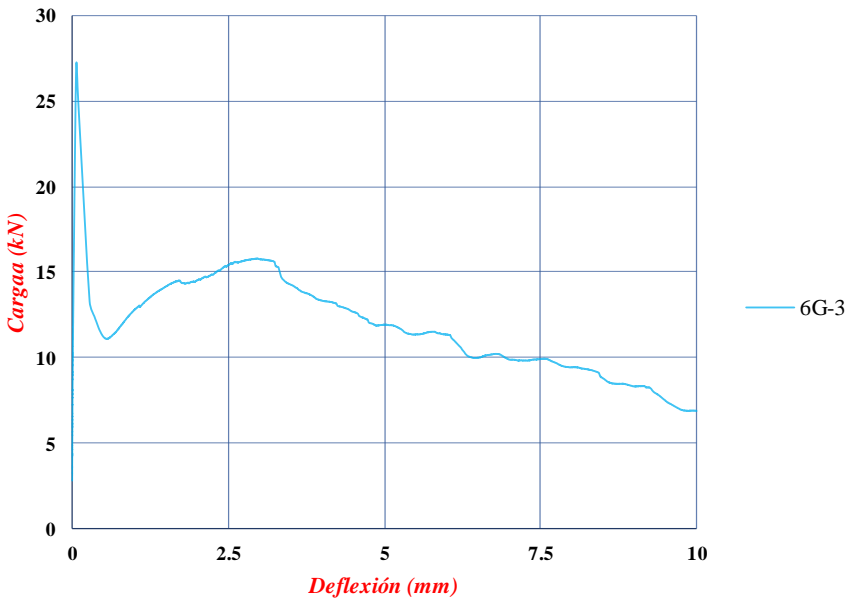
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas



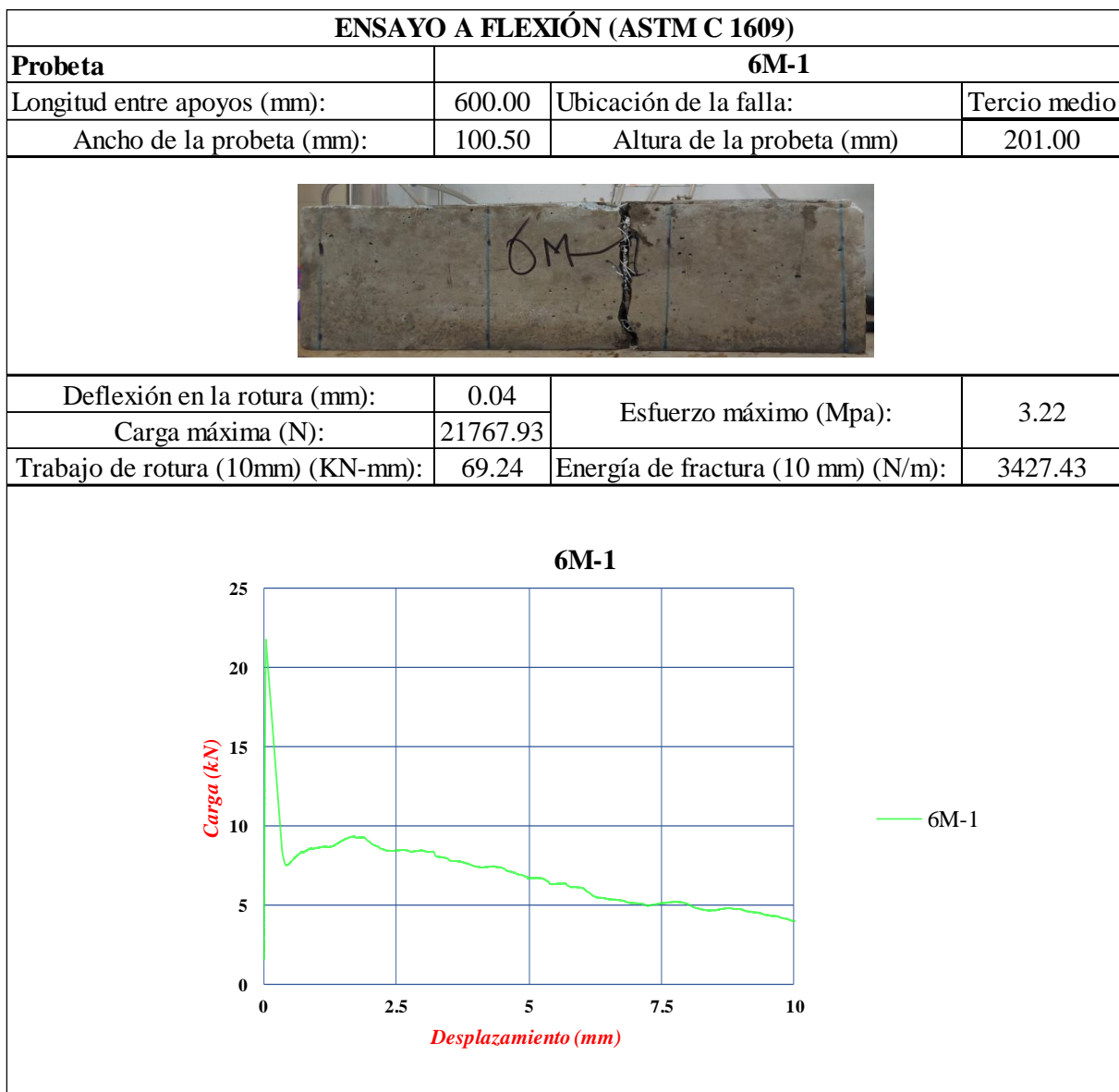
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas



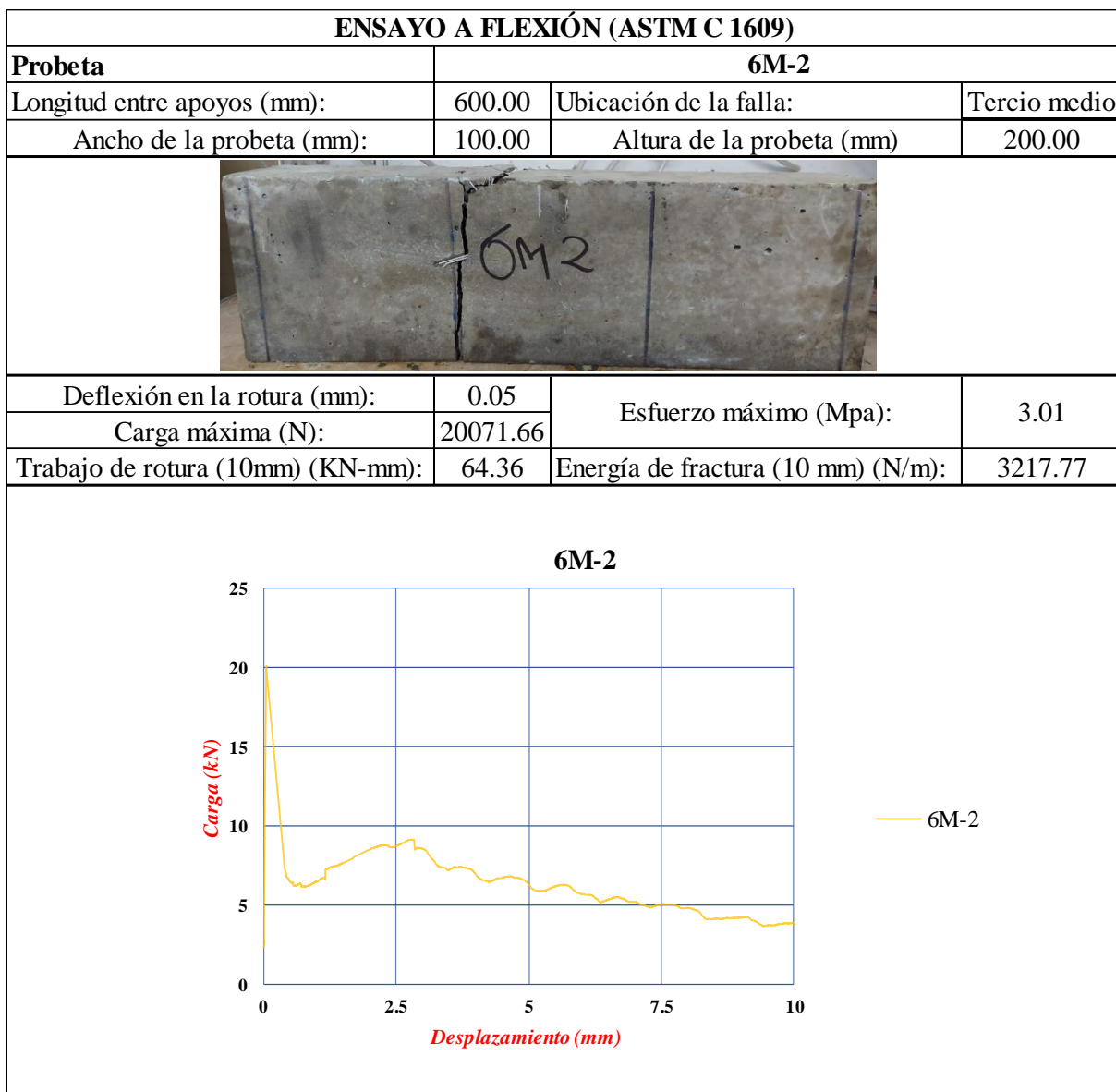
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	6G-3		
Longitud entre apoyos (mm):	900.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	105.05	Altura de la probeta (mm)	298.50
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.07	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.62
Carga máxima (N):	27253.79		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	105.35	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	3766.11
			

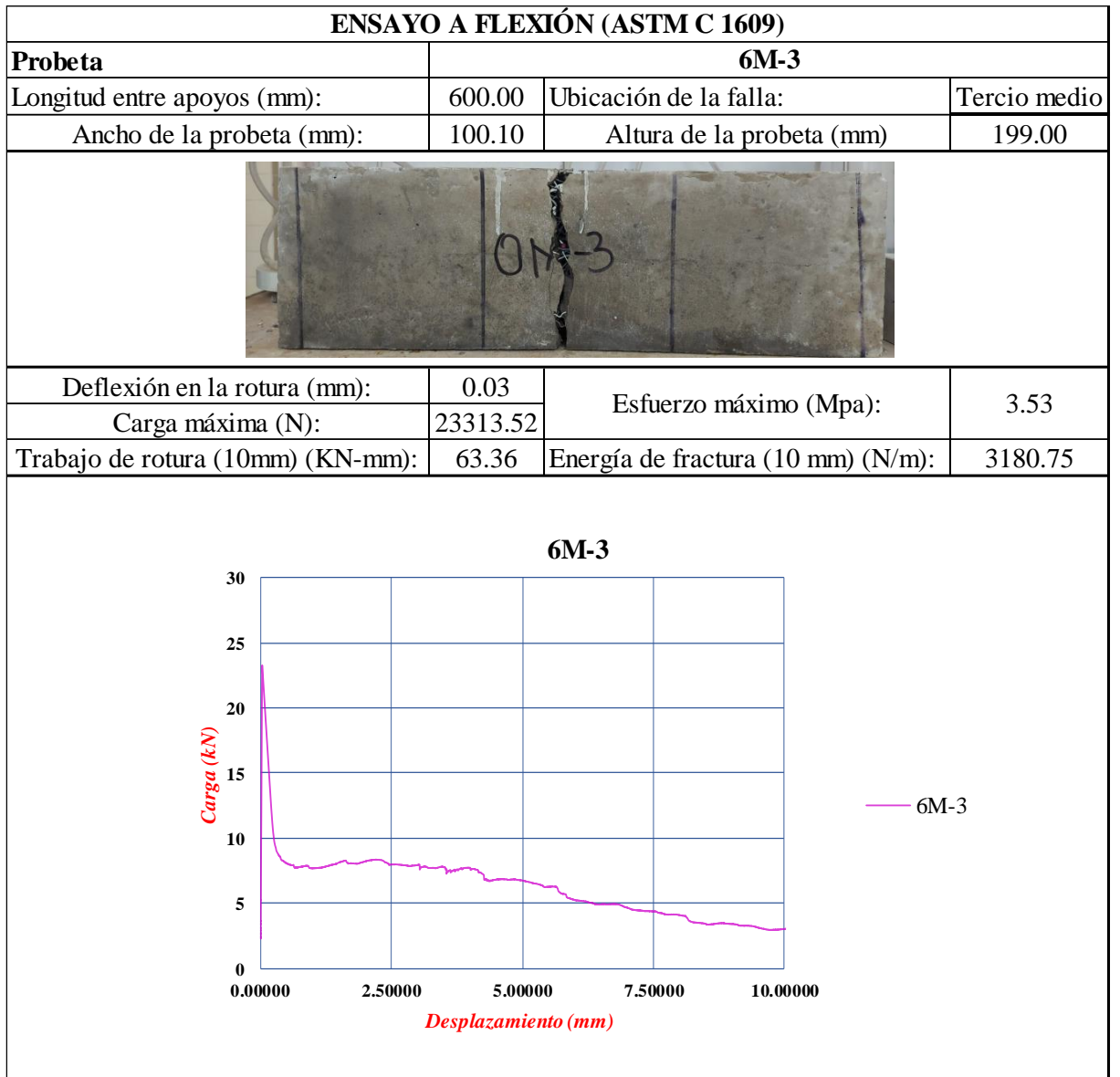
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas




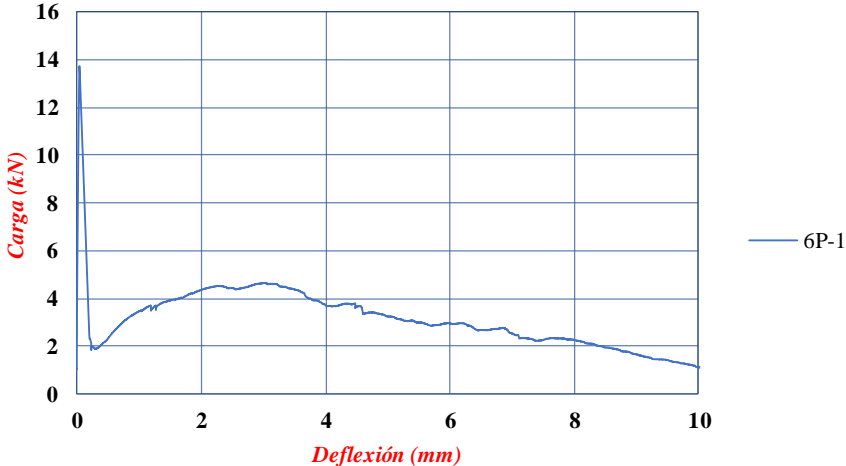
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas



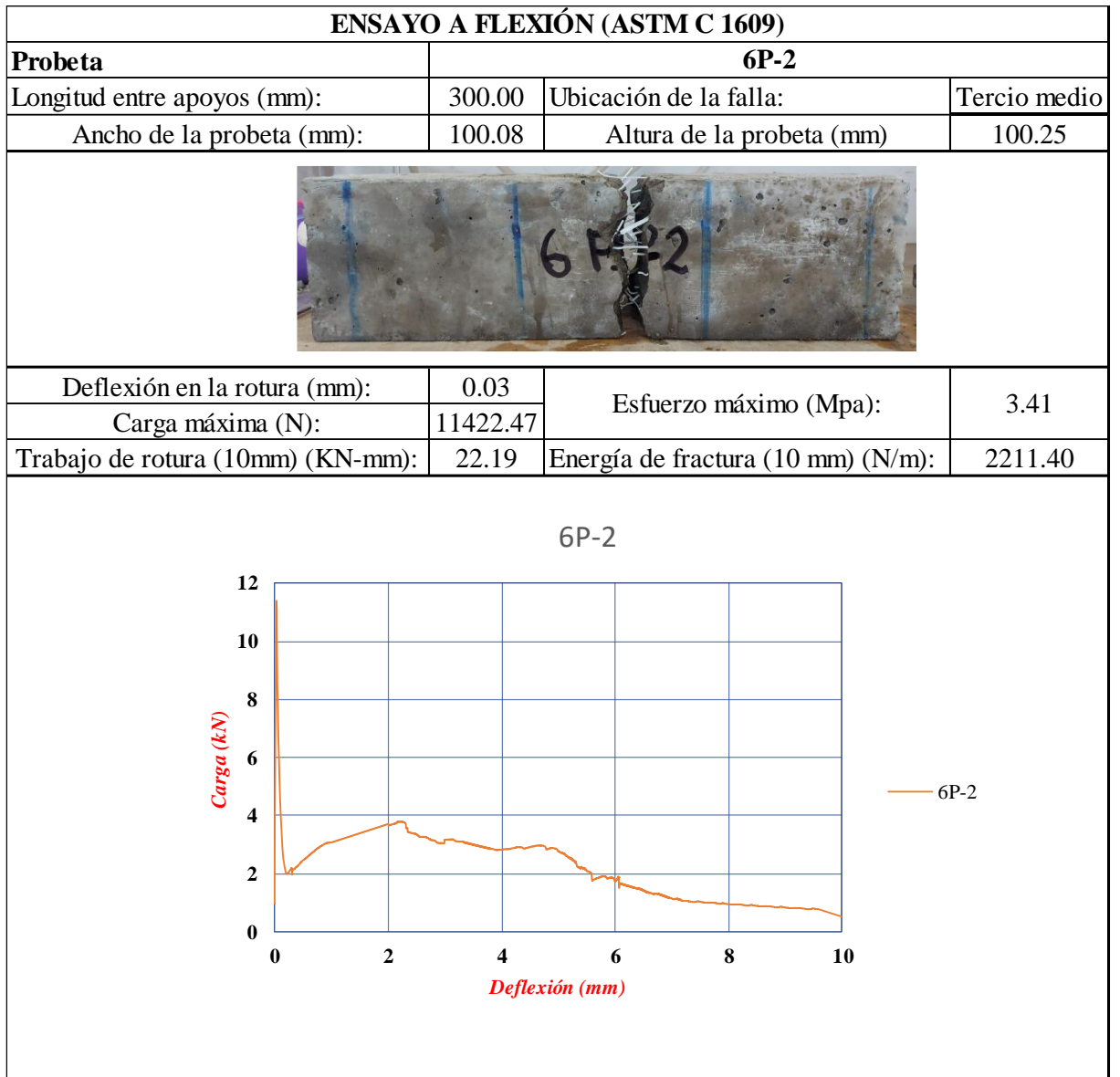
Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas



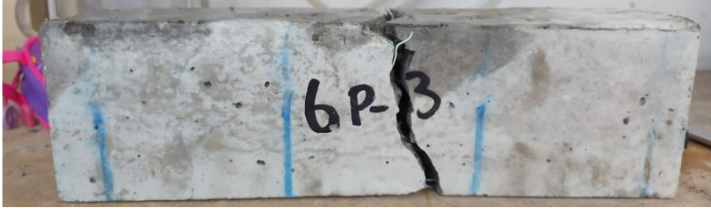

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	6P-1		
Longitud entre apoyos (mm):	300.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100.05	Altura de la probeta (mm)	101.50
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.04	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.99
Carga máxima (N):	13709.74		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	31.30	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	3082.29
<p>6P-1</p> 			

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

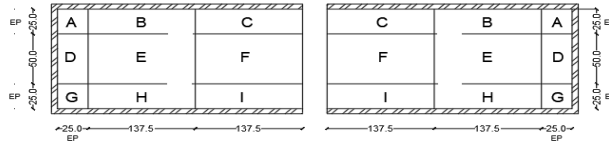
ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C 1609)			
Probeta	6P-3		
Longitud entre apoyos (mm):	300.00	Ubicación de la falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100.05	Altura de la probeta (mm)	100.25
			
Deflexión en la rotura (mm):	0.05	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.86
Carga máxima (N):	12948.08		
Trabajo de rotura (10mm) (KN-mm):	27.70	Energía de fractura (10 mm) (N/m):	2761.92
<p>6P-3</p> 			

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 13. Resultados del conteo de fibras

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3G1	Sección (mm):	100x300
Longitud de la probeta (mm)	952	Longitud de fibra (mm):	50
Longitud de fractura (mm)	307.5	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Ancho de la probeta (mm)	100.5	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.086
Altura de la probeta (mm)	300.5	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	94782.323
Volúmen de la probeta (mm ³)	28750638	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Dosificación de fibras (kg/m ³)	3	Área de sección de fibra (mm ²):	1



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	4	1	0	1	0
B	1	6	0	1	3	0
C	0	1	1	0	2	0
D	3	1	0	3	4	4
E	3	9	0	3	3	0
F	6	5	0	6	6	0
G	0	2	0	0	0	0
H	0	1	0	0	0	0
I	0	2	0	0	2	0

Zona	Sección completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	3	1	3	2	1.500
B	1	5	0	6	11	0.545
C	0	2	1	2	11	0.182
D	3	3	2	6	4	1.500
E	3	6	0	9	23	0.391
F	6	6	0	12	23	0.522
G	0	1	0	1	2	0.500
H	0	1	0	1	11	0.091
I	0	2	0	2	11	0.182
Sumatoria parcial	13	29	4			
Total (Número Contado)				42	98	0.429

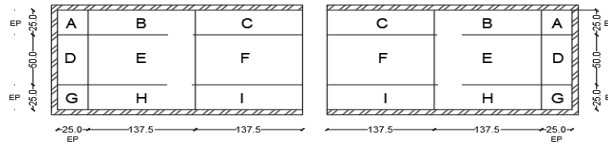
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.500	$\theta(D)$	1.500	$\theta(G)$	0.500
$\theta(B)$	0.545	$\theta(E)$	0.391	$\theta(H)$	0.091
$\theta(C)$	0.182	$\theta(F)$	0.522	$\theta(I)$	0.182
		$\theta(\text{total})$	0.429		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3G2	Sección (mm):	100x300
		Longitud de fibra (mm):	50
Longitud de la probeta (mm)	950	Densidad de fibra (kg/m³)	910
Longitud de fractura (mm)	152	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.086
Ancho de la probeta (mm)	100	Volumen de fibras en la probeta (mm³)	94112.637
Altura de la probeta (mm)	300.5	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
en de la probeta (mm³)	28547500	Área de sección de fibra (mm²):	1
ación de fibras (kg/m³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	2	0	1	2	0	0
B	3	3	0	3	3	4
C	0	7	1	0	4	0
D	1	0	0	1	0	0
E	1	5	0	1	6	0
F	2	4	0	2	2	0
G	0	1	0	0	2	0
H	1	2	0	1	0	1
I	0	2	0	0	1	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	2	0	1	2	2	1.000
B	3	3	2	6	11	0.545
C	0	6	1	6	11	0.545
D	1	0	0	1	4	0.250
E	1	6	0	7	23	0.304
F	2	3	0	5	23	0.217
G	0	2	0	2	2	1.000
H	1	1	1	2	11	0.182
I	0	2	0	2	11	0.182
Sumatoria parcial	10	23	5			
Total (Número Contado)				33	98	0.337

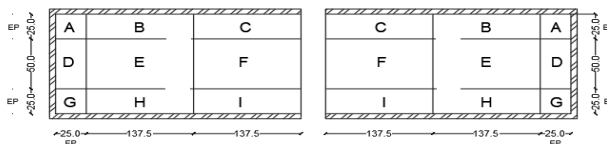
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.000	$\theta(D)$	0.250	$\theta(G)$	1.000
$\theta(B)$	0.545	$\theta(E)$	0.304	$\theta(H)$	0.182
$\theta(C)$	0.545	$\theta(F)$	0.217	$\theta(I)$	0.182
		$\theta(\text{total})$	0.337		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3G-3	Sección (mm):	100x300
		Longitud de fibra (mm):	50
Longitud de la probeta (mm)	950	Densidad de fibra (kg/m³)	910
Longitud de fractura (mm)	320	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.088
Ancho de la probeta (mm)	102	Volumen de fibras en la probeta (mm³)	96314.341
Altura de la probeta (mm)	301.5	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Área de la probeta (mm²)	29215350	Área de sección de fibra (mm²):	1
Concentración de fibras (kg/m³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	1	0	0	1	0	0
B	3	2	0	3	7	0
C	5	11	1	0	10	0
D	1	0	4	1	0	4
E	2	7	2	2	5	0
F	1	1	1	0	2	0
G	0	0	0	0	1	0
H	1	1	0	1	2	0
I	0	6	0	0	1	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	1	0	0	1	2	0.500
B	3	5	0	8	11	0.727
C	3	11	1	14	11	1.273
D	1	0	4	1	4	0.250
E	2	6	1	8	23	0.348
F	1	2	1	3	23	0.130
G	0	1	0	1	2	0.500
H	1	2	0	3	11	0.273
I	0	4	0	4	11	0.364
Sumatoria parcial	12	31	7			
Total (Número Contado)				43	98	0.439

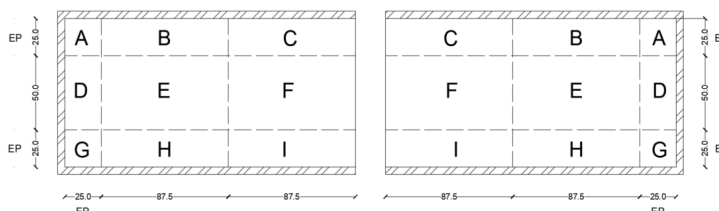
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	0.500	$\theta(D)$	0.250	$\theta(G)$	0.500
$\theta(B)$	0.727	$\theta(E)$	0.348	$\theta(H)$	0.273
$\theta(C)$	1.273	$\theta(F)$	0.130	$\theta(I)$	0.364
		$\theta(\text{total})$	0.439		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3M-1	Sección:	100x200mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	651	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	20.3	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.039
Ancho de la probeta (mm)	100	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	42923.077
Altura de la probeta (mm)	200	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Volúmen de la probeta (mm ³)	13020000	Área de sección de fibra (mm ²):	1
Dosificación de fibras (kg/m ³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	1	0	0	3	0
B	1	4	0	1	2	0
C	1	1	0	1	0	0
D	0	1	0	0	4	0
E	3	0	0	3	0	0
F	0	1	0	0	0	0
G	0	0	0	0	1	0
H	0	2	0	0	1	0
I	0	3	0	0	1	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	2	0	2	2	1.000
B	1	3	0	4	7	0.571
C	1	1	0	2	14	0.143
D	0	3	0	3	4	0.750
E	3	0	0	3	14	0.214
F	0	1	0	1	14	0.071
G	0	1	0	1	2	0.500
H	0	2	0	2	7	0.286
I	0	2	0	2	7	0.286
Sumatoria parcial	5	15	0			
Total (Número Contado)				20	71	0.282

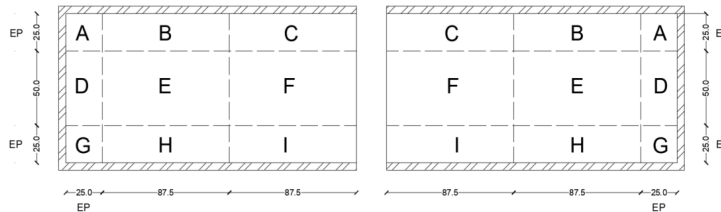
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.000	$\theta(D)$	0.750	$\theta(G)$	0.500
$\theta(B)$	0.571	$\theta(E)$	0.214	$\theta(H)$	0.286
$\theta(C)$	0.143	$\theta(F)$	0.071	$\theta(I)$	0.286
		$\theta(TOTAL)$	0.282		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3M-2	Sección:	100x200mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	651	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	200	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.039
Ancho de la probeta (mm)	100	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	42815.769
Altura de la probeta (mm)	199.5	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Volúmen de la probeta (mm ³)	12987450	Área de sección de fibra (mm ²):	1
Dosificación de fibras (kg/m ³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	2	0	0	2	0
B	1	0	0	1	3	0
C	0	3	0	0	3	0
D	2	2	1	2	0	4
E	0	7	1	2	0	0
F	0	2	0	0	2	0
G	2	0	0	2	0	0
H	1	0	0	1	2	0
I	0	0	0	0	2	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	2	0	2	2	1.000
B	1	2	0	3	7	0.429
C	0	3	0	3	14	0.214
D	2	1	3	3	4	0.750
E	1	4	1	5	14	0.357
F	0	2	0	2	14	0.143
G	2	0	0	2	2	1.000
H	1	1	0	2	7	0.286
I	0	1	0	1	7	0.143
Sumatoria parcial	7	16	4			
Total (Número Contado)				23	71	0.324

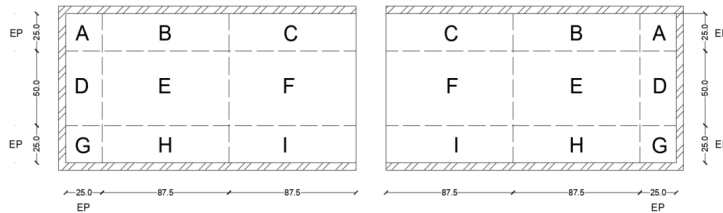
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.000	$\theta(D)$	0.750	$\theta(G)$	1.000
$\theta(B)$	0.429	$\theta(E)$	0.357	$\theta(H)$	0.286
$\theta(C)$	0.214	$\theta(F)$	0.143	$\theta(I)$	0.143
		$\theta(TOTAL)$	0.324		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3M-3	Sección:	100x200mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	649	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	210	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.039
Ancho de la probeta (mm)	100.5	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	43005.165
Altura de la probeta (mm)	200	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Volumen de la probeta (mm ³)	13044900	Área de sección de fibra (mm ²):	1
Dosificación de fibras (kg/m ³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	2	0	0	2	0	0
B	1	3	0	0	3	0
C	0	1	0	0	2	0
D	1	0	0	1	3	0
E	2	1	1	2	7	0
F	0	2	0	0	2	0
G	0	1	0	0	1	0
H	1	1	0	1	4	0
I	0	0	0	0	1	0

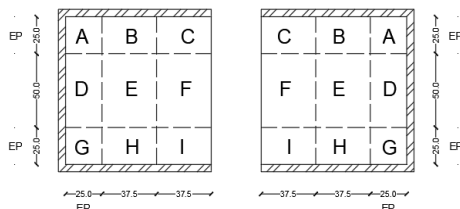
Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	2	0	0	2	2	1.000
B	1	3	0	4	7	0.571
C	0	2	0	2	14	0.143
D	1	2	0	3	4	0.750
E	2	4	1	6	14	0.429
F	0	2	0	2	14	0.143
G	0	1	0	1	2	0.500
H	1	3	0	4	7	0.571
I	0	1	0	1	7	0.143
Sumatoria parcial	7	18	1			
Total (Número Contado)				25	71	0.352

RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.000	$\theta(D)$	0.750	$\theta(G)$	0.500
$\theta(B)$	0.571	$\theta(E)$	0.429	$\theta(H)$	0.571
$\theta(C)$	0.143	$\theta(F)$	0.143	$\theta(I)$	0.143
		$\theta(TOTAL)$	0.352		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Probeta	3P-1	Sección:	100x100mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	350	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	115	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.011
Ancho de la probeta (mm)	103	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	12122.308
Altura de la probeta (mm)	102	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Volúmen de la probeta (mm ³)	3677100	Área de sección de fibra (mm ²):	1.00
Dosificación de fibras (kg/m ³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A		1	0	0	1	0
B	0	1	0	0	1	1
C	0	0	0	0	0	0
D	0	2	0	0	0	0
E	1	2	0	1	0	0
F	1	0	0	0	3	0
G	1	0	0	0	1	0
H	0	2	0	0	1	0
I	0	0	0	0	0	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	1	0	1	2	0.500
B	0	1	1	1	3	0.333
C	0	0	0	0	3	0.000
D	0	1	0	1	4	0.250
E	1	1	0	2	6	0.333
F	1	2	0	3	6	0.500
G	1	1	0	2	2	1.000
H	0	2	0	2	3	0.667
I	0	0	0	0	3	0.000
Sumatoria parcial	2	6	1			
Total (Número Contado)				12	32	0.375

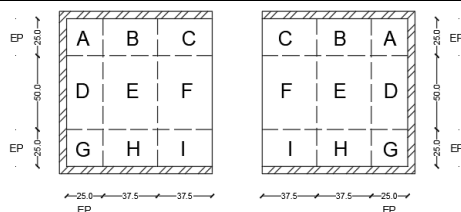
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	0.500	$\theta(D)$	0.250	$\theta(G)$	1.000
$\theta(B)$	0.333	$\theta(E)$	0.333	$\theta(H)$	0.667
$\theta(C)$	0.000	$\theta(F)$	0.500	$\theta(I)$	0.000
$\theta(TOTAL)$			0.375		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3P-2	Sección:	100x100mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	351	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	135	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.011
Ancho de la probeta (mm)	105	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	12636.000
Altura de la probeta (mm)	104	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Volúmen de la probeta (mm ³)	3832920	Área de sección de fibra (mm ²):	1.00
Dosificación de fibras (kg/m ³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	1	0
B	0	1	0	0	2	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	1	0	0	1	0
E	0	1	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0
G	1	0	0	1	0	0
H	0	3	0	0	1	0
I	0	2	0	0	0	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	1	0	1	2	0.500
B	0	2	0	2	3	0.667
C	0	0	0	0	3	0.000
D	0	1	0	1	4	0.250
E	0	1	0	1	6	0.167
F	0	0	0	0	6	0.000
G	1	0	0	1	2	0.500
H	0	2	0	2	3	0.667
I	0	1	0	1	3	0.333
Sumatoria parcial	0	5	0			
Total (Número Contado)				9	32	0.281

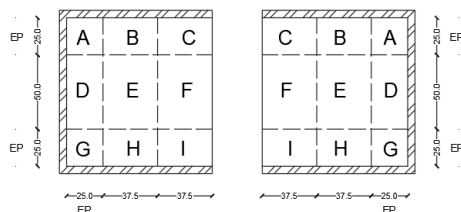
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	0.500	$\theta(D)$	0.250	$\theta(G)$	0.500
$\theta(B)$	0.667	$\theta(E)$	0.167	$\theta(H)$	0.667
$\theta(C)$	0.000	$\theta(F)$	0.000	$\theta(I)$	0.333
		$\theta(TOTAL)$	0.281		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	3P-3	Sección:	100x200mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	349	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	123	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.011
Ancho de la probeta (mm)	101	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	11969.166
Altura de la probeta (mm)	103	Fracción volumétrica (Vf):	0.003
Volúmen de la probeta (mm ³)	3630647	Área de la sección de fibra	1.00
Dosificación de fibras (kg/m ³)	3		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	2	0	0	2	0
B	1	1	0	1	1	0
C	0	0		0	0	0
D	0	1	4	0	1	0
E	1	2	0	0	8	0
F	0	0	1	0	0	0
G	0	0	0	1	0	0
H	0	2	0	0	1	0
I	1	0	0	0	0	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	2	0	2	2	1.000
B	1	1	0	2	3	0.667
C	0	0	0	0	3	0.000
D	0	1	2	1	4	0.250
E	1	5	0	6	6	1.000
F	0	0	1	0	6	0.000
G	1	0	0	1	2	0.500
H	0	2	0	2	3	0.667
I	1	0	0	1	3	0.333
Sumatoria parcial	4	11	3			
Total (Número Contado)				15	32	0.469

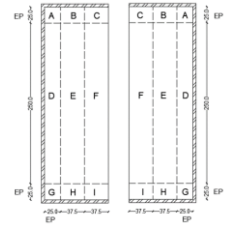
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.000	$\theta(D)$	0.250	$\theta(G)$	0.500
$\theta(B)$	0.667	$\theta(E)$	1.000	$\theta(H)$	0.667
$\theta(C)$	0.000	$\theta(F)$	0.000	$\theta(I)$	0.333
		$\theta(TOTAL)$	0.469		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6G-1	Sección:	100x300mm
Longitud de la probeta (mm)	946	Longitud de fibra:	50mm
Longitud de fractura (mm)	305	Densidad de fibra (kg/m³)	910
Ancho de la probeta (mm)	105.65	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.180
Altura de la probeta (mm)	299.75	Volumen de fibras en la probeta (mm³)	197528.464
Volúmen de la probeta (mm³)	29958483.8	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Dosificación de fibras (kg/m³)	6	Área de la sección de fibra (mm²):	1



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	2	0
B	2	4	0	2	5	0
C	1	0	0	1	1	0
D	6	10	0	7	6	2
E	2	18	3	2	15	4
F	7	14	2	7	15	0
G	0	3	0	0	2	3
H	1	2	0	1	2	0
I	0	2	0	0	2	0

Zona	Sección completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	1	0	1	4	0.250
B	2	5	0	7	6	1.167
C	1	1	0	2	6	0.333
D	7	8	1	15	41	0.366
E	2	17	4	19	62	0.306
F	7	15	1	22	62	0.355
G	0	3	2	3	4	0.750
H	1	2	0	3	6	0.500
I	0	2	0	2	6	0.333
Sumatoria parcial	20	54	8			
Total (Número Contado)				74	197	0.376

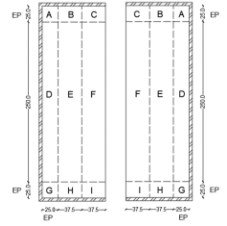
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

θ(A)	0.250	θ(D)	0.366	θ(G)	0.750
θ(B)	1.167	θ(E)	0.306	θ(H)	0.500
θ(C)	0.333	θ(F)	0.355	θ(I)	0.333
θ(total)			0.376		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6G-2	Sección:	100x300mm
Longitud de la probeta (mm)	951	Longitud de fibra:	50mm
Longitud de fractura (mm)	300.5	Densidad de fibra (kg/m³)	910
Ancho de la probeta (mm)	103.5	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.177
Altura de la probeta (mm)	300	Volumen de fibras en la probeta (mm³)	194693.736
Volúmen de la probeta (mm³)	29528550	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Dosificación de fibras (kg/m³)	6	Área de la sección de fibra (mm²):	1



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	1	0	0	2	0
B	0	1	0	0	6	1
C	0	2	0	0	5	0
D	2	6	0	2	5	4
E	7	18	0	7	17	0
F	2	15	0	2	15	0
G	0	6	0	0	0	0
H	0	2	0	0	4	0
I	0	2	0	0	1	0
Sumatoria parcial	11	57	3	68	197	0.345

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	2	0	2	4	0.500
B	0	4	1	4	6	0.667
C	0	4	0	4	6	0.667
D	2	6	2	8	41	0.195
E	7	18	0	25	62	0.403
F	2	15	0	17	62	0.274
G	0	3	0	3	4	0.750
H	0	3	0	3	6	0.500
I	0	2	0	2	6	0.333
Total (Número Contado)				68	197	0.345

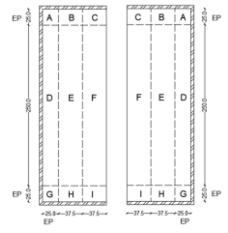
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

θ(A)	0.500	θ(D)	0.195	θ(G)	0.750
θ(B)	0.667	θ(E)	0.403	θ(H)	0.500
θ(C)	0.667	θ(F)	0.274	θ(I)	0.333
		θ(total)	0.345		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6G-3	Sección:	100x300mm
Longitud de la probeta (mm)	948.5	Longitud de fibra:	50mm
Longitud de fractura (mm)	310	Densidad de fibra (kg/m³)	910
Ancho de la probeta (mm)	105.05	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.018
Altura de la probeta (mm)	29.8	Volumen de fibras en la probeta (mm³)	19577.603
Volúmen de la probeta (mm³)	2969269.77	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Dosificación de fibras (kg/m³)	6	Área de la sección de fibra (mm²):	1



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	1	0	0	1	0
B	0	6	1	0	2	0
C	2	4	0	2	8	0
D	4	6	0	4	9	0
E	12	13	0	12	21	0
F	4	14	3	4	11	2
G	0	2	0	0	0	0
H	3	2	0	3	0	0
I	0	4	0	0	1	0
Sumatoria parcial	25	54	4	79	197	401
Total (Número Contado)						

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	1	0	1	4	0.250
B	0	4	1	4	6	0.667
C	2	6	0	8	6	1.333
D	4	8	0	12	41	0.293
E	12	17	0	29	62	0.468
F	4	13	3	17	62	0.274
G	0	1	0	1	4	0.250
H	3	1	0	4	6	0.667
I	0	3	0	3	6	0.500
Sumatoria parcial	25	54	4	79	197	0.401
Total (Número Contado)						

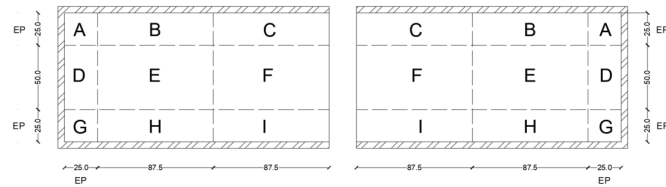
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

θ(A)	0.250	θ(D)	0.293	θ(G)	0.250
θ(B)	0.667	θ(E)	0.468	θ(H)	0.667
θ(C)	1.333	θ(F)	0.274	θ(I)	0.500
θ(total)			0.401		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6M-1	Sección:	100x200mm
		Longitud de fibra:	50 mm
Longitud de la probeta (mm)	651	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	203	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.079
Ancho de la probeta (mm)	100.5	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	86706.762
Altura de la probeta (mm)	201	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Volúmen de la probeta (mm ³)	13150525.5	Área de la sección de fibra (mm ²):	1
Dosificación de fibras (kg/m ³)	6		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	3	2	0	3	5	0
B	0	3	0	0	3	0
C	0	3	0	0	0	0
D	3	7	0	3	6	0
E	3	12	0	3	7	0
F	0	1	0	0	4	0
G	6	2	0	6	8	0
H	0	4	2	0	2	0
I	1	2	0	1	2	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	3	4	0	7	4	1.750
B	0	3	0	3	14	0.214
C	0	2	0	2	29	0.069
D	3	7	0	10	8	1.250
E	3	10	0	13	29	0.448
F	0	3	0	3	29	0.103
G	6	5	0	11	4	2.750
H	0	3	1	3	14	0.214
I	1	2	0	3	14	0.214
Sumatoria parcial	16	39	0			
Total (Número Contado)				55	145	0.379

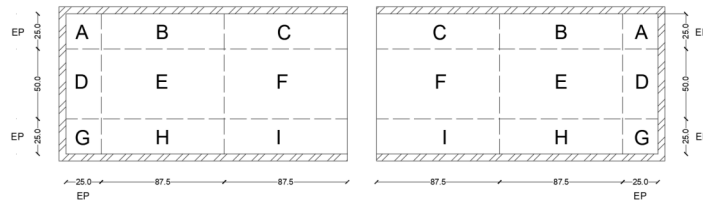
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.750	$\theta(D)$	1.250	$\theta(G)$	2.750
$\theta(B)$	0.214	$\theta(E)$	0.448	$\theta(H)$	0.214
$\theta(C)$	0.069	$\theta(F)$	0.103	$\theta(I)$	0.214
		$\theta(TOTAL)$	0.379		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6M-2	Sección:	100x200mm
		Longitud de fibra:	50 mm
Longitud de la probeta (mm)	653	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	205	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.078
Ancho de la probeta (mm)	100.1	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	85765.020
Altura de la probeta (mm)	199	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Volúmen de la probeta (mm ³)	13007694.7	Área de la sección de fibra (mm ²):	1
Dosificación de fibras (kg/m ³)	6		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	1	2	0	1	6	0
B	2	1	0	2	1	0
C	0	4	0	0	2	0
D	8	3	0	8	8	0
E	1	9	0	1	8	0
F	0	1	0	0	1	0
G	0	3	0	0	1	0
H	0	2	0	0	1	0
I	0	0	0	0	0	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	1	4	0	5	4	1.250
B	2	1	0	3	14	0.214
C	0	3	0	3	29	0.103
D	8	6	0	14	8	1.750
E	1	9	0	10	29	0.345
F	0	1	0	1	29	0.034
G	0	2	0	2	4	0.500
H	0	2	0	2	14	0.143
I	0	0	0	0	14	0.000
Sumatoria parcial	12	28	0			
Total (Número Contado)				40	145	0.276

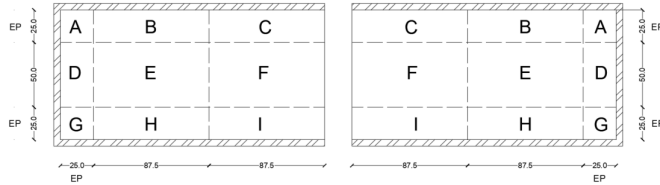
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.250	$\theta(D)$	1.750	$\theta(G)$	0.500
$\theta(B)$	0.214	$\theta(E)$	0.345	$\theta(H)$	0.143
$\theta(C)$	0.103	$\theta(F)$	0.034	$\theta(I)$	0.000
		$\theta(TOTAL)$	0.276		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6M-3	Sección:	100x200mm
		Longitud de fibra:	50 mm
Longitud de la probeta (mm)	653	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	205	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.078
Ancho de la probeta (mm)	100	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	86109.890
Altura de la probeta (mm)	200	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Volúmen de la probeta (mm ³)	13060000	Área de la sección de fibra (mm ²):	1
Dosificación de fibras (kg/m ³)	6		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	2	1	0	2	3	0
B	1	1	0	1	0	0
C	0	2	0	0	1	0
D	3	7	0	3	8	0
E	1	16	1	1	9	0
F	0	2	0	0	2	0
G	0	3	0	0	4	0
H	1	2	0	1	1	0
I	0	1	0	0	0	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	2	2	0	4	4	1.000
B	1	1	0	2	14	0.143
C	0	2	0	2	29	0.069
D	3	8	0	11	8	1.375
E	1	13	1	14	29	0.483
F	0	2	0	2	29	0.069
G	0	4	0	4	4	1.000
H	1	2	0	3	14	0.214
I	0	1	0	1	14	0.071
Sumatoria parcial	8	35	1			
Total (Número Contado)				43	145	0.297

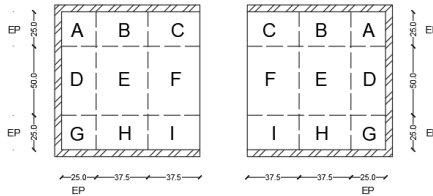
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	1.000	$\theta(D)$	1.375	$\theta(G)$	1.000
$\theta(B)$	0.143	$\theta(E)$	0.483	$\theta(H)$	0.214
$\theta(C)$	0.069	$\theta(F)$	0.069	$\theta(I)$	0.071
		$\theta(TOTAL)$	0.297		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6P-1	Sección:	100x100mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	350	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	150	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.021
Ancho de la probeta (mm)	100	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	23076.923
Altura de la probeta (mm)	100	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Volúmen de la probeta (mm ³)	3500000	Área de la sección de fibra (mm ²):	1.00
Dosificación de fibras (kg/m ³)	6		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	2	0	0	1	0
B	0	1	0	0	2	0
C	0	1	0	0	0	0
D	0	4	0	0	2	0
E	1	5	0	1	5	0
F	1	3	0	1	5	0
G	1	3	0	1	2	0
H	0	2	0	0	0	4
I	1	3	0	1	1	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	2	0	2	4	0.500
B	0	2	0	2	6	0.333
C	0	1	0	1	6	0.167
D	0	3	0	3	8	0.375
E	1	5	0	6	12	0.500
F	1	4	0	5	12	0.417
G	1	3	0	4	4	1.000
H	0	1	2	1	6	0.167
I	1	2	0	3	6	0.500
Sumatoria parcial	4	23	2			
Total (Número Contado)				27	64	0.422

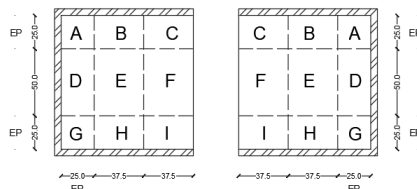
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	0.500	$\theta(D)$	0.375	$\theta(G)$	1.000
$\theta(B)$	0.333	$\theta(E)$	0.500	$\theta(H)$	0.167
$\theta(C)$	0.167	$\theta(F)$	0.417	$\theta(I)$	0.500
		$\theta(TOTAL)$	0.422		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6P-2	Sección:	100x100mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	349.9	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	102.5	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.021
Ancho de la probeta (mm)	100.1	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	23162.680
Altura de la probeta (mm)	100.3	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Volúmen de la probeta (mm ³)	3513006.497	Área de la sección de fibra (mm ²):	1.00
Dosificación de fibras (kg/m ³)	6		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	2	0	0	0	0
B	0	2	0	0	1	0
C	0	2	0	0	2	0
D	1	3	0	1	4	0
E	0	6	0	0	1	0
F	0	0	0	0	2	0
G	1	3	0	1	4	0
H	0	1	0	0	2	0
I	0	3	0	0	2	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	1	0	1	4	0.250
B	0	2	0	2	6	0.333
C	0	2	0	2	6	0.333
D	1	4	0	5	8	0.625
E	0	4	0	4	12	0.333
F	0	1	0	1	12	0.083
G	1	4	0	5	4	1.250
H	0	2	0	2	6	0.333
I	0	3	0	3	6	0.500
Sumatoria parcial	1	14	0			
Total (Número Contado)				25	64	0.391

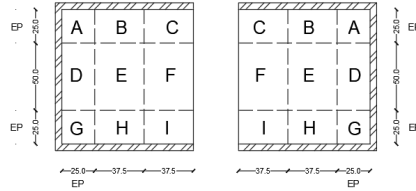
RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	0.250	$\theta(D)$	0.625	$\theta(G)$	1.250
$\theta(B)$	0.333	$\theta(E)$	0.333	$\theta(H)$	0.333
$\theta(C)$	0.333	$\theta(F)$	0.083	$\theta(I)$	0.500
		$\theta(TOTAL)$	0.391		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

CONTEO DE FIBRAS

Probeta	6P-3	Sección:	100x100mm
		Longitud de fibra:	50mm
Longitud de la probeta (mm)	350	Densidad de fibra (kg/m ³)	910
Longitud de fractura (mm)	108.3	Masa de fibras en la probeta (kg)	0.021
Ancho de la probeta (mm)	100.05	Volumen de fibras en la probeta (mm ³)	23146.183
Altura de la probeta (mm)	100.25	Fracción volumétrica (Vf):	0.007
Volúmen de la probeta (mm ³)	3510504.375	Área de la sección de fibra (mm ²):	1.00
Dosificación de fibras (kg/m ³)	6		



Zona	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	2	0	0	3	0
B	0	3	0	0	2	0
C	0	2	0	0	2	0
D	0	6	0	0	2	0
E	2	6	0	2	8	0
F	2	10	0	2	0	0
G	0	1	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0
I	2	1	0	2	0	0

Zona	Semisección 1			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	3	0	3	4	0.750
B	0	3	0	3	6	0.500
C	0	2	0	2	6	0.333
D	0	4	0	4	8	0.500
E	2	7	0	9	12	0.750
F	2	5	0	7	12	0.583
G	0	1	0	1	4	0.250
H	0	0	0	0	6	0.000
I	2	1	0	3	6	0.500
Sumatoria parcial	4	24	0			
Total (Número Contado)				32	64	0.500

RESUMEN COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN

$\theta(A)$	0.750	$\theta(D)$	0.500	$\theta(G)$	0.250
$\theta(B)$	0.500	$\theta(E)$	0.750	$\theta(H)$	0.000
$\theta(C)$	0.333	$\theta(F)$	0.583	$\theta(I)$	0.500
		$\theta(TOTAL)$	0.500		

Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Anexo 14. Anexo fotográfico

Mina “Las Viñas”, Cantera “Los Nieto”



Ensayos de caracterización de agregados



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Elaboración y curado de probetas



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Ensayo de probetas



Probetas ensayadas



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas

Conteo de fibras



Ensayo a compresión



Nota: Elaborado por Bryan Alexander Pastuña Villegas