

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007		A
	Dependencia	Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(150)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	YASIR QUINTERO PÉREZ HERMES DUVAN CASTRO SANCHEZ		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	JESUS DAVID MARQUEZ MONTEJO		
TÍTULO DE LA TESIS	INFLUENCIA DE LAS FIBRAS METÁLICAS, NATURALES (BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR), SINTÉTICAS Y DE VIDRIO EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO		
RESUMEN			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO, MODALIDAD MONOGRAFÍA, TUVO COMO OBJETIVO LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN QUE PRETENDE MOSTRAR LA INFLUENCIA DE LAS FIBRAS EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL SER ADICIONADAS, EN COMPARACIÓN AL CONCRETO CONVENCIONAL. EN ESTE TRABAJO SE ELIGIERON ESTUDIOS REPRESENTATIVOS LLEVADOS A CABO EN DIVERSOS UNIDERSIDADES, CON LA INTENCIÓN DE JUSTIFICAR LOS DIFERENTES MATERIALES FIBROSOS QUE SE ENCUENTRA EN NUESTRO ENTORNO Y GARANTÍAS QUE OFRECEN ESTOS AL SER UTILIZADOS EN EL CONCRETO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 139	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 0	CD-ROM: 1



**INFLUENCIA DE LAS FIBRAS METÁLICAS, NATURALES (BAGAZO DE
CAÑA DE AZÚCAR), SINTÉTICAS Y DE VIDRIO EN EL MEJORAMIENTO
DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO**

AUTORES

YASIR QUINTERO PÉREZ

HERMES DUVÁN CASTRO SÁNCHEZ

Trabajo de grado modalidad Monografía, para optar el título de Ingeniero Civil

DIRECTOR

Esp. JESÚS DAVID MÁRQUEZ MONTEJO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTADER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Mayo, 2020

Nota

El Comité Curricular del Plan de Estudios de Ingeniería Civil, según consta en el Acta No. 0026 de fecha 07 de noviembre de 2019, acordó asignar como jurados de la presente monografía a los docentes **HAIDEE YULADY JARAMILLO** y **MARÍA FERNANDA CAMARGO TRIGOS**.

Índice

Capítulo 1. Influencia de las fibras metálicas, naturales (bagazo de caña de azúcar), sintéticas y de vidrio en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto	5
1.1 Antigüedad.....	5
1.2 Descubrimiento de fibras como material de mejora	6
1.3 Concepción actual	7
1.4 Edades y civilizaciones que aportaron a la evolución del concreto reforzado con fibras	7
Capítulo 2. Ensayos y normativas para el uso de fibras como material de refuerzo en el concreto.....	12
2.1 Aspectos generales	12
2.2 Normativa Fibras de acero para refuerzo de concreto.....	16
2.3 Normativas fibras sintéticas para el refuerzo en el concreto	17
2.4 Métodos y ensayos	18
Capítulo 3. Influencia de las fibras metálicas, naturales (bagazo de caña de azúcar), sintéticas y de vidrio en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto	21
3.1 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras metálicas	23
3.2 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras naturales (bagazo de caña de azúcar)	28
3.3 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras sintéticas	30
3.4 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras de vidrio.....	33
Capítulo 4. Comparación de las propiedades mecánicas entre el concreto tradicional y el concreto reforzado con fibras.....	35
4.1 Comportamiento de las fibras metálicas en el mejoramiento del concreto.....	36
4.1.1 Resistencia a la compresión	36
4.1.2 Resistencia a tensión.	38
4.1.3 Resistencia a tensión por flexión.....	39
4.1.4 Modulo de elasticidad.	41
4.1.5 Otras propiedades.	42
4.2 Comportamiento de las fibras naturales (bagazo de caña de azúcar) en el mejoramiento del concreto	44
4.2.1 Resistencia a la compresión.....	44
4.2.2 Resistencia a tensión.	46
4.2.3 Resistencia a tensión por flexión.....	47
4.2.4 Modulo de elasticidad.	50

4.2.5 Otras propiedades.	51
4.3 Comparación de las fibras sintéticas en el mejoramiento del concreto	52
4.3.1 Resistencia a la compresión.	52
4.3.2 Resistencia a tensión.	53
4.3.3 Resistencia a tensión por flexión.....	55
4.3.4 Modulo de elasticidad.	56
4.3.5 Otras propiedades.	56
4.4 Comparación de las fibras de vidrio en el mejoramiento del concreto.....	57
4.4.1 Resistencia a la compresión.	57
4.4.2 Resistencia a tensión.	61
4.4.3 Resistencia a tensión por flexión.....	65
4.4.4 Modulo de elasticidad.	69
4.4.5 Otras propiedades.	73
Capítulo 5. Información comercial en relación a la fabricación y obtención de las fibras como material de refuerzo para el concreto	75
5.1 Metainplast S.A.S.	76
5.1.1 Fabricación y obtención de la fibra sintética (MallaPET 3D) como material de refuerzo para el concreto.....	78
5.1.2 Beneficios	79
5.2 Toxement S.A.....	81
5.2.1 Productos.....	81
5.3 Productores de Fibra de caña	85
5.3.1 Proceso obtención de la fibra de bagazo de caña.	87
5.4 Owens Corning	92
5.4.1 Información de la fibra de vidrio.	94
5.5 Maccaferri	97
5.6 Otras empresas que influyen en el mercado de las fibras.	101
Conclusiones.....	103
Referencias	108
Apéndices	115
Apéndice A. Ficha técnica MallaPET 3D, empresa MetainPlast S.A.....	115
Apéndice B. Fichas técnicas - fibras comercializadas por la empresa Toxement S.A	116
Apéndice C. Información de producto - fibras comercializadas por la empresa Owens Corning	124
Apéndice D. Fichas técnicas - fibras comercializadas por la empresa Maccaferri ...	132

Lista de Figuras

Figura 1. Fibras metálicas comerciales.....	23
Figura 2. Fibras metálicas ensayadas a compresión.....	25
Figura 3. Control de fisuración con fibras metálicas en el concreto.	25
Figura 4. Ensayo de corte.	28
Figura 5. Muestra de Concreto con diferentes porcentajes de fibra de bagazo.	29
Figura 6. Mezcla de concreto con fibra de bagazo de caña presentando adherencia.	30
Figura 7. Diferencia en el control de fisuración entre el refuerzo convencional vs la adición de fibra sintética en el concreto.....	31
Figura 8. Ensayo a compresión de probetas con diferentes porcentajes de fibra metálica: (a). Patrón; (b). 4%; (c). 6%.....	36
Figura 9. Resistencia a la compresión a los 28 días de las probetas ensayadas.	37
Figura 10. Ensayo a tracción de probetas con diferentes porcentajes de fibra metálica: (a). Patrón; (b). 4%; (c). 6%.....	39
Figura 11. Ensayo de flexión de probetas con diferentes porcentajes de fibra metálica: (a). Patrón; (b). 4%; (c). 6%.....	40
Figura 12. Diferencia entre los módulos de elasticidad respecto al porcentaje de fibra.	42
Figura 13. Resistencia a la Compresión respecto al porcentaje de fibra.....	45
Figura 14. Ensayo a flexión de probetas con diferentes porcentajes de fibra de bagazo de caña.	48
Figura 15. Resistencia a la tracción por flexión respecto al porcentaje de fibra.	49
Figura 16. Ensayo a tensión de probetas con diferentes porcentajes de fibra sintética. .	54
Figura 17. Resistencia a la compresión respecto al porcentaje de fibra añadida.....	59
Figura 18. Comparativo de las resistencias a compresión del % de fibra adicionado Vs % de mejoramiento	61
Figura 19. Resistencia a la tracción respecto al porcentaje de fibra añadida.	62
Figura 20. Resistencia a la tracción respecto al porcentaje de fibra añadida.	64
Figura 21. Resistencia a la tensión por flexión respecto al porcentaje de fibra añadida.	66
Figura 22. Comparativo de la resistencia a flexión del % fibra adicionada vs % mejoramiento	68
Figura 23. Módulo de elasticidad a los 28 días respecto al porcentaje de fibra añadida.	70
Figura 24. Comparativo módulo de elasticidad del % fibra adicionada vs % mejoramiento.	71
Figura 25. Fibra sintética, MallaPET 3D.	76
Figura 26. Fibra sintética, MallaPET 3D.	77

Figura 27. Tabla de dosificación, MallaPET 3D.	77
Figura 28. Proceso corte de plástico, MallaPET 3D.	78
Figura 29. Proceso de extrusión, homogenización y empaado, MallaPET 3D.....	79
Figura 30. Losas en concreto auto lavado CARS WASH, MallaPET 3D.	80
Figura 31. Losas en concreto auto lavado CARS WASH, MallaPET 3D.	80
Figura 32. TUF – STRAN SF, macro fibra sintética.	83
Figura 33. MAXTEN, macro fibra sintética.	85
Figura 34. Primeros 10 productores mundiales de azúcar. Promedio 2013-2017.	86
Figura 35. Producción y recolección de la caña de azúcar.	87
Figura 36. Proceso de inmunización fibras húmedas y secas.	91
Figura 37. Proceso de inmunización fibras húmedas y secas.	91
Figura 38. Fibra picada Owens Corning.	93
Figura 39. Fibra de polipropileno FibroMac®.	98
Figura 40. Fibras de acero Wirand para refuerzo de concreto.	99
Figura 41. Información MallaPET 3D.	115
Figura 42. FIBERSTRAND 150, macro fibra de Polipropileno.	116
Figura 43. FIBERSTRAND 150, macro fibra de Polipropileno	117
Figura 44. FIBERSTRAND N, macro fibra de .Nylon.	118
Figura 45. FIBERSTRAND N, macro fibra de .Nylon.	119
Figura 46. TUF – STRAN SF, Fibras sintéticas estructurales.	120
Figura 47. TUF – STRAN SF, Fibras sintéticas estructurales.	121
Figura 48. MAXTEN macro fibra sintética para reemplazar mallaelectro soldada.....	122
Figura 49. MAXTEN TM, macro fibra sintética para reemplazar malla soldada.	123
Figura 50. Anti-CRAK® HD, Hilos cortados AR para el control y prevención de la fisuración del hormigón.	124
Figura 51. Anti-CRAK® HD, Hilos cortados AR para el control y prevención de la fisuración del hormigón.	125
Figura 52. Anti-Crak ® HP 58/12, Fibra de vidrio para evitar la fisuración en morteros y hormigones.	126
Figura 53. Anti-Crak ® HP 58/12, Fibra de vidrio para evitar la fisuración en morteros y hormigones.	127
Figura 54. Anti-Crak ® HP 67/36, Microfibra de vidrio para refuerzo de hormigón. ..	128
Figura 55. Anti-Crak ® HP 67/36, Microfibra de vidrio para refuerzo de hormigón. ..	129
Figura 56. Cem-Fil ® 61, Roving para GRCen Premix y Prpyeccion.	130
Figura 57. Cem-Fil ® 61, Roving para GRCen Premix y Prpyeccion.	131
Figura 58. Wirand FF1, Fibra de acero para refuerzo de concreto.	132

Figura 59. Wirand FS3N, Fibra de acero para refuerzo de concreto.....	133
Figura 60. FibroMac 12, Fibra sintética.....	134
Figura 61. Sika Refuerzo Tejido, Malla de fibra de vidrio tejida.....	135
Figura 62. SikaFiber AD, Fibra de polipropileno para el refuerzo de concreto y mortero no reduce el asentamiento de las mezclas.	136
Figura 63. SikaFiber Force PP 65, Fibra macro sintética de poliolefina para reforzamiento de concreto proyectado y concreto convencional.	137
Figura 64. SikaFiber CHO 65/35 NB, Fibra de acero para reforzamiento de concreto	138
Figura 65. SikaCem -1 Fiber, Fibra sintética para el refuerzo de concreto.....	139

Lista de Tablas

Tabla 1. Diseño en kg de fibra metalica po m3 de concreto.....	37
Tabla 2. Diseño de kg de fibra metalica por m3 de concreto.....	41
Tabla 3. Especificaciones de cilindros fallados a tensión.....	44
Tabla 4. Diseño resistencia a la tracción por flexión vs % de fibra	47
Tabla 5. Calculo del módulo de elasticidad	49
Tabla 6. Resumen de datos de compresión	50
Tabla 7. Resumen de resultados ensayo brasilero	60
Tabla 9. Resumen de datos de flexión	63
Tabla 9. Modulo de elasticidad a los 28 días.....	67
Tabla 10. Resumen de datos de ensayo modulo de elasticidad.....	69
Tabla 11. Resumen de datos de ensayo.....	71
Tabla 12. Descripción de los tipos de fibra sinterica de TOXEMENT	81
Tabla 13. Kg de MAXTEN/m3 de concreto	85
Tabla 14. Datos obtenidos de tamizado del bagazo de caña de azucar.....	89

Glosario

Concreto: Constituye a la mezcla de material aglomerante, materiales pétreos y agua para la producción de la pasta, adicionalmente puede ser llevado mediante materiales puzolanas y aditivos químicas. (NTP 339.047, 2006)

Concreto proyectado: constituye a un tipo de mortero u concreto que está constituido por agregados pequeños que es transportando por aire comprimido siendo lanzado sobre una superficie, también conocido como shotcrete. (NTP 339.047, 2006)

Agregados: Conjunto de elementos dispuestos a unirse para la fabricación del concreto hidráulico mediante el mezclado, son de tipo natural, alguno de ellos son obtenidos de forma natural y artificial. (NTP 339.047, 2006)

Fibra: Están constituidas por elementos que presentan una intervención de tipo industrial, para el caso de acero, vidrio y polímeros. Disponibles para la incorporación a la pasta para mejoramiento del matriz cementante mejorando de cierto modo sus propiedades. (NTP 339.047, 2006)

Propiedades mecánicas: Las propiedades mecánicas son las características principales que describen el comportamiento de un material ante fuerzas aplicadas, permiten su estudio y evaluación para garantizar el mejoramiento y mejor uso del material de estudio. (Búa, 2014)

Contracción plástica: Etapa en donde ocurren cambios en el concreto aun estando en estado fresco (antes de endurecer), en este proceso se presentan las fisuras. (NTP 339.047, 2006)

Dosificación: es el proceso en donde se estiman las mediciones por peso o por volumen de los componentes del concreto para su posterior mezclado. (NTP 339.047, 2006)

Micro refuerzo: Constituye al refuerzo secundario adicionado a la mezcla de concreto con un dimensionamiento pequeño que permite dar resistencia a la matriz del cemento. (NTP 339.034, 2008)

Resistencia a la compresión (f_c): Es la capacidad máxima que posee un espécimen de concreto o mortero una vez aplicada carga axialmente en compresión. (NTP 339.034, 2008)

Resistencia a tensión indirecta (f_t): Es la propiedad donde se presenta una tensión máxima y esta puede llegar a ese punto soportándola, mientras se estira hasta el punto en que muestra de la sección transversal empieza a significativamente una deformación. (terms, 2014)

Módulo de ruptura (f_r): El módulo de ruptura es constituido como la resistencia máxima determinada a flexión o torsión, el módulo de rotura en la flexión es el esfuerzo máximo en la fibra cuando se produce el fallo. El módulo de rotura en la torsión es el esfuerzo de cizalladura máximo de la fibra extrema de un miembro circular cuando se produce el fallo. (INSTRON, 2016)

Módulo de Elasticidad (E_c): es la relación entre el esfuerzo normal y deformación unitaria, comprendidos en los esfuerzos a tensión o compresión, sin exceder límite del material, es conocido también como el módulo de Young. (NTP 339.047, 2006)

Trabajabilidad: es la propiedad del concreto o mortero que permite establecer las características de manejo u trabajo de la mezcla en los procesos de mezclado y colocación (NTP 339.047, 2006)

Introducción

En la construcción tradicional los materiales usados en la fabricación del concreto han sido de gran desarrollo para el mejoramiento del mismo, generando nuevas alternativas que garanticen un concreto idóneo abordando las exigencias dadas por las normativas regidas en cada país.

Las fibras son consideradas un componente adicional para el mejoramiento del concreto, actuando como un micro refuerzo, optimizando la sección y reduciendo los esfuerzos generados. Esto como consecuencia del cambio que ha presentado el mercado de las construcciones civiles, donde las exigencias cada vez son más rigurosas con el objeto de garantizar obras seguras y duraderas ante la presencia de una eventualidad sísmica o natural. Estos nuevos materiales “fibras de refuerzo” están relacionados en diferentes tipos, cada uno de ellos brinda a las mezclas de concreto mejoras en sus propiedades. La implementación de ellos en ocasiones depende del uso o actividad a desarrollarse, del mismo la disponibilidad en la zona de intervención en proyectos de construcción. Por lo tanto, se hace necesario una recopilación que pretende mostrar la influencia de las fibras metálicas, naturales (bagazo de caña de azúcar), sintéticas y de vidrio en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto, donde se pueda tener una observación objetiva frente al uso de nuevos componentes, generando un cambio en la construcción tradicional del concreto reforzado e incentivar el uso de las fibras como material de refuerzo. En este trabajo se escogen estudios representativos llevados a cabo en diversos lugares del mundo, con la intención de justificar las diversidades de material fibroso que se encuentra en nuestro entorno y garantías que ofrecen estos al ser utilizados en el concreto para cualquier obra de construcción, en comparación con los tipos de concreto tradicionales.

Capítulo 1. Influencia de las fibras metálicas, naturales (bagazo de caña de azúcar), sintéticas y de vidrio en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto

Antecedentes de la fibra como material de refuerzo para el concreto

1.1 Antigüedad

Data que el concreto en la antigüedad fue hecho por los romanos, este compuesto ha sido visto con mucha fragilidad llegando a ocasionar fallas en estructuras, sin embargo, a esta situación se ha visto involucrado el deterioro de forma gradual, la falta de reparación y el desconocimiento de su comportamiento durante los periodos de tiempo en que fueron usados. En repetitivas oportunidades se han realizados intentos llegando a modificaciones efectivas, una de ellas ha sido la adicción de fibras típicamente hechas en acero, vidrio o polímeros dando como resultado el concreto reforzado con fibras (IMCYC, 2007).

Un sueño para la ingeniería ha sido desarrollar un concreto que retenga propiedades benéficas al convencional tales como la alta resistencia a compresión y ausencia de corrosión. Sin embargo, al mismo tiempo que este posea ductilidad en tensión de acero a modo que ocurra fluencia en lugar de fractura, cuando este tenga sobrecargas (IMCYC, 2007).

Si bien es cierto el concreto es un compuesto, consistiendo en una mezcla de arena, roca triturada y otros agregados unidos en una pasta de cemento más agua. En ocasiones este se es necesario la adición de uno o más aditivos para modificar ciertas propiedades como lo son la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado. (McCormac & Brown, 2011).

Gracias al trabajo de los franceses Monier y Coignet podemos afirmar que el concreto reforzado tuvo inicio aplicativo como material de construcción en el año 1861, en donde plantearon reglas para la fabricación de vigas, bóvedas, tubos, etc. Desde entonces y a lo largo de la historia se ha evidenciado un amplio desarrollo, siendo en la actualidad el material con numerosas aplicaciones en el campo de la construcción. (Jiménez Montoya, García Meseguer, & Morán Cabré, 2000).

1.2 Descubrimiento de fibras como material de mejora

Las fibras no son un material reciente, desde hace aproximadamente 4000 años ya se empleaban la adición de fibras a diferentes materiales para mejorar sus propiedades. A lo largo de la historia especialmente en la baja Mesopotamia se fabricaban adobes de barro cocidos, secados al sol después de haber sido amasados y moldeados con una adición de paja, tomando la paja en esa instancia como un componente de mejora para la realización de los mismo, también se usaron otros elementos con pelos de caballo en la elaboración del yeso, estos ejemplos fueron denominados como fibras naturales y se utilizaron hasta 1935, siendo remplazadas en parte por la aparición de las fibras sintéticas (Ortiz Barboza, 2015).

En 1874 se realizó la primera patente de concreto reforzado con elementos metálicos, en California por A. Berrad. A partir de ese momento han aparecido numerosas patentes. Cabe destacar la patente de G. Martín en 1927, en California también, que describe la adición de alambres de acero rizados en el concreto empleado en tuberías (Fernandez Canovas, 2003).

A partir de los años 50 se realizan numerosos trabajos de investigación sobre concretos reforzados con fibras de acero (las fibras metálicas son fundamentalmente de acero en sus variantes de bajo o medio contenido en carbono, acero inoxidable y de

acero galvanizado). Entre los estudios realizados cabe destacar los de Romualdi, Batson y Mande en 1963 (Fernandez Canovas, 2003).

1.3 Concepción actual

Para la década de los 70, en España se amplió los ámbitos de utilización de concretos reforzado con fibras, llevando a la utilización en pavimentos de tipo industrial, contenedores de puertos, revestimiento para túneles y elementos de prefabricados (Ortiz Barboza, 2015).

Estas aplicaciones se han mantenido hasta 1990, en ese año se tuvo lugar a su utilización en el campo militar usándose en pavimentos, hangares y recintos protegidos al impacto de metralla o proyectiles (Ortiz Barboza, 2015).

Desde el punto de vista tecnológico las fibras sintéticas han tenido gran lugar en las diferentes aplicaciones de la ingeniería, estas poseen un elevado módulo de elasticidad y alta resistencia a la tracción. Adicional el bajo peso y el control a Fisuración en concretos y morteros es destacable (Ortiz Barboza, 2015).

1.4 Edades y civilizaciones que aportaron a la evolución del concreto reforzado con fibras

El concreto desde S. XIX y S. XX ha presentado una profunda evolución como material de construcción con la finalidad de mejorar sus propiedades y comportamiento, se ha llevado al desarrollo y fortalecimiento en el diseño, y el cálculo tecnológico y propiamente como material ideal de mejoramiento. Un ejemplo claro fue la aparición del concreto armado (o reforzado) en la segunda mitad del S.XIX. Su descubrimiento fue atribuido a Lamblot por la presentación en la exposición Universal de París de 1855 un barco de carcasa metálica recubierto por concreto de cal hidráulica (Ortiz Barboza, 2015).

Sin embargo, fue Monet, un jardinero de Versalles, quien en 1868 patentó el sistema para la realización de macetas, macetones, depósitos y losas. Desde entonces, numerosas han sido las investigaciones y estudios llevados a cabo con el objetivo de mejorar el comportamiento del concreto (Ortiz Barboza, 2015).

Durante el S.XX se han desarrollado tecnologías como la del concreto pretensado y el concreto proyectado, y han aparecido concretos llamados a especiales": concretos de alta resistencia, concretos ligeros, concretos pesados, concretos porosos, concretos autocompactables, concretos reciclados y, también, el concreto reforzado con fibras (Ortiz Barboza, 2015).

En la antigüedad la piedra, la madera, fibras vegetales y cementantes fueron considerados como material primitivo de la historia, siendo la roca el material más utilizado debido a la dureza que esta posee, además de ellos se suma la facilidad de conseguir este material en el medio. Estudios han proyectado la aparición de construcciones con materiales cementantes aproximadamente desde el año 2690 a.C. En Egipto se definió por comenzar el uso de materiales cementantes, una construcción que remota a ese tiempo es la pirámide de Gizeh, donde se usó un mortero fabricado con yeso cocido y arena para la pega de sus bloques, además durante el cauce del río Nilo se encontró este tipo de material en diferentes construcciones (Sánchez de Guzmán, 2001).

Seguidamente en la antigua Grecia y Roma se usó la cal calcinada y mezclada con arena la cual era usada para armar estructuras de piedra y ladrillo, generándose las mismas características de concreto primitivo; pero en el transcurso de este tiempo se fue evidenciando que este mortero no resistía a la humedad durante largos periodos, así que se le debió adicionar otro tipo de agregado el cual era la arena proveniente de ciertas rocas volcánicas que brindaban mayor resistencia y duración sobre la humedad (Sánchez de Guzmán, 2001).

Los griegos emplearon una caliza volcánica extraída de la isla de Santorini, por otro lado los romanos usaron un material similar alrededor de las costas de Nápoles conocida como cemento puzolánico, este nombre fue atribuido a que se obtuvo cerca de un pueblo denominado Pozzuoli cerca al volcán Vesubio, de parte de los romanos se consideran estructuras como el panteón romano, el coliseo, el puente de Gard, la Basílica de Constantino y muchas otras edificaciones elaboradas con este mismo material (Jiménez Bohórquez, 2011).

En Latinoamérica hay evidencia de que materiales cementantes fueron usadas por las culturas aztecas, mayas e incas, actualmente es posible ver esas estructuras pues se han conservado aun llevando mucho tiempo de haber sido construidas. En esa época estos productos no poseían una buena calidad, debido a la falta de cocción completa de la cal, del mismo modo una inadecuada dosificación de los materiales. Esto en el siglo XII avanzó logrando una mejor calidad gracias a una buena calcinación de la cal y el uso de cenizas volcánicas (Jiménez Bohórquez, 2011).

Durante los siguientes siglos no avanzó mucho, pues se siguió usando mortero de cal y arena, también la producción y calidad de estos materiales cementantes. Hasta mediados del siglo XVIII se investigó sobre el cemento por parte del ingeniero inglés John Smeaton, a quien es atribuido la construcción del faro de Eddyston en Inglaterra en 1756. Su investigación se enfocó en encontrar un mortero que pudiera soportar el efecto de las olas del mar, donde se logró evidenciar que cierta cal brinda resistencia a la acción del agua, llegando a concluir que esta podía tener un contenido alto de material arcilloso (Jiménez Bohórquez, 2011).

Posteriormente a este hallazgo se fueron desarrollando diversos tipos de cementos hidráulicos mejorando ostensiblemente la calidad de los morteros y es desde

ahí se comienza el desarrollo del concreto, debido a los adelantos obtenidos en el conocimiento de esta nueva industria (Jiménez Bohórquez, 2011).

Josept Aspdin fue un constructor inglés y en 1824 desarrollo una mezcla calcinando en un horno piedra caliza y arcilla en proporción 3-1 respectivamente, esta las trituro y pulverizo obteniendo un cemento patentado por portland; en 1845 Isaac Johnson logro perfeccionar y producir cemento con la quema de caliza y arcilla hasta la conformación del Clinker, el cual este fue pulverizado para la obtención de grandes propiedades cementantes, fue considerado que este éxito del producto fue gracias al aumento de la temperatura (Jiménez Bohórquez, 2011).

Johnson fue considerado importante en la historia de la industrialización y fabricación de cemento Portland; del mismo modo los químicos franceses Vicat y Le Chatelier, y el alemán Michaels realizaron estudios para producir cemento de calidad tipo estándar para que pudiera ser usado en las construcciones alrededor del siglo XX, es importante resaltar que en esta época se realizaron pequeños inventos mecánicas que dieron su aporte en el proceso de fabricación y comercialización del cemento, por ejemplo, las tolvas rotatorias y molinos (Jiménez Bohórquez, 2011).

A partir de esta etapa se logra un total desarrollo en la comercialización del concreto y el desarrollo de grandes obras de infraestructura a nivel mundial, este avance tomo confianza gracias al francés Jack Monier, además de trabajar como jardinero se enfocó en el concreto armado siendo su primer invento, haciendo un enmallado conllevando a este como el ferro-cemento. Con este inicio, promovió a ingenieros e investigadores para el desarrollo de la industria cementera, lo que se conoce actualmente como hormigón reforzado dando gran importancia técnica en la vida actual (Jiménez Bohórquez, 2011).

Data que en Colombia en la primera década del siglo anterior se procedió a la instalación de la primera planta productora de cemento Portland conocida en ese entonces como Cemento Samper, ubicándose en la ciudad de Bogotá D.C, inicialmente la producción estaba alrededor de 10 toneladas por día, en ese entonces no había infraestructura ya que solo se desarrollaron estructuras en piedra y metálicas, hasta la década de 1930 también se dio la aparición de plantas en municipios de la calera y Apuro en el departamento de Cundinamarca por parte de Cementos Samper y Diamante respectivamente (Jiménez Bohórquez, 2011).

Para la misma época, Cementos Argos inicio su operación en Medellín, visualizando su horizonte hacia valle del cauca alrededor de 1941. De la misma manera cemento del Nare en Magdalena medio y Cementos Caribe en Barranquilla hacia 1950 y en 1959 en San Gil comenzó la producción de cemento Hércules. Hacia finales del siglo XX ya existían en todo el territorio alrededor de 16 fábricas distribuidas en 10 departamentos (Jiménez Bohórquez, 2011).

Si se revisa un poco de historia de materiales como el adobe, la tapia pisada y algunos morteros de cal es posible concluir que las fibras siempre estuvieron presentes, el uso de las fibras denominadas naturales como material de relleno y aglomerante no es nada nuevo. Para 1910 ya se evidencio el refuerzo del concreto a referencias tempranas con clavos, segmentos de cable, aludiendo a las fibras metálicas. Probablemente el uso de fibras como componente en materiales haya sido para elementos como tejas o prefabricados, sin dejar a un lado el asbesto-cemento, siendo esta última considerada por las afectaciones en la salud que puedan llevar y sustituidas por otros materiales menos nocivos para la salud humana (Sika Perú, 2011).

Capítulo 2. Ensayos y normativas para el uso de fibras como material de refuerzo en el concreto

2.1 Aspectos generales

El empleo de fibras en los diferentes campos de la ingeniería en obras de construcción ha llegado a pensar en establecer lineamientos para obtener un mejor aprovechamiento de estos elementos en el comportamiento del concreto.

Es importante en primera medida destacar LA NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 5541, “CONCRETOS REFORZADOS CON FIBRA”, en ella es importante resaltar la participación de diferentes entidades que participaron en el Comité Técnico Concretos, morteros, agregados y frutos. La NTC 5541 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 2018-09-12. Esta norma es aplicable a todas las formas de concreto reforzado con fibra, en donde sus agregados deben ser mezclados uniformemente y que pueden ser muestreadas y ensayadas insitu. Es destacable en ella que esta no incluye la colocación, consolidación, curado o protección del concreto reforzado con fibra (ICONTEC I., 2007).

Algunas secciones de esta norma son también aplicables a concretos reforzados con fibra dispuestos para el lanzado, para este tipo de uso es necesario realizar un proceso de mezclados por vía seca. En esta norma también se destacan otras Normas técnicas colombianas las cuales garantizan un mejor proceso y determinación de ensayos para estos materiales usados como refuerzo en el concreto:

NTC 385, Ingeniería civil y arquitectura. Terminología relativa al concreto y sus agregados (ICONTEC I., 2007).

NTC 396, Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.

NTC 454, Ingeniería civil y arquitectura. Concretos. Concreto fresco toma de muestras (ICONTEC I., 2007).

NTC 550, Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.

NTC 673, Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto.

NTC 1028, Ingeniería civil y arquitectura. Determinación del contenido de aire en concreto fresco. Método volumétrico.

NTC 1032, Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión.

NTC 1377, Ingeniería civil y arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio.

NTC 1513, Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para la elaboración, curado acelerado y ensayo a compresión de especímenes de concreto.

NTC 1926, Concretos. Método de ensayo para determinar la densidad (masa unitaria), el rendimiento y el contenido de aire por gravimetría del concreto.

NTC 3318, Producción de concreto.

NTC 3658, Ingeniería civil y arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas.

NTC 4022, Ingeniería civil y arquitectura. Masa unitaria de concreto liviano estructural.

NTC 4027, Ingeniería civil y arquitectura. Concreto hecho por bachada volumétrica y mezclado continuo (ICONTEC I., 2007).

Del mismo modo es importante destacar algunas normas establecidas por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales y están relacionadas en la presente publicación de este reglamento (ICONTEC I., 2007). (American Society for Testing and Materials o ASTM International), es la norma internacional se desarrolla y publica acuerdos entre las normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios:

ASTM C150, Specification for Portland Cement (ICONTEC I., 2007).

ASTM C387, Specification for Packaged, Dry Combined Material for Mortar and Concrete.

ASTM C666/C666M, Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.

ASTM C1077, Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation.

ASTM C1140, Practice for Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panels.

ASTM C1385/C1385M, Practice for Sampling Materials for Shotcrete.

ASTM C1399, Test Method for Obtaining Average Residual Strength of Fiber-Reinforced Concrete.

ASTM C1436, Specification for Materials for Shotcrete.

ASTM C1480, Specification for Packaged, Pre-Blended, Dry, Combined Materials for Use in Wet or Dry Shotcrete Application (ICONTEC I., 2007).

ASTM C1550, Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel) (ICONTEC I., 2007).

ASTM C1602/C1602M, Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete.

ASTM C1604/C1604M, Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores of Shotcrete.

ASTM C1609/C1609M, Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading).

ASTM C1666/C1666M, Specification for Alkali Resistant (AR) Glass Fiber for GFRC and Fiber Reinforced Concrete and Cement.

ASTM D6942, Test Method for Stability of Cellulose Fibers in Alkaline Environments.

ASTM D7357, Specification for Cellulose Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.

ASTM D7508/D7508M, Specification for Polyolefin Chopped Strands for Use in Concrete (ICONTEC I., 2007).

Cabe mencionar que EUROPEAN SPECIFICATION FOR SPRAYED CONCRETE (EFNARC), fue fundada en marzo de 1989, como la federación Europea de asociaciones nacionales en representación de productores y aplicadores de productos de construcción especializados. Direccionando la constitución de materiales, requerimientos para la composición del concreto, requerimientos para durabilidad,

composiciones mixtas, requerimiento para el producto final, métodos, calidad y control sin dejar a un lado la salud y seguridad (EFNARC).

2.2 Normativa Fibras de acero para refuerzo de concreto

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, en su función en el proceso de normalización de la NTC 5214 “Fibras de acero para refuerzo de concreto (ASTM A 820), en su segunda actualización ratificada por el concejo directivo, se relacionaron empresas en estudio a través de la participación en el Comité Técnico 118 Alambres y productos derivados, en esta sección se clasifico las fibras de acero en cinco tipos basados en el proceso de selección y características únicas para cada una de ellas (ICONTEC, 2010).

- Piezas de alambre estirado en frío con superficies lisas o deformadas.
- Piezas de lámina cortada con superficies lisas o deformadas.
- Fibras extraídas de la fusión.
- Fibras de cortes de laminación.
- Fibras de alambre estirado en frío modificado. (ICONTEC, 2010)

También se contemplan requisitos como dimensionamiento, tolerancias especificadas en las propiedades físicas mínimas requeridas establecidas mediante procedimientos a manera de ensayos (ICONTEC, 2010).

Es evidente el uso de cientos documentos vigentes en el tema de materiales que forman parte de esta norma y son referenciados de Normas NTC, ASTM, Documentos ACI, NORMA FEDERAL DE ESTADOS UNIDOS Y NORMA MILITAR DE ESTADOS UNIDOS.

NTC 2674, Empaque, rotulado y métodos de carga de productos de acero para despacho. (ASTM A700).

NTC 3353, Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero (ASTM A370)

ASTM C1116/C1116M, Specification for Fiber-Reinforced Concrete.

DOCUMENTOS ACI

ACI 506.1, Guide to Fiber-Reinforced Shotcrete.

ACI 544.1R, Committee Report on Fiber-Reinforced Concrete.

NORMA FEDERAL DE ESTADOS UNIDOS

Fed. Std. No. 123 Marking for Shipment (Civil Agencies)

NORMA MILITAR DE ESTADOS UNIDOS

MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage

EN 14889-1 – Fibras para concreto Parte 1 – Fibras de acero- Definición, especificaciones y conformidad. Es importante mencionar que pertenece a una Normalización española UNE, enfocada al tratamiento y utilización de las fibras en acero para el refuerzo del concreto (AENOR, ENSAYOS DE HORMIGON PROYECTADO, 2007).

2.3 Normativas fibras sintéticas para el refuerzo en el concreto

La norma española UNE-EN 14889-2 – Fibras para hormigón, Parte 2 – Fibras de polímeros o sintéticas – Definición, especificaciones y conformidad, esta es la versión oficial de la norma europea desde el 2006, fue elaborado por el comité técnico AEN/CTN 83 Hormigón cuya secretaria la desempeña ANEFHOP. Fue aprobada por

CEN (COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION) en el 2006-06-26, siendo sometidos al reglamento anterior que define las condiciones dentro las cuales debe adoptarse (AENOR A., 2008).

2.4 Métodos y ensayos

En la evaluación y determinación de las propiedades del concreto reforzado con fibras es importante resaltar ciertos métodos y ensayos que garanticen un mejor aprovechamiento de este material como refuerzo en el concreto (ARGOS, 2018).

- ASTM C 1399 – Método de ensayo para determinar el esfuerzo residual promedio del concreto reforzado con fibra.
- ASTM C 1609 – Método de ensayo para determinar el desempeño del concreto reforzado con fibra (Usando una viga cargada en los tercios).
- ASTM C 1550 – Método de ensayo para determinar la tenacidad a flexión del concreto reforzado con fibras (usando una carga central sobre un panel redondo).
- NTC 5721 – Método de ensayo para determinar la capacidad de absorción de energía (Tenacidad) de concreto reforzado con fibras (EFNARC).
- IIS-SF4 – Método de ensayo para determinar la tenacidad de concreto reforzado con fibra (ARGOS, 2018).

(ARGOS, 2018), resalto las anteriores normativas para la realización de ensayos en donde resalta que los mayores usos de fibras usadas en el concreto corresponden al acero, plástico, materiales naturales (celulosa de madera), y sistemas múltiples los cuales varían según su tamaño y espesores.

Por otra parte, el Instituto Mexicano del Concreto y el Cemento en su publicación resaltan las principales normas que aprueban mediante una evaluación las propiedades del concreto reforzado con fibras (IMCYC, 2007).

- El asentamiento de las muestras de concreto reforzado con fibras están dadas en NTC 3696. Método de ensayo para determinar el tiempo de fluidez del concreto reforzado con fibras a través del cono de asentamiento invertido (ASTM 995) (IMCYC, 2007).
- La flexión para elementos es tenida en cuenta por la ASTM 1018 siendo esta una prueba estándar para resistencia a flexión y resistencia a la primera grieta del hormigón reforzado con fibra.
- La tenacidad como propiedad en el concreto está regida a partir del método de ensayo EFNARC – DE235, el cual determina la absorción de energía (Tenacidad del concreto) estando en evaluación por el ICONTEC.
- La normativa DE 097. Especificaciones para concretos convencionales y lanzados reforzados con fibras (Documento evaluado por Icontec).
- La tenacidad en ASTM 1550, es controlado como método prueba estándar a flexión para determinar la dureza del hormigón reforzado con fibra (usando panel redondo con carga central).
- La ASTM 1399 Es el método para la obtención de la resistencia residual.
- La ASTM 1609 es un método estándar de prueba a flexión hendimiento del hormigón reforzado con fibra utilizando carga en el tercer punto.

- Para determinar la fuerza de impacto del concreto se realizaron dos tipos de ensayos denominados método de placa impactada y Drop-Weight test (ACI-5442R-89) (IMCYC, 2007).

El concreto lanzado también tiene bases en la formulación de ensayos que faciliten su aplicación y utilización.

- EN 14488-3 – Ensayos sobre concreto lanzado – Parte 3: Resistencias a la flexión (Determinación de la resistencia al primer pico, del último y de la resistencia residual) de vigas de concreto reforzado con fibras (AENOR, ENSAYOS DE HORMIGON PROYECTADO, 2007).
- EN 14488-5 – Ensayos sobre concreto lanzado – Parte 5: Determinación de la capacidad de absorción de energía de una placa de concreto reforzado con fibras.

Cabe mencionar que el uso de fibras naturales como material de refuerzo para el concreto debe tener en cuenta un buen tratamiento a la fibra para que esta mejore considerablemente las características del concreto (AENOR, Ensayo de hormigon proyectado, 2007).

Capítulo 3. Influencia de las fibras metálicas, naturales (bagazo de caña de azúcar), sintéticas y de vidrio en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto

Se denomina concreto al material resultante de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, grava (u otro agregado) y agua, endurecida en formaletas con la forma y dimensiones deseadas. El cuerpo de este material consiste en los agregados, mientras que el cemento y el agua actúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida (Nilson, 1999).

La difusión y aceptación generalizada del concreto como material de construcción se deriva de las ventajas que presenta su utilización, especialmente por su moldeabilidad, propiedad que brinda gran libertad en la elección de formas. Así mismo el concreto facilita la continuidad estructural, obteniendo estructuras monolíticas difíciles de construir con otros materiales (González Cuevas & Robles Fernández-Villegas, 2005).

El concreto en su forma simple, sin refuerzo, se caracteriza por su resistencia a la compresión, pero también por su debilidad a la tensión, lo que limita su aplicación como material estructural. Por esta razón se emplean refuerzos de acero, para resistir las tensiones, colocándose en aquellas zonas donde se prevé que se desarrollaran tensiones bajo las acciones de servicio (González Cuevas & Robles Fernández-Villegas, 2005).

Dado que el concreto está conformado por diferentes materiales, sus propiedades se ven condicionadas por la proporción en que se empleen en la mezcla, así como el cuidado que se brinde en el proceso de mezclado, y las condiciones de humedad y temperatura a las que se exponga, especialmente durante el proceso de curado.

Adicionalmente, pueden modificarse las propiedades mediante la utilización de cementos especiales, aditivos y con métodos especiales de curado (Nilson, 1999).

Entre las propiedades mecánicas más importantes del concreto se encuentran la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, módulo de Poisson, la contracción, la fluencia plástica (o cedencia), la resistencia a la tensión y la resistencia al corte. Sin embargo, el valor de cada propiedad puede diferir dependiendo del tipo de concreto elaborado y el material escogido para su reforzamiento, pues como se mencionó anteriormente el concreto simple posee una baja resistencia a la tracción (tensión) y una gran fragilidad (McCormac & Brown, 2011).

En la actualidad es común el uso de fibras como refuerzo del concreto utilizando diversos materiales, clasificándose generalmente como fibras metálicas, sintéticas, de vidrio y naturales. La adición de fibras no es una técnica nueva en el mundo de la construcción, antiguamente se utilizaban materiales como pasto, hilo, vara, e inclusive, pelo animal, los cuales eran agregados al adobe con el fin de evitar la fisuración y mejorar la resistencia a la tensión (Antillón, 2016).

Las fibras se adicionan también con el fin de reducir la fisuración por asentamientos y por contracción plástica, disminuir la permeabilidad e incrementar la resistencia a la abrasión y al impacto. Sin embargo, las características en las propiedades y el comportamiento del concreto al adicionar fibras depende en gran medida de factores como la geometría de las fibras, su distribución y su densidad en la masa de concreto (Antillón, 2016).

3.1 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras metálicas

La adición de fibras metálicas para reforzamiento del concreto se ha extendió en muchos lugares. La fibra metálica consiste en filamentos de alambre de acero, deformado y cortado que son adicionados al concreto con el fin de mejorar sus propiedades. Comúnmente estas fibras son fabricadas en base al estiramiento y corte de alambres de acero de diámetros típicos que van desde 0,25 a 0,76 mm (Ver figura 1). También existe la fibra de acero plana, producida por un proceso de laminado de alambres de acero, presentada en secciones transversales de 0,15 a 0,41 mm de espesor, por 0,25 a 0,90 mm de ancho (Moya & Cando Lara, 2019).



Figura 1. Fibras metálicas comerciales.

Fuente: Moya & Cando Lara, 2019. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado, p.11.

Las fibras metálicas más eficientes son aquellas con extremos ensanchados de 0,15 a 0,30 mm de espesor, por 0,20 a 0,60 mm de ancho, debido a que proporcionan mayor adherencia, homogeneidad y trabajabilidad a la mezcla. No obstante, su aplicación en el concreto dependerá del servicio estructural que va a cumplir el elemento, en el cual se deberá aprovechar la fuerza de tracción estática y dinámica, las características de absorción de energía, tenacidad y resistencia a la fatiga (Moya & Cando Lara, 2019).

Los materiales utilizados en la fabricación del concreto reforzado con fibras metálicas son los mismos que se utilizan para el concreto convencional, lo que diferencia es la adición de la propia fibra metálica y el uso, generalmente, de un aditivo súper plastificante para mejorar la trabajabilidad y ayudar a redistribuir las fibras en la masa del concreto (Caballero M., 2017).

Además de la forma y las dimensiones de la fibra, se ha observado que la eficacia de las fibras metálicas en el concreto depende de la relación entre el tamaño máximo del árido grueso y la longitud de las fibras, ya que las fibras deberán envolver al árido. Estudios indican que los resultados óptimos se consiguen cuando el tamaño máximo del árido es aproximadamente igual a la mitad de la longitud de la fibra. Sin embargo, el tamaño máximo de árido grueso empleado no debe ser superior a 20 mm. Es importante resaltar que en investigaciones realizadas, el porcentaje de fibras máximo en base al volumen de concreto, ha sido de 3% aproximadamente; esto se debe a la densidad que aporta dichas fibras a la masa del concreto, ya que durante su fabricación se debe tener especial cuidado a la hora de tener una masa homogénea y fácil en su colocación (Caballero M., 2017).

A continuación se presentan las características obtenidas en las propiedades mecánicas del concreto al ser reforzadas con fibras metálicas.

Resistencia a la compresión: Las fibras metálicas aportan entre 0% y un 15% de mayor resistencia en concretos con adición de un volumen de 1,5% de fibras en su masa total. Las fibras evitan que el concreto tenga fallas frágiles y explosivas (Ver figura 2), dándole ductilidad al compuesto (Lao Odicio, 2007).



Figura 2. Fibras metálicas ensayadas a compresión.

Fuente: Castañeda Ávila, Olague Caballero, Almeraya Calderón, Gaona Tiburcio, & Martínez Villafañe., 2000. Análisis comparativo entre el concreto hidráulico simple y el reforzado con fibras de acero. p.5.

Resistencia a la tracción: La adición de fibras metálicas, tiene como objetivo incrementar la capacidad de resistencia a tracción del concreto tras la fisuración. Al producirse las fisuras en la sección, las fibras trabajan como una costura por lo que se incrementa la capacidad de absorción de energía (Ver figura 3). Este comportamiento genera que las fibras aumenten su resistencia a la adherencia y que puedan actuar en parte como un armado transversal (Caballero M., 2017).

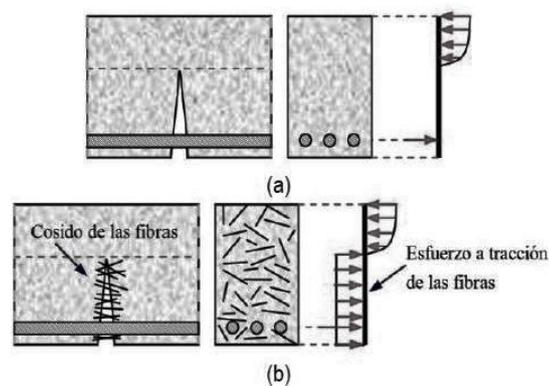


Figura 3. Control de fisuración con fibras metálicas en el concreto.

Fuente: Caballero M., 2017. Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. p.2.

Con ensayos en probetas de concreto reforzado con fibras se mide su resistencia a la tracción, obteniéndose valores del mismo orden al concreto simple, sin embargo, la tenacidad del concreto reforzado con fibras es mucho mayor debido a la fracción desarrollada por la fibra y la energía de deformación durante la extracción de ésta (Lao Odicio, 2007).

Las fibras restringen las fisuras internas a zonas localizadas, evitando su propagación a las adyacentes, si se encuentran uniformemente distribuidas y lo suficientemente juntas para interactuar con las fisuras y evitar su propagación, por lo que la resistencia a la tracción de concreto reforzado con fibras metálicas se incrementa con la disminución de la separación de las fibras (Lao Odicio, 2007).

Contracción al fraguado: Los mismos factores que influyen en la deformación por contracción en el concreto simple influyen también en la deformación por contracción del concreto reforzado con fibras metálicas; concretamente, en la temperatura y humedad relativa, propiedades de los materiales, la duración de curación y el tamaño de la estructura. La adición de fibras metálicas al concreto tiene efectos beneficiosos para equilibrar los movimientos que surgen a raíz de los cambios de volumen que se dan en el concreto, además tiende a estabilizar los movimientos tempranos al ser comparados con el concreto simple (Lao Odicio, 2007).

La principal ventaja de las fibras metálicas en relación a la contracción es su efecto para reducir el espesor adverso de las grietas de contracción, las cuales ocurren cuando se restringe el concreto con movimiento por contracción. La presencia de fibras metálicas demora la formación de la primera fisura, permitiendo que el concreto ajuste más de una fisura y reduciendo considerablemente el ancho de ésta (Lao Odicio, 2007).

Resistencia a la abrasión y erosión: No se han encontrado diferencias considerables entre la resistencia a la abrasión del concreto simple y el concreto reforzado con fibras metálicas. Sin embargo, para el caso de concretos para pavimentos, las fibras metálicas tienen efectos beneficiosos en la prevención por descascarado (Lao Odicio, 2007).

Consistencia y trabajabilidad: La inclusión de las fibras metálicas en el concreto hace que éste disminuya su trabajabilidad y aumente su consistencia, disminuyendo la movilidad de la mezcla. La interacción de las fibras puede llevar a la formación de bolones que van en desmedro del material endurecido. En general, la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el incremento del factor de forma de la fibra usada (Lao Odicio, 2007).

Resistencia al fisuramiento: Las fibras metálicas no cambian la permeabilidad debida a la porosidad del concreto, pero si disminuyen la permeabilidad debida a las rajaduras. Las fibras previenen que las microfisuras se conviertan en fisuras mayores y de esta manera protege al concreto poroso del ataque agresivo del medio. Las fibras metálicas se oxidan solamente en la superficie del concreto. La superficie oxidada es mínima (Lao Odicio, 2007).

Resistencia al corte: Las investigaciones realizadas sobre el comportamiento al corte del concreto reforzado con fibras metálicas es limitado, sin embargo, en algunos estudios se ha comprobado que mejoran la ductilidad y resistencia al corte, especialmente al reemplazar los estribos por fibras metálicas (Lao Odicio, 2007).



Figura 4. Ensayo de corte.

Fuente: Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018. *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra metálica*. p.86.

3.2 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras naturales (bagazo de caña de azúcar)

Ante la búsqueda de un desarrollo sostenible y la posibilidad de utilizar nuevos materiales alternativos de construcción, que permitan reducir la extracción y uso de materiales convencionales, se han empleado fibras naturales como el bagazo de caña de azúcar para el reforzamiento del concreto (Osorio Saraz, Varón Aristizabal, & Herrera Mejía, 2007).

El bagazo de caña de azúcar consiste en un residuo después de extraído el jugo. Una clase de bagazo es el residuo leñoso de la caña de azúcar. En estado fresco estos bagazos contienen un 40% de agua. Suelen utilizarse como combustibles de las propias azucareras (Osorio Saraz, Varón Aristizabal, & Herrera Mejía, 2007).

Hasta el presente se han realizado numerosas investigaciones encaminadas en determinar las propiedades resultantes de la mezcla del concreto con fibras de bagazo de caña de azúcar. En algunas se ha encontrado que añadir esta fibra aporta importantes

variaciones en las propiedades mecánicas del concreto, especialmente en el peso de este, además de aumentar el tiempo de fraguado y descender la temperatura máxima de hidratación. En la mayor parte de estos estudios se ha determinado la necesidad de aplicar un tratamiento previo a las fibras para evitar su deterioro por las reacciones químicas del proceso de fraguado en el concreto (Narvárez Guevara, 2017).

Si bien las propiedades del concreto dependen del porcentaje de fibra de bagazo de caña adicionado, en todos se ha obtenido reducciones en la densidad del material con respecto a las densidades promedios del concreto (aproximadamente 2100 kg/m^3), lo que disminuye su peso y debe ser considerado en las cargas muertas por peso propio en las estructuras (Osorio Saraz, Varón Aristizabal, & Herrera Mejía, 2007).



Figura 5. Muestra de Concreto con diferentes porcentajes de fibra de bagazo.

Fuente: Hernandez Vicente, 2008. Uso de fibras de bagazo de caña en concreto. p.81.

En cuanto a la resistencia a la compresión, esta se ve afectada positivamente por el incremento del contenido de fibras de gabazo de caña de azúcar en porcentajes menores al 1%, encontrándose valores óptimos entre 0,5% y 0,75% los cuales reportan ganancias de hasta el 6% de resistencia a la compresión en fibras de 1” de longitud. En porcentajes de fibra mayores al 1% se reduce la resistencia a la compresión, hasta en un 50% en el caso de porcentajes del 2% de fibra añadida (Narvárez Guevara, 2017).

En ensayos de flexión se observa que al adicionar fibras de bagazo de caña de azúcar en bajas cantidades en comparación con el volumen total de la mezcla, se obtiene un pequeño incremento en el módulo de rotura, situación muy importante y a tener en cuenta en el caso de refuerzos secundarios a ayudar en resistencia y evitar agrietamientos y fisuraciones generadas por la variación de humedad y temperatura en losas y pavimentos (Narváez Guevara, 2017).

Respecto a su trabajabilidad y manejabilidad la mezcla presenta un comportamiento adecuado en bajas cantidades de fibra en comparación con el volumen total de la mezcla, pero a medida que se va aumentando la cantidad de la fibra tiende a generarse apelmazamiento (Ver figura 6) que genera una inadecuada adherencia (Narváez Guevara, 2017).



Figura 6. Mezcla de concreto con fibra de bagazo de caña presentando mala adherencia.

Fuente: Paricaguán Morales, 2015. Uso de fibras de bagazo de caña en concreto.p.199.

3.3 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras sintéticas

Las fibras sintéticas son fabricadas de materiales como acrílicos, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno. De forma general, las fibras sintéticas se caracterizan por tener elevada resistencia a la tensión y, entre ellas, se definen dos

categorías: las de alto y las de bajo módulo de elasticidad (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011).

Por su funcionalidad, las fibras sintéticas se clasifican en microfibras y macrofibras. Las primeras se utilizan regularmente para el control del agrietamiento por retracción plástica, y en general no aportan capacidad estructural al concreto. Mientras que las segundas ayudan a controlar grietas por temperatura, así como para mejorar el desempeño post agrietamiento de los elementos de concreto sometidos a flexión y tensión, lo cual les permite reemplazar la malla electrosoldada y las barras de acero (Ver figura 7) en un buen número de aplicaciones (Toxement, 2018).

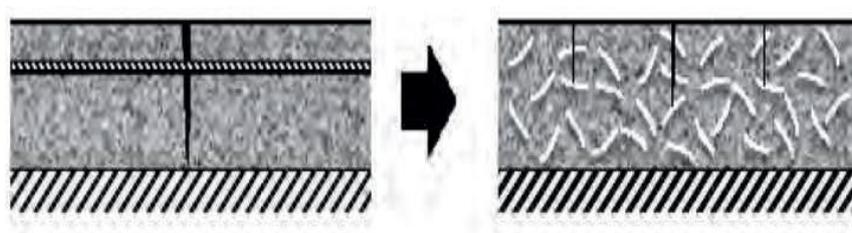


Figura 7. Diferencia en el control de fisuración entre el refuerzo convencional vs la adición de fibra sintética en el concreto.

Fuente: Toxement, 2018. Guía para el uso de fibras sintéticas de toxement.p.5.

En cuanto a tamaño, las microfibras sintéticas tienen un diámetro entre 0,02 mm y 0,05 mm, y regularmente se ofrecen en longitudes desde 6 mm hasta 25,4mm.

Actualmente la mayoría de proveedores de microfibras recomiendan dosificaciones de $0,6 \text{ kg/m}^3$. Las macrofibras por su parte son relativamente gruesas, generalmente se consiguen en diámetros entre 0,5 mm y 0,7 mm, con longitudes típicas entre 19 mm y 50 mm (Toxement, 2018).

En los últimos años se han realizado diversos estudios para evaluar las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras sintéticas, en los que el porcentaje de fibras ha variado entre 0,1 y 10% del volumen. Algunos de estos

resultados son contradictorios respecto a los efectos de las fibras sintéticas en las resistencias a compresión y flexión del concreto. Algunos estudios indican que la presencia de las fibras tiene efectos negativos en la resistencia a compresión, aunque se alcanzan ligeros incrementos en la resistencia a flexión, cuando el contenido de fibra es relativamente alto. Otros estudios presentan efectos favorables de la adición de fibra sintética sobre la tenacidad e incremento en la resistencia a compresión, del orden de 25%, cuando se emplea un porcentaje volumétrico de 0,5% de fibras sintética (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011).

En estudios llevados a cabo en la Universidad Nacional Autónoma de México, se observó que no existe una modificación en la resistencia por la incorporación de fibras sintéticas, aunque si hubo una tendencia a la disminución de la resistencia con el consumo de fibra, debida a la reducción en la consistencia y, por tanto, a la compactación que se puede lograr, por lo que recomiendan incorporar aditivos suple fluidificantes para restaurar el revenimiento, y con ello mejorar la compactación y la resistencia a la compresión (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011).

Otra propiedad estudiada fue el módulo de elasticidad y la relación de Poisson. De acuerdo con los resultados de los ensayos no se observaron cambios en la rigidez del concreto por la incorporación de la fibra, conservando valores similares los concretos con o sin fibras sintéticas. La deformación unitaria máxima resultó prácticamente la misma para ambos concretos (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011).

La resistencia a la tensión tiende a incrementarse o a reducirse según el diámetro de los áridos, presentando mejores resultados en aquellos con gravas de 9,5 mm de tamaño máximo y arena lavada. Con este mismo tamaño máximo de grava se obtiene la mayor resistencia al impacto y la mejor tenacidad, con lo que se reduce considerablemente los agrietamientos (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011).

3.4 Propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras de vidrio

La fibra de vidrio es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de vidrio embebidas en una matriz plástica, utilizado y producido en gran cantidad por los siguientes aspectos:

- Es fácilmente hilable en fibras de alta resistencia.
- Es fácilmente disponible y se puede aplicar económicamente para producir plástico reforzado con vidrio utilizando una gran variedad de técnicas de fabricación de materiales compuestos.
- Cuando está embebida en una matriz plástica produce un compuesto con muy alta resistencia específica.
- Cuando está unida a varios plásticos se obtienen materiales compuestos químicamente inertes muy útiles en una gran variedad de ambientes corrosivos (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

Aunque existen 5 tipos de fibra de vidrio, clasificadas como E, R, D, C y AR, la utilizada por sus características para reforzar el concreto es la tipo AR, la cual ofrece una alta resistencia para compuestos alcalinos durante el secado, además de brindar una alta resistencia a la tensión (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

En cuanto al estudio de las propiedades mecánicas del concreto con adición de fibras de vidrios, diversas investigaciones llevada a cabo en la Universidad EAFIT en la ciudad de Medellín, han demostrado que existe un efecto contradictorio respecto a la resistencia del material, pues entre mayor es el porcentaje de fibra de vidrio añadido mayor es la resistencia a la tracción, pero tiende a disminuir la resistencia a la compresión. Porcentajes menores al 1,5% de fibra tienden a obtener valores aceptables en la resistencia a la compresión, pero una variación muy pobre respecto a la resistencia a tracción (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

La ganancia de resistencia a la tensión a medida que aumenta el porcentaje de fibra adicionada no solo tiene efecto sobre la resistencia a la compresión, es necesario incluir también la afectación en la trabajabilidad de mezcla resultante, por lo que se recomienda utilizar porcentajes de fibra menores al 1,5% (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

Otra propiedad estudiada fue el módulo de elasticidad, el cual presenta un comportamiento similar al concreto convencional para porcentajes de fibra menores al 1% de fibra de vidrio. Porcentaje mayores tienden a presentar un módulo elástico no conveniente, resultado de la poca resistencia a compresión que se obtiene a medida que aumenta la cantidad de fibra (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

Capítulo 4. Comparación de las propiedades mecánicas entre el concreto tradicional y el concreto reforzado con fibras

El concreto es el principal material que ha sido aprovechado en la construcción, basta con observar las distintas obras que se encuentra en las calles de nuestro país y otros países que manejan este material, construcciones tales como casas, edificaciones, puentes, vías, etc. Debido a que en numerosas obras se necesita el uso del concreto, tanto simple como reforzado, se ha buscado la aplicación de fibras en la elaboración de concreto, para así lograr un concreto reforzado, con el fin de mejorar y optimizar su resistencia y vida útil (Carrillo Leiva & Rojas Chávez, 2017).

La resistencia del concreto sometido a compresión es similar a la de las piedras naturales, lo que lo hace apropiado para elementos que trabajan principalmente a compresión por su alta resistencia, tales como columnas o arcos. Además, el concreto como en las piedras naturales es un material relativamente frágil, con baja resistencia a la tensión comparada con la resistencia a la compresión. Lo que impide que sea utilizado en elementos estructurales sometidos a tensión ya sea en toda su sección, como el caso de elementos de amarre o en secciones transversales como vigas (Nilson, 1999).

El rol principal de las fibras en la adición del concreto está ligado al control de la propagación de una fisura en un material en estado de servicio, reduciendo la abertura de las fisuras, y la transformación del comportamiento de frágil a dúctil de un material; uno de los aspectos más relevantes del desempeño mecánico para el concreto reforzado con fibra es el comportamiento a la tensión (Materia y producto, 2008).

En este capítulo se recopilan algunas de las investigaciones realizadas hasta la fecha sobre la influencia de las fibras metálicas, naturales (bagazo de caña de azúcar), sintéticas y de vidrio en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto y los resultados obtenidos en ellos.

4.1 Comportamiento de las fibras metálicas en el mejoramiento del concreto

4.1.1 Resistencia a la compresión. Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia. Se llevaron a cabo estudios en la resistencia a la compresión entre concretos con adición de fibra de acero al 4% y al 6% y sin adición de fibra; mostrando que para la edad de 7 y 14 días han aumentado un 2.5% y un 9.6% para las fibras al 4% y un 11.55% y 17.49% para las fibras al 6%, respecto a la resistencia del concreto convencional (Ver figura 8). Por último, para la edad de 28 días, al 4% de fibra aumento un 17.29% y un 17.54% para las fibras al 6% de un concreto de 3000 PSI, presentando así una mejoría debido a la utilización de fibras de acero en las propiedades mecánicas del mismo (Sarta Forero & Silva Rodríguez, 2017).

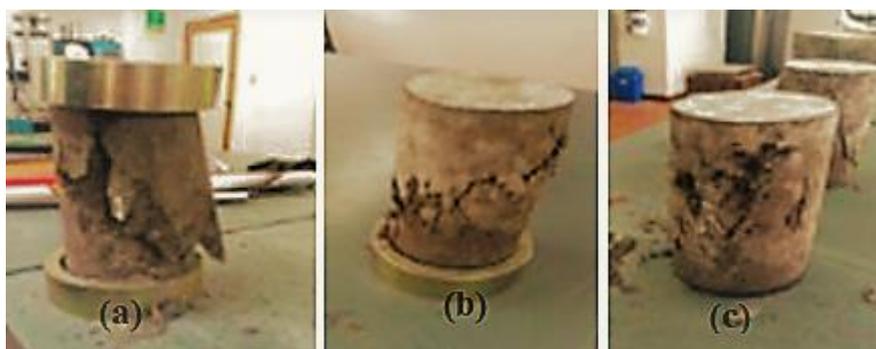


Figura 8. Ensayo a compresión de probetas con diferentes porcentajes de fibra metálica: (a).Patrón; (b). 4%; (c). 6%.

Fuente: Sarta Forero & Silva Rodríguez, 2017. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibras de acero al 4% y 6%.p.47.

Universidad Nacional de San Agustín, Perú. Los estudio realizados evalúan la influencia de fibras metálicas en el comportamiento del concreto convencional con un

$f'c$ 280 kg/cm² sin fibra a los 28 días, con dosificaciones de fibra metálica entre los 15, 25 y 35 kg por cada metro cúbico de concreto (Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018).

En la siguiente Tabla 1 y en el Grafico 1, se podran observar los resultados obtenidos mediante el ensayo a compresión.

Tabla 1.

Diseño en kg de fibra metálica por m³ de concreto

Consumo de fibra (kg/m ³)	$f'c$ (Kg/cm ²) diseño	Edad de ensayo	$F'c$ (kg/cm ²) Promedio	Aumento en (%)
0	280	28	284.38	0%
15	280	28	333.86	17%
25	280	28	322.92	14%
35	280	28	305.73	8%

Fuente: Adaptada de Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018.

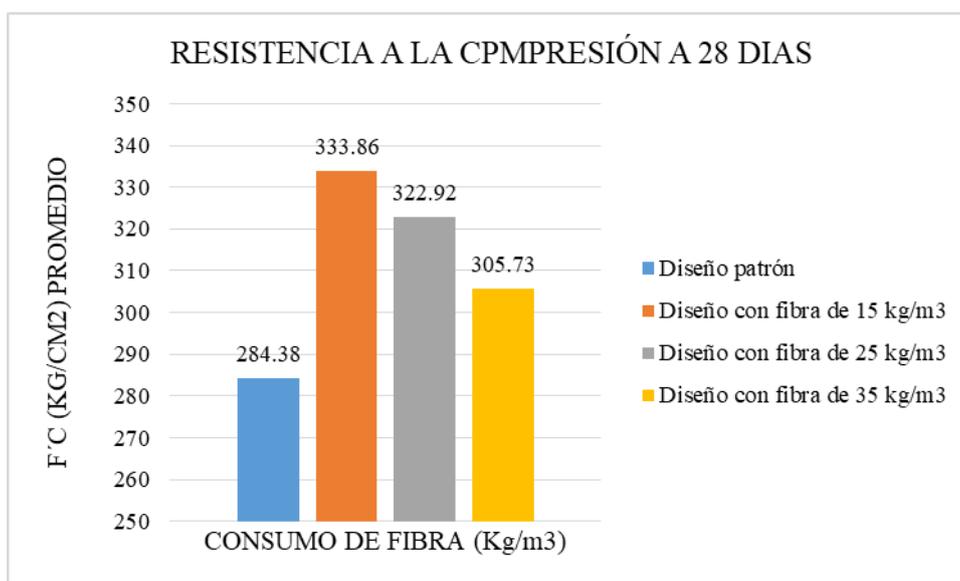


Figura 9. Resistencia a la compresión a los 28 días de las probetas ensayadas.

Fuente: Adaptada de Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018

En la tabla 1 se puede observar un aumento del 17% en la resistencia a la compresión con el diseño de 15 kg de fibra metálica por m³, referente al diseño del concreto patrón sin adición de fibra y en el Grafico 1, se logra evidenciar que entre

mayor sea la cantidad de fibra por m³, la resistencia a la compresión decrece de un 17% al 14% y 8% con adiciones de 25 y 35 kg de fibra por m³. Teniendo en cuenta que aun así se genera aumento en la resistencia respecto al concreto convencional, sin tener resultados que favorezcan a gran escala a esta propiedad. Sin embargo las fibras metálicas ayudan considerablemente a grandes aumentos en la tenacidad del concreto, provocando que las fibras modifiquen la forma de falla y esta a su vez no sea tan severa (Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018).

4.1.2 Resistencia a tensión. Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia. Se ensayaron concretos para edades de 7 y 28 días con porcentajes del 4% y 6% de fibra de acero que reemplazan un porcentaje del peso del agregado utilizado. Para la edad de 7 días, aumento un 13.25% para el uso de fibra al 4% y para las fibras al 6% con un aumento del 41.77%. Para la edad de 28 días el uso de fibras al 4% y al 6% aumento un 13.28% y un 42.26% respecto a las probetas de concreto convencional; las muestra representativas de los cilindros de concreto fallados a sus diferentes edades muestran resultados favorables, respecto a las muestras del concreto patrón sin adición de fibra de acero. Demostrando que las fibras reaccionan positivamente frente a las cargas vivas, generando una mejor adherencia con los agregados pétreos de la mezcla, por lo que se deduce que el uso de fibras metálicas ayudan considerablemente en el mejoramiento del concreto en sus propiedades mecánicas logrando que su resistencia se duplique (Sarta Forero & Silva Rodríguez, 2017).

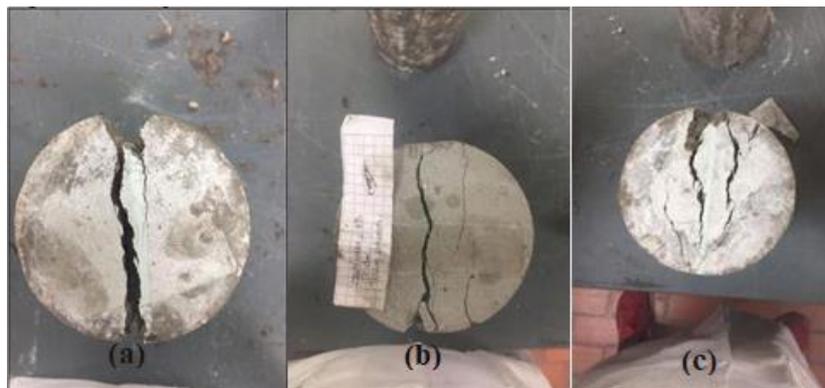


Figura 10. Ensayo a tracción de probetas con diferentes porcentajes de fibra metálica: (a).Patrón; (b). 4%; (c). 6%.

Fuente: Sarta Forero & Silva Rodríguez, 2017. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibras de acero al 4% y 6%.p.49-50.

Universidad Nacional Autónoma de México, México. Se ensayaron especímenes en forma de cilindros de 150mm de diámetro por 300 mm de altura, con dosificaciones de fibra metálica entre 0, 40, 45,60 y 75 kg/m³ para tres tipos de fibras de acero, de las cuales se desarrollaron 27 de las muestras para esta propiedad. En cada uno de los especímenes se logró un incremento en la resistencia a tensión o compresión diametral, la cual aumenta proporcionalmente con la cantidad de fibra metálica adicionada; logrando así un 14.2% de resistencia en comparación al concreto convencional (Carrillo León, Aperador Chaparro, & González Peñuela, 2012).

4.1.3 Resistencia a tensión por flexión. Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia, se ensayaron vigas en concretos para edades de 7, 14 y 28 días con porcentajes del 4% y 6% de fibra de acero que reemplazan un porcentaje del peso del agregado utilizado. Para la edad de 7, 14 y 28 días con una adición de fibra al 4%, se obtuvo un aumento de 12.14%, 28.28% y 44,98% y para una adición de fibra al 6%, se obtuvo un aumento de 11.01%, 30.76% y 56.26%, en donde se evidencia un aumento considerable en la resistencia del concreto cumpliendo con las normas establecidas. También permite que el concreto al momento de presentarse la falla sea más dúctil (Ver

figura 11), logrando así evitar fallas súbitas o explosivas (Sarta Forero & Silva Rodríguez, 2017).

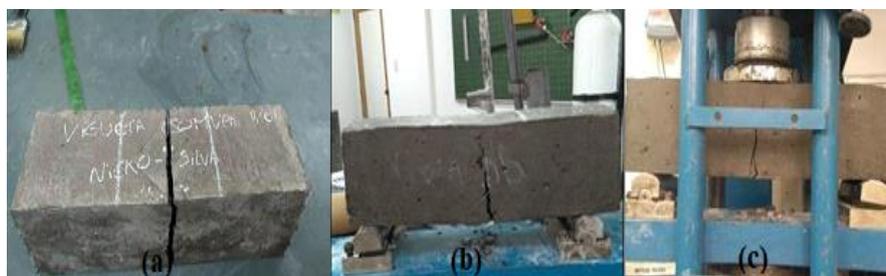


Figura 11. Ensayo de flexión de probetas con diferentes porcentajes de fibra metálica: (a).Patrón; (b). 4%; (c). 6%.

Fuente: Sarta Forero & Silva Rodríguez, 2017. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibras de acero al 4% y 6%.p.52-53.

Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. Las vigas seleccionadas para realizar los ensayos fueron probadas a los 7 y 28 días mediante lo establecido en la Norma ASTM C 78, para módulos de ruptura a flexión. Los concretos con fibra metálica arrojaron valores con poco incremento en los módulos de ruptura. Estos no tienen mucha influencia en el concreto con fibra de acero, ya que el módulo de ruptura se calcula en base a la falla de la matriz de concreto y no en la falla de la fibra. Por lo tanto, una vez falla la matriz, cede el trabajo a la fibra, permitiéndole una mejor ductilidad al concreto reforzado con fibra metálica. Con los resultados obtenidos en los ensayos realizados se registra que el módulo de ruptura máximo del concreto con fibra aumento 1.88 veces más que el concreto patrón y esto se da en la concentración de fibra de 45 y 60 kg/m³ de concreto (Castañeda Ávila, Olague Caballero, Almeraya Calderón, Gaona Tiburcio, & Martínez Villafañe., 2000).

4.1.4 Modulo de elasticidad. Universidad Nacional de San Agustín, Perú. Se analizan muestra de concreto con dosificaciones de fibra metálica de 15, 25 y 35 kg por m³ de concreto, respecto al concreto patrón. A continuación en la Tabla 2 se podran observar los resultados obtenidos para el modulo de elasticidad de dichos especimenes (Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018).

Tabla 2.

Diseño en kg de fibra metálica por m³ de concreto.

Diseño	Módulo Elástico		Diferencia % respecto al D. patrón
	E (kg/cm ²)	Promedio (E)	
Patrón (0 KG)	E teórico	255280.1314	100%
	E experimental	334471.4682	
15 KG	E teórico	272084.6374	95%
	E experimental	317127.8554	
25 KG	E teórico	272077.6466	102.63%
	E experimental	343261.6944	
35 KG	E teórico	265919.4675	107.30%
	E experimental	358876.0198	

Fuente: Adaptada de Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018.

Se observa que el modulo de elasticidad aumenta a medida que se adiciona fibra metalica, excepto la muestra de concreto de 15 kg/m³ que disminuye un 94.81% respecto al diseño patron sin adición de fibra, cabe resaltar que los resultados que se obtubieron de los modulos de elasticidad de las muestras se encuentran por encima de los valores teóricos (Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018).

En el siguiente grafico se puede apreciar la diferencia de porcentajes entre los valores obtenidos del modulo de elasticidad de los diseños con dosificación de 25 kg/m³ y 35 kg/m³, que se encuentran por encima de los valores de forma teoricacon un aumento de 2.6% y 7.3% (Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018).

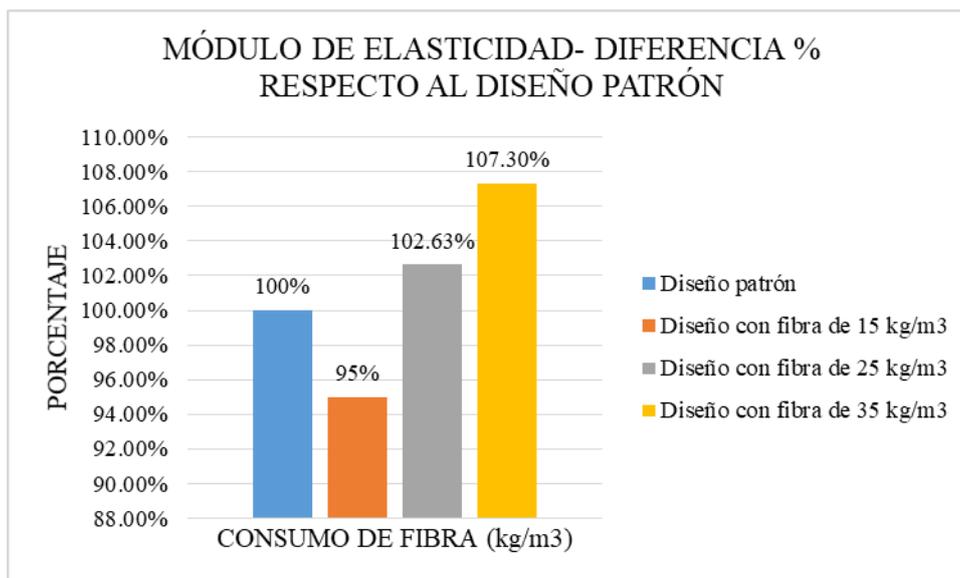


Figura 12. Diferencia entre los módulos de elasticidad respecto al porcentaje de fibra.

Fuente: Adaptada de Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018.

Universidad Nacional Autónoma de México, México. En esta investigación se utilizaron especímenes en forma de cilindros de 150mm de diámetro por 300 mm de altura, con dosificaciones de fibra metálica entre 0, 40, 45,60 y 75 kg/m³ para tres tipos de fibras de acero, de las cuales se desarrollaron 27 de las muestras para esta propiedad. Con estos ensayos se dedujo que el módulo de elasticidad disminuye si se incrementa la dosificación de fibra de acero. Esta reacción se genera por la disminución o sustitución del agregado grueso por fibra y por el contenido de aire en la mezcla, generando pérdida en la adherencia entre la matriz cementante y la fibra (Carrillo León, Aperador Chaparro, & González Peñuela, 2012).

4.1.5 Otras propiedades. En la búsqueda del mejoramiento del concreto con la adición de fibras metálicas se logran encontrar muchas ventajas en otras propiedades, por lo tanto en esta sección se mencionaran algunas de ellas.

Universidad Nacional de San Agustín, Perú. A parte de los estudios ya mencionados anteriormente por esta universidad, también se encontraron otras

propiedades que con ayuda de la adición de fibras metálicas permiten contribuir en la decisión de en qué momento se deben usar las fibras para mejorar alguna de las características del concreto (Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018).

- **Trabajabilidad.** Los ensayos realizados de concreto en estado fresco permitieron deducir que esta propiedad se reduce de manera proporcional de acuerdo al consumo de fibra añadida, es decir que para este caso la cantidad de mayor contenido de fibra era 35kg por m³ y reducía su trabajabilidad a un 27% del concreto patrón.
- **Contenido de aire.** A medida que se incrementa la cantidad de fibra metálica en la mezcla, genera más vacíos permitiendo así que el contenido de aire en el concreto aumente de un 4%, 9% y 12%, para los diseños de 15, 25 y 35 kg/m³, esto nos permite deducir que se tiene un incremento de 4% por cada 10kg de fibra añadida. Este contenido de aire en la mezcla puede influir en el comportamiento de propiedades como la resistencia a la compresión, impacto y módulo de elasticidad.
- **Contracción plástica.** Entre los ensayos de concreto en estado fresco la adición de fibra metálica reduce significativamente la aparición de grietas conforme a su longitud y espesor, aportando una reducción en el área de figuración de 12% para el espécimen de 15 kg, 65% para el de 25 kg y un 66% para el de 35 kg. Evidenciando que el uso de esta fibra en el concreto beneficia al control de fisuras y por lo tanto ayuda en la durabilidad del concreto (Ccopa Corimanya & Soto Mamani, 2018).

Universidad Nacional Autónoma de México, México. Aparte del mejoramiento en la resistencia del concreto con adición de fibra metálica, los ensayos

de los especímenes permitieron demostrar que la manejabilidad del concreto disminuye cuando se incrementa la cantidad de fibras en la mezcla cementante, principalmente en las muestras realizadas con fibras de 60 mm de longitud. En cambio para el peso específico del concreto en estado endurecido, su variación no es significativamente al aumento del contenido de fibra adicionada, ya que el porcentaje de agregado grueso remplazado se equilibra con la fibra incorporada (Carrillo León, Aperador Chaparro, & González Peñuela, 2012).

4.2 Comportamiento de las fibras naturales (bagazo de caña de azúcar) en el mejoramiento del concreto

4.2.1 Resistencia a la compresión. Universidad de Cuenca, Ecuador. Los especímenes utilizados en la investigación cuentan con un concreto patrón para un $f'c$ de 210 kg/cm², en el cual se trabajaron dosificaciones de 1.5, 2.5, 5 y 8% de fibra natural en relación al volumen de la mezcla. El tamaño elegido de las fibras fue el material pasado por el tamiz #8 (2.36mm) para la elaboración de las probetas a ser ensayadas y probadas a los 7 y 28 días de fraguado (Espinoza Carvajal, 2015).

Tabla 3.

Diseño en kg de fibra metálica por m³ de concreto

Resistencia a la compresión vs % de fibra	
Porcentaje de fibra natural (%)	Resistencia a compresión (Mpa)
0%	21.89
1.50%	18.67
2.50%	10.94
5.00%	4.56
8.00%	0.00

Fuente: Adaptada de Espinoza Carvajal, 2015.

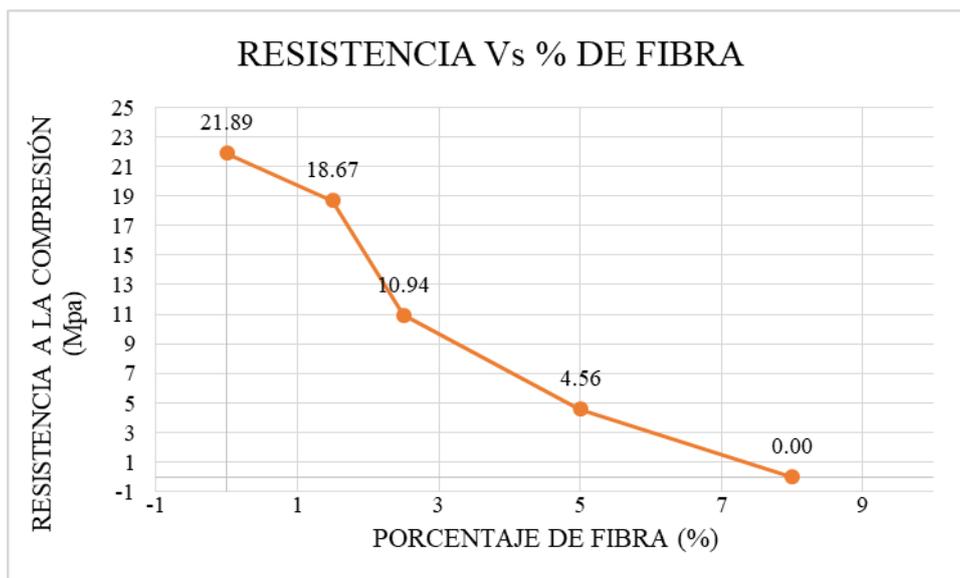


Figura 13. Resistencia a la Compresión respecto al porcentaje de fibra.

Fuente: Adaptada de Espinoza Carvajal, 2015.

Podemos observar el comportamiento de los especímenes en relación a la resistencia a la compresión y el porcentaje de fibra añadida, donde esta propiedad decrece a medida que el porcentaje de fibra aumenta (Espinoza Carvajal, 2015).

Para esta investigación se llevaron a cabo cuatro porcentajes de fibra, los cuales fueron ensayadas. Como resultado para el porcentaje de fibra del 1.5% la resistencia a la compresión decreció un 15%, para el 2.5% se perdió el 50% y para el 8% de fibra decayó hasta un 100% de la resistencia, todos estos valores respecto a la muestra patrón (Espinoza Carvajal, 2015).

Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Para la resistencia a la compresión se realizaron probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30cm de altura, una mezcla de concreto 1:2:3 con un contenido de fibra natural (bagazo de caña) al 0.5, 2.5 y 5 % del peso total del agregado, retenidas por el tamiz N°4 y N°6 (4.76 mm y 3.56 mm) y con longitudes entre 15 y 25 mm. Estos especímenes fueron ensayados a los 14 días de fraguado, dando como resultado que en aquellas probetas con la misma

dosificación de fibra pero con el mayor tamaño de las partículas (tamiz N°4) se genera una reducción en la resistencia en un 20, 4, 42, 8 y 31.7% respecto a las fibras pasadas por el tamiz N°6 (Osorio Saraz, Varón Aristizabal, & Herrera Mejía, 2007).

La incorporación de fibra de bagazo de caña en la fabricación de concreto reforzado, le ofrece mejoras al comportamiento del concreto en la resistencia a compresión, principalmente los especímenes que contienen entre un 0.5 y 2.5 % en relación al peso total del agregado grueso con longitudes entre los 15 y 25 mm retenidas por el tamiz de menor tamaño (N°6) y que pueden alcanzar a los 14 días de fraguado una resistencia a la compresión entre 8.6 y 16.88 Mpa, logrando estar por encima de los valores de las probetas sin contenido fibra (Osorio Saraz, Varón Aristizabal, & Herrera Mejía, 2007).

4.2.2 Resistencia a tensión. Universidad la Gran Colombia, Colombia. Se realiza el diseño de un concreto con una resistencia de 3000 PSI y se elaboran 6 especímenes para ser ensayados con dimensiones de 10 cm de diámetro y 20 cm de longitud, de los cuales se divide en tres tipos de mezcla, 2 especímenes para la muestra de referencia, 2 cilindros con fibra de caña seca y 2 cilindros con fibra de caña con el contenido de humedad natural. El porcentaje de fibra de bagazo de caña empleado es del 3% respecto al peso del cemento, ensayados a los 7 y 14 días de curado (Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019).

En la tabla 4 se puede observar los datos obtenidos en los ensayos de los especímenes con sus respectivas características.

Tabla 4.

Especificaciones de cilindros fallados a tensión

Tipo de muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Peso del espécimen (kg)	Curado (Días)	Carga máxima en KN	Resistencia a tensión
Patrón			3.7		41.1	1.86
Fibra seca 3%			3.58	7	37.1	1.71
Fibra húmeda 3%			3.5		36.1	1.64
	100	200				
Patrón			3.72		53.9	2.44
Fibra seca 3%			3.52	14	53.4	2.42
Fibra húmeda 3%			3.53		40.3	1.83

Fuente: Adaptada de Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019.

La resistencia a tensión de las muestras ensayadas podemos analizar que los especímenes con fibra húmeda a un 3% se comportan muy similar al concreto de referencia, obteniendo un mejoramiento en la resistencia del concreto con el cambio de 7 a 14 días de curado. Mostrando así que en el ensayo a tensión la mezcla con adición de fibra seca presento un 87% y 75% a los 7 y 14 días y la muestra con fibra de caña húmeda (natural) presento un 91% y 99% de resistencias respecto a la muestra de referencia. Cabe resaltar la influencia que tienen las fibras de bagazo de caña húmeda de mayor longitud sobre el concreto, permitiendo mejorar la cohesión y así los esfuerzos a tensión (Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019).

4.2.3 Resistencia a tensión por flexión. Universidad de Nariño, Colombia. La investigación busca evaluar las mejoras en las propiedades del concreto que pueda generar la fibra de bagazo de caña de azúcar cultivada por los paneleros en la zona del departamento de Nariño. Las probetas a ensayar son vigas de 8*8 cm en su sección transversal por 44 cm de largo cargada a cada tercio de luz libre, teniendo en cuenta que las fallas deben estar en la zona de tensión ubicada dentro del tercio central de la longitud libre entre apoyos (Ver figura 11) para ser consideradas dentro del análisis de los resultados. Los porcentajes a ser empleados son de 0% (mezcla patrón), 0.5, 2.5 y

5% de fibra natural (bagazo de caña) en relación al peso del agregado grueso; los ensayos son probados a los 14 y 28 días de edad para la resistencia a flexión., teniendo en cuenta que se eligen tres especímenes por cada edad y por porcentaje de fibra incorporada, para un total de 12 especímenes (España Dulce & Molina Gómez, 2013).



Figura 14. Ensayo a flexión de probetas con diferentes porcentajes de fibra de bagazo de caña.

Fuente: España Dulce & Molina Gómez, 2013. Evaluación de la resistencia de una mezcla de concreto, al adicionarle fibra tipo bagazo de caña panelera generada en el departamento de Nariño.p.64.

Los resultados a flexión de las muestras ensayadas permiten deducir que se obtuvo un pequeño incremento en el módulo de ruptura al incorporar bajas cantidades de fibra de bagazo de caña a la mezcla cementante. Dato importante ya que eso demuestra que puede funcionar como refuerzo secundario para aumentar la resistencia y evitar fisuras y agrietamientos en el concreto causados por la variación en su humedad y temperatura (España Dulce & Molina Gómez, 2013).

Universidad de Cuenca, Ecuador. La investigación realizada por la universidad elaboro un concreto patrón para un $f'c$ de 210 kg/cm², en el cual se trabajaron vigas con dosificaciones de 1.5, 2.5, 5 y 8% de fibra natural en relación al volumen de la mezcla. El tamiz #8 (2.36mm) fue empleado para el tamaño de las partículas seleccionadas en la elaboración de las probetas a ser ensayadas y probadas a los 7 y 28 días de fraguado (Espinoza Carvajal, 2015).

Tabla 5.

Diseño resistencia a la tracción por flexión vs % de fibra

Resistencia a la compresión vs % de fibra	
Porcentaje de fibra natural (%)	Resistencia a la compresión (Mpa)
0%	4.03
1.50%	3.35
2.50%	3.00
5.00%	0.59
8.00%	0.09

Fuente: Adaptada de Espinoza Carvajal, 2015.

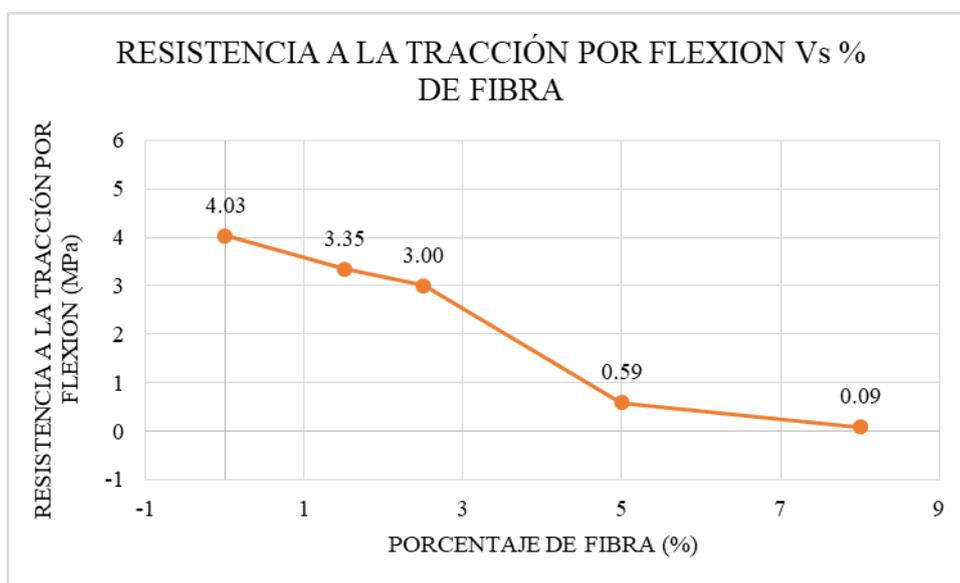


Figura 15. Resistencia a la tracción por flexión respecto al porcentaje de fibra.

Fuente: Adaptada de Espinoza Carvajal, 2015.

En los datos arrojados por las muestras ensayadas se logra apreciar que el porcentaje de fibra de bagazo de caña agregado al concreto entre menor sea su contenido, mayor será la resistencia a flexión. Para el 1.5% de fibra añadida, la resistencia del elemento disminuye en un 17% respecto a la muestra patrón. Para el 2.5% y 8% de fibra agregada, la resistencia decae un 26% y un 98% respecto a la muestra sin adición de fibra. Con estos datos se evidencia que al incorporar cantidades de fibra natural (bagazo de caña) mayores al 5% con respecto al volumen, este no tendrá

ninguna influencia en el mejoramiento de la resistencia a flexión (Espinoza Carvajal, 2015).

4.2.4 Módulo de elasticidad. Universidad de Nariño, Colombia. Las probetas ensayadas son cilindros con dimensiones de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto y un concreto de diseño de $f'c$ de 225 kg/cm². Los porcentajes empleados son de 0% (mezcla patrón), 0.5, 2.5 y 5% de fibra natural (bagazo de caña) en relación al peso del agregado grueso (España Dulce & Molina Gómez, 2013).

Para el cálculo del módulo de elasticidad se utilizan los valores arrojados por los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de fraguado y sus respectivos pesos volumétricos. En la Tabla 6 se pueden apreciar los valores obtenidos en los ensayos (España Dulce & Molina Gómez, 2013).

Tabla 6.

Calculo del módulo de elasticidad

% fibra	Peso del concreto (lb)	Peso unitario concreto (lb/pulg ²)	$W_c^{1.5}$	$f'c$ (lb/pulg ²)	$\sqrt{f'c}$	E_c (lb/pulg ²)
0.00	27.11	0.39	0.24	3574.76	59.78	1.87
0.50	26.84	0.38	0.23	3247.18	56.98	1.71
2.50	26.15	0.37	0.22	3007.35	54.83	1.57
5.00	25.62	0.37	0.21	2659.72	51.57	1.41

Fuente: Adaptada de España Dulce & Molina Gómez, 2013.

Se puede apreciar que a mayor porcentaje de fibra añadida a la mezcla, menor es el peso unitario de las muestras, demostrando que para el espécimen sin adición de fibra su peso es 0.39 lb/pulg² diferente al de 5% con un peso de 0.37 lb/pulg². Igualmente le sucede al módulo elástico de las muestras respecto al concreto patrón donde decrece a medida que la mezcla aumenta su contenido de fibra de bagazo de caña, dato que permite deducir que aunque esta propiedad no aumente, la fibra influye positivamente

ya que al momento de presentarse la falla el concreto se mantiene unido (España Dulce & Molina Gómez, 2013).

4.2.5 Otras propiedades. En la búsqueda del mejoramiento del concreto con la adición de fibras naturales se logran encontrar muchas ventajas en otras propiedades, por lo tanto en esta sección se mencionaran algunas de ellas.

Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Los ensayos realizados en las probetas cilíndricas con una mezcla de concreto 1:2:3 y un contenido de fibra natural (bagazo de caña) al 0.5, 2.5 y 5 % del peso total del agregado, retenidas por el tamiz N°4 y N°6 (4.76 mm y 3.56 mm) y con longitudes entre 15 y 25 mm. Permiten observar como las partículas retenidas por el tamiz N°6 generan mayor área para la adherencia del material cementante, en comparación a las fibras de mayor tamaño (tamiz N°4) (Osorio Saraz, Varón Aristizabal, & Herrera Mejía, 2007).

Respecto a la densidad del material compuesto con fibras de bagazo de caña de azúcar entre el 0.5 y 2.5% en relación al peso total del agregado grueso, presenta una disminución variada entre 141 y 336 kg/m³ respecto a los especímenes de referencia con densidades de 2400 kg/m³. Estos datos dan como muestra lo importante de la utilización de la fibra en concretos para disminuir el peso de una estructura consideradas en las cargas muertas de los diseños estructurales (Osorio Saraz, Varón Aristizabal, & Herrera Mejía, 2007).

Universidad de Nariño, Colombia. Dentro de los estudios realizados para la influencia de la fibra de bagazo de caña de azúcar en el concreto por parte de la universidad permitieron demostrar que para un concreto con resistencia a la compresión de 225 kg/cm² y porcentajes empleados de 0% (mezcla patrón), 0.5, 2.5 y 5% de fibra natural en relación al peso del agregado grueso, esta reacciona positivamente en la

adherencia de la fibra con la matriz, la cual no permite el avance de grietas y le brinda ductilidad, capacidad de absorción y disipación de energía (España Dulce & Molina Gómez, 2013).

Para la densidad, estas disminuyen al aumento del contenido de fibra en el concreto, pero a su vez su peso es más liviano, factor importante al momento de tenerlo en cuenta para las cargas muertas de peso propio de una estructura (España Dulce & Molina Gómez, 2013).

En cuanto a la trabajabilidad de la mezcla cementante se observó que a menor cantidad de fibra natural añadida, su comportamiento es muy parecido a la muestra patrón, situación que cambia a medida que esta va aumentando, ya que dificulta su manipulación y el comportamiento de la misma (España Dulce & Molina Gómez, 2013).

4.3 Comparación de las fibras sintéticas en el mejoramiento del concreto

4.3.1 Resistencia a la compresión. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. En esta investigación se estudió la influencia de las fibras PET tipo escamas reciclado como refuerzo para un concreto a diferentes porcentajes de 0% (concreto convencional), 0.5%, 1 % y 1.5% de fibra añadida, con una relación agua/cemento (a/c) de 0.62 y una resistencia a la compresión de 210 kg/cm². Se elaboraron 12 muestras de concreto con fibra de PET en cilindros de 10cm de diámetro por 20 cm de alto, probados a la edad de 28 días de curado (Aguilera Bazán & Diestra Lujan, 2017).

Para cada una de las dosificaciones empleadas se probaron 3 especímenes, obteniendo como resultado un descenso en la resistencia a la compresión a medida que se incrementa el contenido de fibra sintética (PET) en el concreto diseñado. En la muestra sin adición de fibra se alcanzó una resistencia promedio de 253.19 kg/cm², para

la de 0.5% de adición una resistencia de 232.47 kg/cm² con una reducción del 8% en comparación a la muestra patrón. Aun así este porcentaje fue el de mejor comportamiento dando como resultado superar la resistencia de estudio de $f'c = 210$ kg/cm² (Aguilera Bazán & Diestra Lujan, 2017).

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia. Para la resistencia a la compresión se utilizan 12 cilindros de concreto de 154 mm de diámetro por 306 mm de altura, a la edad de 7 y 28 días de curado, con porcentajes de fibra equivalentes al 0%, 0.6%, 0.8% y 10% del volumen total del cilindro, para un concreto con resistencia a la compresión de 3000 PSI. Al realizar los ensayos de los especímenes se encontró que al aumentar la cantidad del porcentaje de fibra, la resistencia decrece, logrando porcentajes de 22.73%, 18.33% y 20.66% para los contenidos de fibra al 0.6%, 0.8% y 1%. Con estos resultados se puede analizar que el porcentaje de 0.8% de adición de fibra fue la muestra con un mejor comportamiento frente a la mezcla patrón. También se logra observar que al momento de la falla las partículas se mantienen unidas al espécimen. (Rincón Garay & Guerrero Correa, 2019).

4.3.2 Resistencia a tensión. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Para esta investigación se fabricaron ocho tipos de mezclas ensayadas a las edades de 7 y 28 días. El estudio se realiza en un concreto con cuatro contenidos de fibra de polipropileno de 0, 1, 3,5 kg/m³, una resistencia de 300 kg/cm² y dos tamaños de agregado grueso de 9.5 y 19 mm (3/4" y 3/8"). En los resultados de los ensayos de los especímenes en la figura 12 se observa el tipo de falla presente, mostrando claramente la influencia que tienen las fibras en la ductilidad del concreto. Se encontraron ligeros incrementos y reducciones, inferiores al 9% en la resistencia a tensión de los concretos con adición de fibra, en relación a los concretos sin fibra, es

decir no se observa una diferencia significativa entre las mezclas (Aire Untiveros, Dávila, & Mendoza, 2011).



Figura 16. Ensayo a tensión de probetas con diferentes porcentajes de fibra sintética.

Fuente: Aire Untiveros, Dávila, & Mendoza, 2011. Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido.p.44.

Universidad Nacional de Trujillo, Perú. En esta investigación se estudió la influencia de las fibras PET tipo escamas reciclado como refuerzo para un concreto a diferentes porcentajes de 0% (concreto convencional), 0.5%, 1 % y 1.5% de fibra añadida, con una relación agua/cemento (a/c) de 0.62 y una resistencia a la compresión de 210 kg/cm². Se elaboraron 12 muestras de concreto con fibra de PET en cilindros de 10cm de diámetro por 20 cm de alto, probados a la edad de 28 días de curado (Aguilera Bazán & Diestra Lujan, 2017).

Los resultados del ensayo de resistencia a la tracción, en los especímenes con adición de fibra sintética de PET mostraron que a medida que se aumenta el porcentaje de fibra al concreto, esta disminuye su valor. En ninguna de las muestra con fibra se logró superar la resistencia de la probeta de concreto sin fibra la cual obtuvo un valor de 27.2 kg/cm². Para el concreto con 0.5% de contenido de fibra se logró un mejor comportamiento con un valor de 25.9 kg/cm², a diferencia de las probetas de 1% y

1.5% de fibra incorporada, las cuales presentaron decadencia en su resistencia con un porcentaje de 13.6% y 27.9% (Aguilera Bazán & Diestra Lujan, 2017).

4.3.3 Resistencia a tensión por flexión. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia. Para la resistencia a la flexión se utilizan 12 vigas de concreto a la edad de 7 y 28 días de curado, con porcentajes de fibra equivalentes al 0%, 0.6%, 0.8% y 1% del volumen total de la muestra a ensayar, para un concreto con resistencia a la compresión de 3000 PSI. En los especímenes ensayados a la edad de 7 días de curado, se presenta una disminución en la resistencia de las vigas a comparación de las muestras ensayadas a la edad de 28 días, las cuales arrojan valores significativos para el estudio de esta propiedad con la adición de fibra al concreto, donde se logra un aumento del 8.75%, 22.81% en las adiciones de fibra sintética de 0.6%, 0.8%, contrario al porcentaje de fibra incorporada al 1%, el cual presento resultados negativos respecto al concreto convencional (Rincón Garay & Guerrero Correa, 2019).

Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. La investigación tiene como finalidad conocer la influencia de las fibras PET reciclado en el comportamiento de un concreto de 3000 PSI de resistencia a la compresión en diferentes porcentajes de 0%, 10%, 20% y 30% de fibra, ensayados a la edad de 7 y 14 días de curado. Los especímenes ensayados son vigas de 100mm por 100mm de sección transversal por 350mm de largo, de los cuales se ensayaron cuatro muestras por cada porcentaje y edad. Este ensayo permite observar el comportamiento y la deformación que tiene el material ante la presencia de una fuerza transversal, la cual depende de su longitud y diámetro. En los ensayos con los diferentes porcentajes de fibra sintética, la influencia que generan a la mezcla cementante es que a medida que se incrementa la cantidad de fibra PET aumenta la resistencia a la flexión, logrando hasta un 1.5 % mayor a la muestra sin

adición de fibra. Cabe resaltar que la resistencia a flexión incremento con todos los porcentajes de fibra seleccionados en las edades de 7 y 14 días de curado, reconociendo que tuvo mejor comportamiento a los 14 días (Quintero Blandón & Mahecha Rico, 2016).

4.3.4 Modulo de elasticidad. Universidad Nacional Autónoma de México, México. El estudio se realiza en un concreto con cuatro contenidos de fibra de polipropileno de 0, 1, 3,5 kg/m³, una resistencia de 300 kg/cm² y dos tamaños de agregado grueso de 9.5 y 19 mm (3/4" y 3/8"), ensayados y probados a los 7 y 28 días de fraguado. Es necesario resaltar que para cada uno de los resultados obtenidos se promediaron tres especímenes logrando demostrar que se encontraron cambios en la rigidez del concreto por la incorporación de fibra sintética, dando valores muy similares al concreto patrón. La deformación unitaria máxima fue prácticamente la misma para ambos concretos (Aire Untiveros, Dávila, & Mendoza, 2011).

4.3.5 Otras propiedades. En la búsqueda del mejoramiento del concreto con la adición de fibras sintéticas se logran encontrar muchas ventajas en otras propiedades, por lo tanto en esta sección se mencionaran algunas de ellas.

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia. Para un concreto con resistencia a la compresión de 3000 PSI, con porcentajes de fibra equivalentes al 0%, 0.6%, 0.8% y 1% del volumen total de la muestra a ensayar y probados a la edad de 7 y 28 días de curado, se logra evidenciar que las fibras sintéticas tienen un comportamiento favorable frente a la fisuración del concreto. Por medio de ensayos se demuestra que a medida que aumenta el porcentaje de fibra, las fisuras disminuyen el tamaño que dando casi nulas, como es el caso de la muestra al 1% de fibra añadida que logra fisuras de 0.05 mm, en comparación con la muestra patrón que presenta fisuras hasta de 1.1 mm. También las fibras permitieron el aumento en la

tenacidad del concreto, donde este se resiste a la deformación, dándole mejor resistencia y permitiendo que el concreto no sufra desprendimientos de material (Rincón Garay & Guerrero Correa, 2019).

Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Dentro de los estudios realizados con fibra sintética PET reciclado en el concreto como refuerzo por parte de la universidad permitieron demostrar que para un concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y con porcentajes de 0% (concreto convencional), 0.5%, 1 % y 1.5% de fibra añadida, tuvieron un comportamiento favorable en el concreto presentado mejoras en la adherencia entre la fibra y la matriz. Ya que impidió el aumento del tamaño de las fisuras y el desmoronamiento en las muestras ensayadas. Para los ensayos en estado fresco la trabajabilidad de la mezcla se reduce o se dificulta su manipulación con porcentajes mayores al 1% de adición de fibra, hecho que genera el incremento del área superficial que debe adherirse a la matriz cementante, sabiendo que la fibra PET no absorbe el agua, sino que la mantienen disminuyendo la cantidad de agua disponible para su hidratación (Aguilera Bazán & Diestra Lujan, 2017).

4.4 Comparación de las fibras de vidrio en el mejoramiento del concreto

4.4.1 Resistencia a la compresión. Universidad EAFIT, Colombia. En esta investigación se busca analizar el comportamiento de una mezcla de concreto sin adición de fibra y otra con adición de fibra de vidrio en diferentes porcentajes 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, y 2.5 % del peso total de la mezcla. Para la resistencia a la compresión se eligieron 6 cilindros para cada tipo de mezcla, ensayados a la edad de 7 y 28 días de fraguado (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

Al ensayas las muestras, la resistencia a la compresión de los especímenes con adición de 0.5%, 1% y 1.5% fibra de vidrio presentan un comportamiento similar a la

resistencia de la mezcla patrón. En cambio en los porcentajes de 2% y 2.5% de fibra se presentó una disminución en su resistencia, siendo las mezclas probadas a los 28 días las más críticas. Para el espécimen de 2.5% de incorporación de fibra, se obtuvo un 53% de pérdida en la resistencia a la compresión en relación a la muestra de referencia. Este comportamiento puede ser generado por el aumento de fibra en la mezcla, causando dificultad en la combinación o mezclado de los materiales, permitiendo un mal recubrimiento de los agregados gruesos. Muy similar sucede con la adición del 2% de fibra (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

Universidad Austral de Chile, Chile. Las muestras seleccionadas para los estudios de resistencia a la compresión por la universidad son probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, ensayadas a los 28 días de edad. Se fabricaron mezclas con porcentajes de fibra de 0% para el hormigón patrón, 5%, 10% y 15% del volumen total de la mezcla. Para cada dosificación se realizaron 6 probetas, de las cuales se tomó el promedio de los ensayos como resultado de la propiedad estudiada (Godoy Abi- Elias, 2015).

En el Grafico se puede apreciar los valores representativos de las muestras ensayadas para la resistencia a compresión.

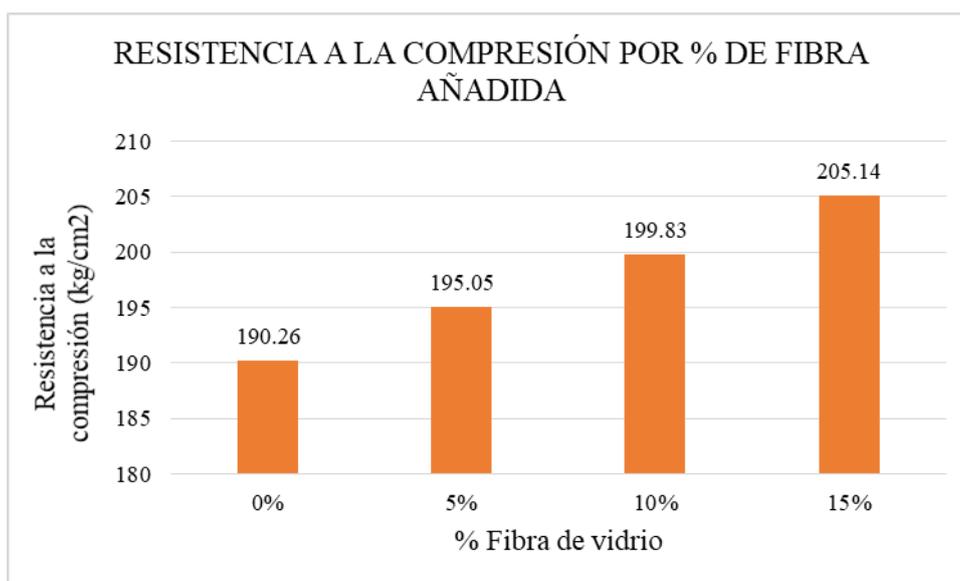


Figura 17. Resistencia a la compresión respecto al porcentaje de fibra añadida.

Fuente: Adaptada de Godoy Abi- Elias, 2015.

En el gráfico se puede observar los promedios obtenidos de las muestras ensayadas, demostrando que la resistencia a la compresión se incrementa si aumenta el contenido de fibra de vidrio en el concreto logrando progresivamente un incremento del 2.5% respecto a la muestra patrón. El valor es bastante pequeño pero es un dato significativo a la hora de evaluar este tipo de fibra en la influencia del comportamiento del concreto convencional (Godoy Abi- Elias, 2015).

Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Esta investigación tiene como finalidad realizar un estudio del comportamiento del hormigón con fibras de vidrio en algunas de sus propiedades y verificar la influencia de la adición de fibra en diferentes porcentajes. Para este caso se tendrá en cuenta probetas cilíndricas con edades a los 7 y 28 días de curado para analizar el comportamiento en la resistencia a la compresión del concreto con dosificaciones de fibra de vidrio y especificaciones del concreto dadas en la siguiente tabla (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Tabla 7.

Resumen de datos a compresión

Resistencia f'c (28 días)	Relacion a/c	Promedio kg/cm ²	F'c caracteristica	% Mejora
180 sin fibra	0.585	226.84	224.01	0
180 con 0.05% fibra de vidrio	0.585	281.87	277.33	24.26
180 con 0.3% fibra de vidrio	0.585	251.26	242.15	10.76
180 con 0.6% fibra de vidrio	0.585	239.83	235.08	5.73
210 sin fibra	0.523	220.92	214.96	0
210 con 0.05% fibra de vidrio	0.523	251.50	245.53	13.84
210 con 0.3% fibra de vidrio	0.523	241.87	238.55	9.48
210 con 0.6% fibra de vidrio	0.523	226.08	220.51	2.33
280 sin fibra	0.435	335.48	330.22	0
280 con 0.05% fibra de vidrio	0.435	324.18	319.41	-3.37
280 con 0.3% fibra de vidrio	0.435	342.19	336.35	2.00
280 con 0.6% fibra de vidrio	0.435	300.77	292.85	-10.35

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014.

De los datos suministrados en la Tabla 7 se eligieron los arrojados por las probetas ensayadas a los 28 días de fraguado por tener un mejor comportamiento que los ensayados a los 7 días. En la tabla se puede observar que las probetas que mejor resultados obtuvieron fueron las ensayadas con una relación de A/C de 0.585, donde se logró un incremento máximo de resistencia a la compresión de 24.26% con la adición de 0.05% de fibra de vidrio en comparación con los demás ensayos (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

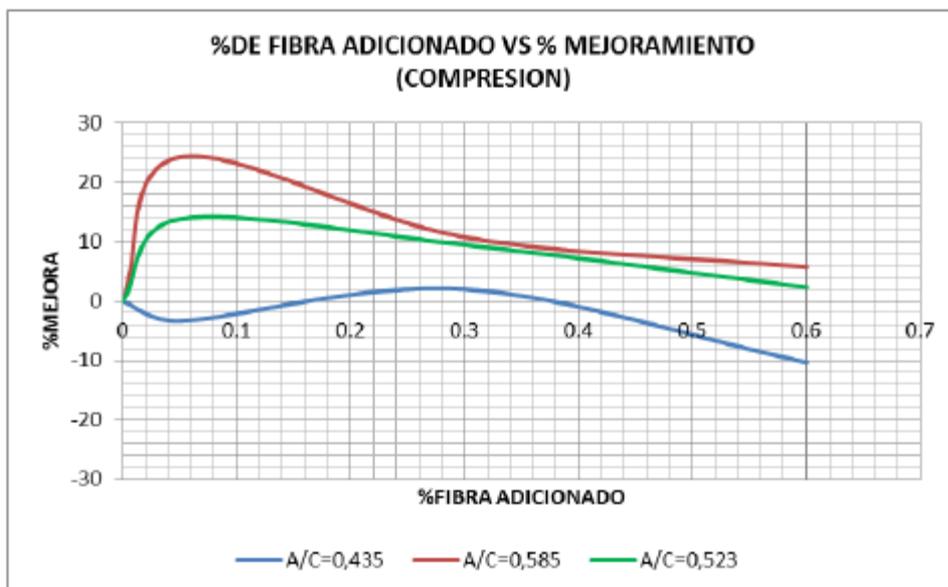


Figura 18. Comparativo de las resistencias a compresión del % de fibra adicionado Vs % de mejoramiento

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014.

Con apoyo a los datos suministrados por la Tabla 7, se observa que el contenido de fibra añadida a la mezcla, con mejor comportamiento es la dosificación del 0.05% que ayuda a un aumento considerable ante la resistencia de esta propiedad. También resaltando que la relación a/c de 0.585 se lograron incrementos de hasta un 10.76% de la resistencia del hormigón a las 28 días, en comparación con las muestras ensayados con 0.6% de fibra de vidrio, ya que estas generaron un decrecimiento de hasta el 10.35% (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

4.4.2 Resistencia a tensión. Universidad Austral de Chile, Chile. Las muestras seleccionadas para los estudios de resistencia por la universidad son probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, ensayadas a los 28 días de edad. Se fabricaron mezclas con porcentajes de fibra de 0% para el hormigón patrón, 5%, 10% y 15% del volumen total de la mezcla. Para cada dosificación se realizaron 6 probetas, de

las cuales se tomó el promedio de los ensayos como resultado de la propiedad estudiada (Godoy Abi- Elias, 2015).

En el Grafico se puede apreciar los valores representativos de las muestras ensayadas para la resistencia a la tracción.

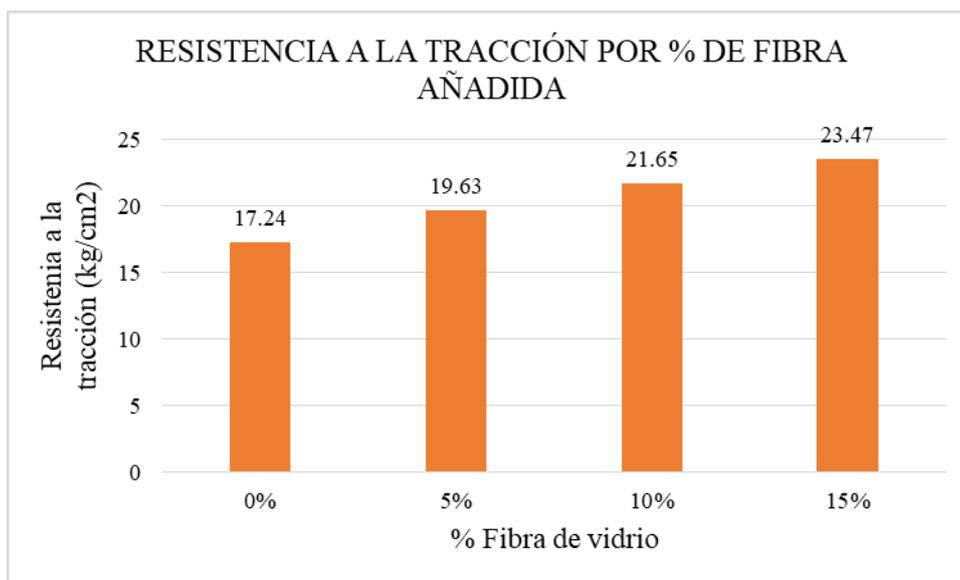


Figura 19. Resistencia a la tracción respecto al porcentaje de fibra añadida.

Fuente: Adaptada de Godoy Abi- Elias, 2015.

Para esta resistencia la adición de fibra de vidrio responde positivamente al comportamiento del concreto con un 36.13% de variación en su resistencia, permitiendo deducir que a mayor porcentaje de fibra añadida mayor será la resistencia a tensión del concreto respecto al concreto de muestra (sin adición de fibra). Este aumento es aproximadamente un 10% de la resistencia para cada dosificación trabajada (Godoy Abi- Elias, 2015).

Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Esta investigación tiene como finalidad realizar un estudio del comportamiento del hormigón con fibras de vidrio en algunas de sus propiedades y verificar la influencia de la adición de fibra en diferentes porcentajes. Para este caso se tendrá en cuenta probetas cilíndricas con edad a los 28

días de curado para analizar el comportamiento en la resistencia a la tensión (Ensayo Brasileiro) del concreto con dosificaciones de fibra de vidrio y especificaciones del concreto dadas en la siguiente tabla (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Tabla 8.

Resumen de resultados ensayo brasileiro

Resistencia	Relacion a/c	Resistencia kg/cm ²	% Mejora
180 sin fibra	0.585	28.35	0
180 con 0.05% fibra de vidrio	0.585	30.75	8.46
180 con 0.3% fibra de vidrio	0.585	31.00	9.32
180 con 0.6% fibra de vidrio	0.585	33.02	16.47
210 sin fibra	0.523	25.3	0
210 con 0.05% fibra de vidrio	0.523	28.07	10.94
210 con 0.3% fibra de vidrio	0.523	30.88	22.05
210 con 0.6% fibra de vidrio	0.523	32.88	29.95
280 sin fibra	0.435	40.01	0
280 con 0.05% fibra de vidrio	0.435	34.45	-13.89
280 con 0.3% fibra de vidrio	0.435	37.98	-5.06
280 con 0.6% fibra de vidrio	0.435	36.74	-8.17

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014.

En los datos suministrados en la Tabla 8 se identifican los valores de los diferentes especímenes que se trabajaron para esta investigación, donde se manejaron tres modelos a/c con dosificaciones entre 0.05, 0.3 y 0.65% de fibra de vidrio. Los resultados muestran que la relación a/c de 0.523 arroja un mejor comportamiento y aumento en la resistencia a comparación de las otras muestras, dando así un incremento de 29.95% en la resistencia a tensión con la adición de 0.6% de fibra de vidrio (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

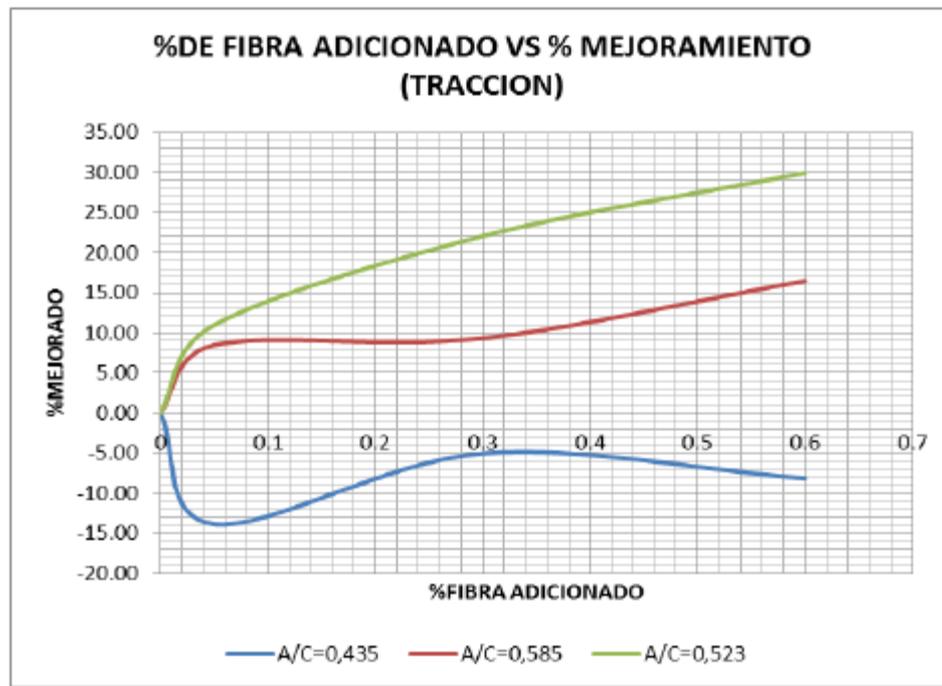


Figura 20. Resistencia a la tracción respecto al porcentaje de fibra añadida.

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014.

De acuerdo con la variación de los datos representados en la Gráfica, se aprecia que entre el rango a/c 0.5 y 0.55 los incrementos en la resistencia al hormigón son mayores, en comparación con los datos graficados de los especímenes con una relación a/c menor a 0.47, donde poseen menores incrementos en su resistencia, logrando en algunos casos disminuir totalmente la resistencia (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Para esta investigación llevada a cabo por la universidad se elaboró probetas cilíndricas con adición y sin adición de fibra de vidrio, los porcentajes de fibra comprenden los valores de 0.125%, 0.25% y 0.50% del volumen de concreto por metro cúbico para ser probadas y ensayadas a la edad de 7, 14 y 28 días con una resistencia de diseño de 210 kg/cm². Se ensayaron 18 cilindros de concreto para cada porcentaje de fibra, de esos 6 para cada edad; los

especímenes cilíndricos tienen 15 cm de diámetro por 30 cm de altura (Huamán Quispe, 2015).

Al realizar el ensayo de las muestras de la compresión diametral se obtuvieron valores donde la resistencia aumenta en cada una de las edades de prueba, al aumentar el porcentaje de fibra incorporada en la mezcla de diseño, como es el caso del espécimen con un 0.50% de fibra, que arroja los valores más altos en todas sus edades para la resistencia a la tensión, dando un valor de 21.03 kg/cm² a la edad de 7 días, 26.66 kg/cm² a los 14 días y 27.90 kg/cm² a los 28 días con una variación en su resistencia de hasta 30.74 % en comparación con la mezcla sin contenido de fibra. Los valores arrojados por el concreto patrón fueron de 16.93, 18.76 y 21.34 kg/cm² en las edades de 7, 14 y 28 días, siendo estos los valores más bajos en las muestras ensayadas y para los porcentajes de 0.125% y 0.25% de fibra añadida sus valores oscilan entre en concreto patrón y el porcentaje de 0.50% de fibra, mostrando la importancia que tiene esta fibra de vidrio al ser añadida en un concreto normal (Huamán Quispe, 2015).

4.4.3 Resistencia a tensión por flexión. Universidad Austral de Chile, Chile.

Las muestras seleccionadas para los estudios de resistencia a la flexión por la universidad son probetas prismáticas (vigas) de 16 cm de largo, 4 cm de alto y 4cm de ancho, ensayadas a los 28 días de edad. Se fabricaron mezclas con porcentajes de fibra de 0% para el hormigón patrón, 5%, 10% y 15% del volumen total de la mezcla. Para cada dosificación se realizaron 6 probetas, de las cuales se tomó el promedio de los ensayos como resultado de la propiedad estudiada (Godoy Abi- Elias, 2015).

En el Grafico se puede apreciar los valores representativos de las muestras ensayadas para la resistencia a la tracción.

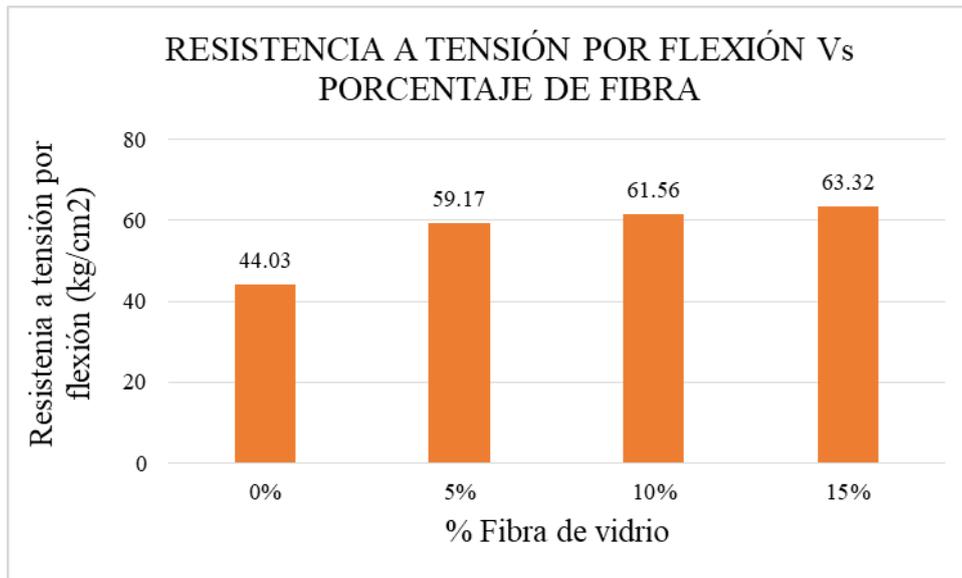


Figura 21. Resistencia a la tensión por flexión respecto al porcentaje de fibra añadida.

Fuente: Adaptada de Godoy Abi- Elias, 2015.

La grafica muestra el incremento que tiene la resistencia a la flexión con los ensayos de las vigas seleccionadas a los diferentes porcentajes estudiados. Dando como resultado que al aumentar la cantidad de fibra de vidrio la resistencia aumenta con un porcentaje de variación de 43.83%, logrando así alcanzar hasta un 36% de resistencia a diferencia del concreto sin adición de fibra (Godoy Abi- Elias, 2015).

Universidad EAFIT, Colombia. En esta investigación se busca analizar el comportamiento de una mezcla de concreto sin adición de fibra y otra con adición de fibra de vidrio en diferentes porcentajes 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, y 2.5 % del peso total de la mezcla. Para la resistencia a la tención por flexión se eligieron 2 vigas para cada tipo de mezcla, ensayados a la edad de 7 y 28 días de fraguado (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

Los resultados de las muestras de concreto ensayados para la resistencia a tensión presentan un comportamiento favorable, al incrementar el porcentaje de fibra añadida a la mezcla su resistencia aumenta, esto sucedió en cada una de las muestras a

las diferentes edades ya mencionadas. Para los porcentajes de 2.5% de fibra se obtuvo un aumento de 36.66% con respecto a la muestra patrón y para el porcentaje del 1% de fibra se alcanzó un crecimiento del 11.6%. Cabe recalcar que entre mayor sea la cantidad de fibra de vidrio incorporada, mayor será su ganancia en resistencia, pero al mismo tiempo afecta la trabajabilidad del concreto y reduce la resistencia a compresión de las muestras respecto al concreto de prueba (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Esta investigación tiene como finalidad realizar un estudio del comportamiento del hormigón con fibras de vidrio en algunas de sus propiedades y verificar la influencia de la adición de fibra en diferentes porcentajes. Para este caso se tendrá en cuenta probetas (vigas) con edad a los 28 días de curado para analizar el comportamiento en la resistencia a flexión del concreto con dosificaciones de fibra y especificaciones del concreto en la siguiente tabla (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Tabla 9.

Resumen de datos a flexión.

Resistencia	Relacion a/c	Modulo de rotura kg/cm ²	% Mejora
180 sin fibra	0.585	35.21	0
180 con 0.05% fibra de vidrio	0.585	47.02	33.55
180 con 0.3% fibra de vidrio	0.585	43.92	24.74
180 con 0.6% fibra de vidrio	0.585	46.45	31.92
210 sin fibra	0.523	35.26	0
210 con 0.05% fibra de vidrio	0.523	46.31	31.34
210 con 0.3% fibra de vidrio	0.523	46.55	32.03
210 con 0.6% fibra de vidrio	0.523	50.49	43.2
280 sin fibra	0.435	52.8	0
280 con 0.05% fibra de vidrio	0.435	46.74	-11.48
280 con 0.3% fibra de vidrio	0.435	54.96	4.10
280 con 0.6% fibra de vidrio	0.435	49.14	-6.92

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014.

En los datos representados en la Tabla 9 se aprecia que en la relación a/c de 0.523 se alcanzó un incremento máximo para la resistencia a flexión de 43.2% con la dosificación de 0.6% de fibra de vidrio añadida, también resaltando los resultados obtenidos por las muestras con la relación a/c de 0.585, donde la resistencia aumento hasta un 33.55% con el porcentaje de 0.05% fibra de vidrio. En el caso de los ensayos con relación a/c de 0.435, sus valores no fueron toralmente favorables, ya que en aquellos donde sus valores son negativos, muestran que la resistencia no logro alcanzar a la obtenida a los 28 días del hormigón sin adición de fibra (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

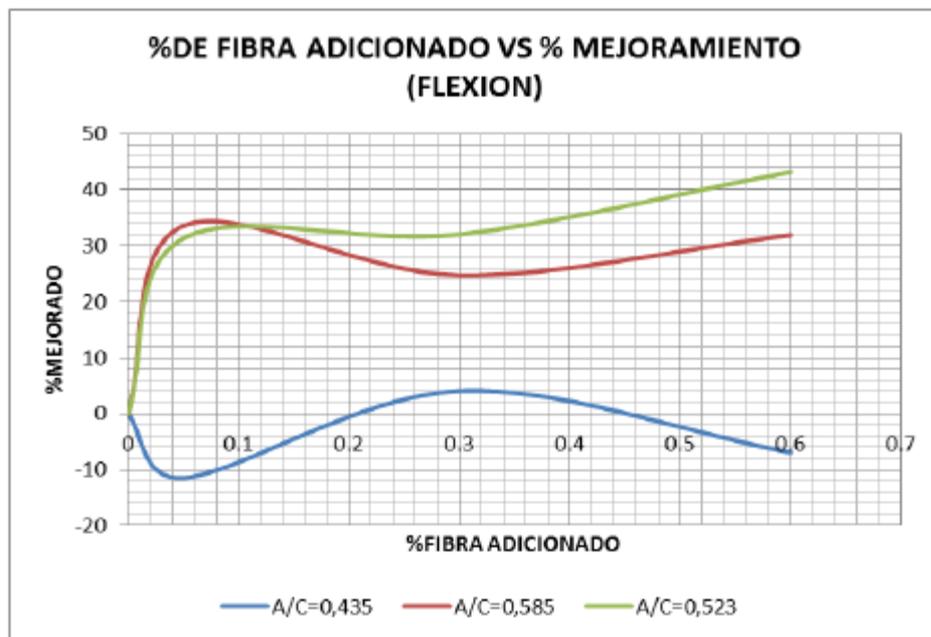


Figura 22. Comparativo de la resistencia a flexión del % fibra adicionada vs % mejoramiento

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014.

De acuerdo al Gráfico la relación de a/c que mejor comportamiento obtuvo a favor de la propiedad a la flexión fue de 0.585 con una dosificación de 0.6% de fibra. Mostrando también que para los porcentajes de adición de fibra de 0.3 y 0.6% se constató que su mayor incremento de resistencia está en la a/c= 0.523, mientras que

para la adición de 0.05% corresponde en la $a/c= 0.585$ (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

4.4.4 Modulo de elasticidad. Universidad EAFIT, Colombia. En esta investigación se busca analizar el comportamiento de una mezcla de concreto sin adición de fibra y otra con adición de fibra de vidrio en diferentes porcentajes 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, y 2.5 % del peso total de la mezcla. Para el módulo de elasticidad se eligió un cilindros para cada tipo de mezcla, ensayados a la edad de 28 días de fraguado (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

En la Tabla 10 y la figura 23 se puede apreciar el comportamiento de deformación de las probetas respecto al aumento de fibra añadida al aplicar una fuerza.

Tabla 10.

Módulo de elasticidad a los 28 días

MÓDULO DE ELASTICIDAD A LOS 28 DÍAS		
PORCENTAJE DE FIBRA	RESULTADO (MPa)	DIFERENCIA DE % RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN
0.00	21164	100
0.50	27180	128.4
1.00	24721	116.8
1.50	20810	98.3
2.00	16330	77.2
2.50	7747	36.6

Fuente: Adaptada de Arango Cordoba & Zapata, 2013.

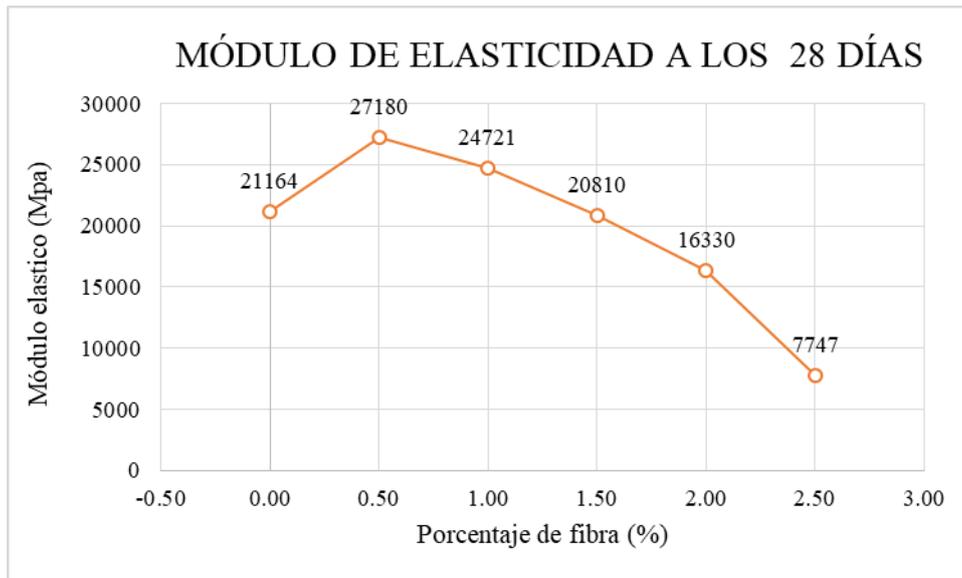


Figura 23. Módulo de elasticidad a los 28 días respecto al porcentaje de fibra añadida.

Fuente: Adaptada de Arango Cordoba & Zapata, 2013.

Se puede observar la influencia que tienen las fibras de vidrio al ser añadidas al concreto, para las mezclas con adición hasta el 1% mostraron un aumento en su módulo elástico en relación con la mezcla de referencia, logrando un aumento del 16%. En cuanto a las mezclas con adición de 1.5% y 2.5% de fibra el resultado fue menor que el del espécimen sin adición de fibra y estos porcentajes no se podrán usar para diseños de concreto que exijan un módulo elástico alto. (Arango Cordoba & Zapata, 2013).

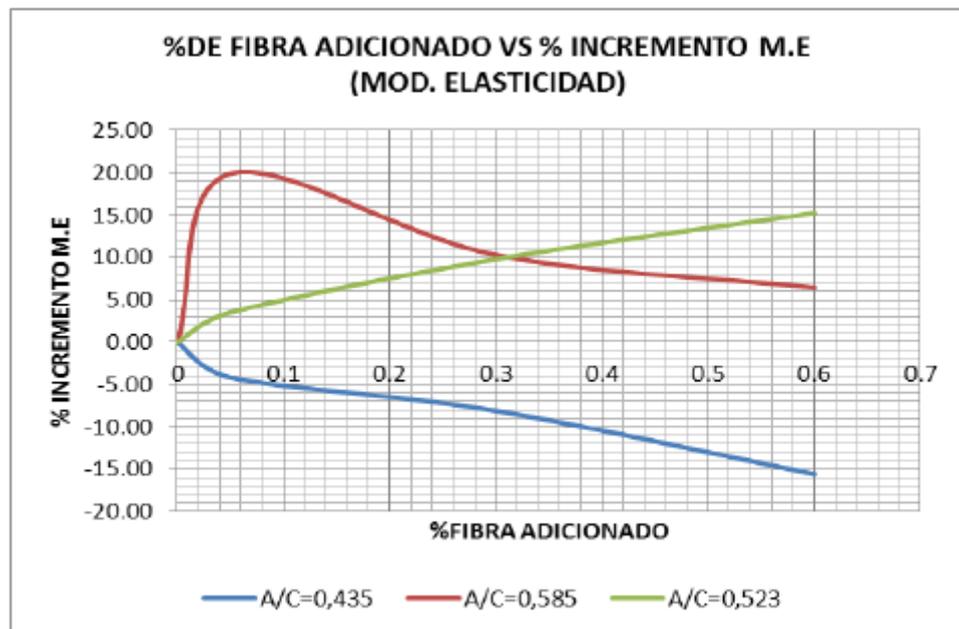
Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Esta investigación tiene como finalidad realizar un estudio del comportamiento del hormigón con fibras de vidrio en algunas de sus propiedades y verificar la influencia de la adición de fibra en diferentes porcentajes. Para este caso se tendrá en cuenta probetas cilíndricas con edad a los 28 días de curado para analizar el comportamiento en el módulo de elasticidad del concreto con dosificaciones de fibra y especificaciones del concreto en la siguiente tabla (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Tabla 11.

Resumen de datos ensayo módulo de elasticidad

Resistencia f'c (28 días)	Relacion a/c	Promedio kg/cm ²	α	% Incremento
180 sin fibra	0.585	176277.44	13138.94	0
180 con 0.05% fibra de vidrio	0.585	211389.54	15756.05	19.92
180 con 0.3% fibra de vidrio	0.585	194432.40	14492.14	10.30
180 con 0.6% fibra de vidrio	0.585	187620.28	13984.39	6.43
210 sin fibra	0.523	180998.93	21490.11	0
210 con 0.05% fibra de vidrio	0.523	187340.35	12927.71	3.50
210 con 0.3% fibra de vidrio	0.523	198747.40	13714.87	9.81
210 con 0.6% fibra de vidrio	0.523	208631.07	14396.91	15.27
280 sin fibra	0.435	205834.48	12300.96	0
280 con 0.05% fibra de vidrio	0.435	197228.46	11786.65	-4.18
280 con 0.3% fibra de vidrio	0.435	189144.90	11303.57	-8.11
280 con 0.6% fibra de vidrio	0.435	173753.97	10383.79	-15.59

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014.



En la

Figura 24. Comparativo módulo de elasticidad del % fibra adicionada vs % mejoramiento.

Fuente: Adaptada de Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014

En la Tabla 11 se detallan los resultados obtenidos en los ensayos realizados para el módulo de elasticidad donde se evidencia que las muestras con una relación a/c igual a 0.523, incrementan a medida que aumenta el porcentaje de fibra de vidrio añadida, desde un 3.50% hasta 15.27%. Resaltando que con la relación $a/c = 0.585$ fue el mejor comportamiento que se obtuvo, con la dosificación de 0.05% de fibra de vidrio, arrojando un valor de 19.92% de mejora (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

En el Gráfico se aprecia que el módulo de elasticidad arrojado por los diferentes especímenes en relación a/c , se incrementan a medida que se incrementa la cantidad de fibra de vidrio añadida. Contrario a la relación a/c de 0.435, en la cual su módulo de elasticidad decrece. También podemos observar que las muestras que mejor comportamiento tienen son aquellas que se encuentran entre el rango de relación a/c entre 0.5 y 0.55 (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Para esta investigación llevada a cabo por la universidad se elaboró probetas cilíndricas con adición y sin adición de fibra de vidrio, los porcentajes de fibra comprenden los valores de 0.125%, 0.25% y 0.50% del volumen de concreto por metro cúbico para ser probadas y ensayadas a la edad de 7, 14 y 28 días con una resistencia de diseño de 210 kg/cm². Se ensayaron 18 cilindros de concreto para cada porcentaje de fibra, de esos 6 para cada edad; los especímenes cilíndricos tienen 15 cm de diámetro por 30 cm de altura (Huamán Quispe, 2015).

Para el módulo de elasticidad de esta investigación se trabajaron con tres métodos para su cálculo, donde mostraron tendencias al aumento en su elasticidad al aumentar el porcentaje de fibra incorporada en la mezcla. Para el método establecido en la Norma Peruana E.060, el módulo incrementa un 2.49% con el porcentaje de 0.50 %

de fibra a la edad de 28 días con respecto a la mezcla patrón, por otro lado para el módulo calculado con el reglamento ACI 363R este aumenta un 1.73% con la adición de 0.50% de fibra de vidrio y 2.78% para el módulo calculado con por el grafico Esfuerzo vs Deformación con la adición de 0.50% de fibra a los 28 días, todos ellos respecto al concreto sin adición de fibra (Huamán Quispe, 2015).

4.4.5 Otras propiedades. En la búsqueda del mejoramiento del concreto con la adición de fibras de vidrio se logran encontrar muchas ventajas en otras propiedades, por lo tanto en esta sección se mencionaran algunas de ellas.

Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Para esta investigación llevada a cabo por la universidad se elaboró probetas cilíndricas y prismáticas con adición y sin adición de fibra de vidrio, los porcentajes de fibra comprenden los valores de 0.125%, 0.25% y 0.50% del volumen de concreto por metro cúbico para ser probadas y ensayadas a la edad de 7, 14 y 28 días con una resistencia de diseño de 210 kg/cm². Los especímenes cilíndricos tienen 15 cm de diámetro por 30 cm de altura y las vidas 15 cm de sección transversal por 50 cm de largo (Huamán Quispe, 2015).

Por medio de las muestras seleccionadas para realizar los diferentes ensayos que mostraran el comportamiento que tienen las fibras al ser incorporadas en un concreto, se obtuvieron datos para algunas propiedades como:

- *Trabajabilidad.* Los ensayos realizados de concreto en estado fresco permitieron deducir que esta propiedad disminuye de 9.35 cm a 7.82 cm para aquellas adiciones mínimas y máximas de fibra, logrando una reducción porcentual de 6.19% y 21.57% respecto a la muestra patrón. Esto permite comprender que si los porcentajes de fibras hubieran sido mayores, la trabajabilidad de la mezcla sería crítica (Huamán Quispe, 2015).

- *Peso unitario.* Para este caso el peso es uno de los factores importantes a tener en cuenta a la hora del diseño de un concreto. En los ensayos de concreto en estado fresco se presentó una disminución porcentual de 3.95% para la adición de 0.50% de fibra de vidrio respecto a la muestra convencional, permitiendo analizar que la fibra de vidrio en este caso no tiene un efecto importante para el peso unitario del concreto, ni en la variación del volumen del mismo. (Huamán Quispe, 2015).
- *Control de fisuración.* Para los ensayos a tracción y flexión de los especímenes seleccionado, el ancho de sus fisuras presentaron una disminución de 60.18% y 68.62%, para la longitud de fisuración disminuyeron en un 26.33% y 30.26%. permitiendo deducir que la fibra de vidrio impulsa en la disminución de fisuras presentes en un concreto (Huamán Quispe, 2015).

Capítulo 5. Información comercial en relación a la fabricación y obtención de las fibras como material de refuerzo para el concreto

El mercado de la construcción ha involucrado infinidad de materiales, herramientas y equipos que benefician al desarrollo y optimización de las actividades de construcción. Los aspectos de evolución en el comercio de materiales deben satisfacer los estándares de construcción (Aspectos estéticos, estructurales, tecnológicos e innovadores), además de ello deben tener los mejor índices económicos relacionados con la fabricación y obtención de los mismo. Las fibras de refuerzo en el concreto es un material relativamente nuevo, además cabe añadir que estas en Colombia han sido de muy buena acogida y a su vez se ha demostrado gran interés por desarrollar esta tecnología y ser participativos en el mercado local e internacional (Arango & Lopera Rendon, 2013).

En Colombia es evidente que en toda su geografía a lo largo y ancho del territorio nacional existen gran variedad de ecosistemas, que permiten el uso de nuevas tecnologías en los diferentes procesos de la industria en lo que se debe a la obtención de materia prima (Arango & Lopera Rendon, 2013).

Las fibras en el mercado internacional han sido direccionadas a países de Europa y Asia principalmente, se han visto en muchos países una demanda suprema, pues abastecer esta necesidad se han implementado estrategias para aumentar la producción y ser competitivos con unos tiempos de entrega más cotos y temas de negociación competentes (Arango & Lopera Rendon, 2013).

Este capítulo enmarca la información de empresas dedicadas a ofrecer productos de fibra para el mejoramiento del concreto, donde se resaltara el tipo de producto,

calidad y logros demostrados por cada una de ellas ante la influencia que tienen sus productos para el mejoramiento del concreto. Se tendrá como soporte las fichas técnicas del producto y estudios de su comportamiento en las propiedades del concreto por alguna de las empresas.

5.1 Metainplast S.A.S.

Es una empresa Colombiana que inicio sus actividades con la fabricación de maquinaria industrial con más de quince años en el mercado. Dedicada a partir del año 2013 a la transformación de residuos plásticos reciclados en productos como fibras sintéticas para el reforzamiento del concreto, apoyados con un amplio soporte de investigaciones tanto nacionales como internacionales (Metainplast S.A.S, 2019).

Es una empresa amigable con el medio ambiente, de la mano con la innovación y la tecnología. El producto denominado MallaPET 3D (Ver figura 25), es un producto de fibras sintéticas compuesto de polímeros de alta tenacidad y resistencia que garantizan un desempeño optimo del concreto siendo este una de las mejores opciones para ser utilizado como refuerzo (Metainplast S.A.S, 2019).



Figura 25. Fibra sintética, MallaPET 3D.

Fuente: Metainplast S.A.S, 2019.

Las fibras sintéticas de este material se adhieren a la masa de concreto distribuyendo su refuerzo en todo el elemento y formando una matriz de refuerzo

tridimensional (Ver figura 26) que disminuye la presencia de fisuras y mejora las propiedades del concreto.



Figura 26. Fibra sintética, MallaPET 3D.

Fuente: Metainplast S.A.S, 2019.

En la figura 27 se puede apreciar las diferentes dosificaciones de fibra sintética MallaPET 3D al ser aplicado para los tipos de obras de construcción y en el anexo A se encontraran las especificaciones detalladas del producto.

Tipo de Obra	Cantidad de Tacos o Mazos por Sacos de Cemento 42 Kg	Kg/Sacos de Cemento
Pisos Residenciales.		0,125
Pisos Comerciales, Placas tradicionales, Placas de MetalDeck, Caminerías, canchas deportivas.		0,250
Elementos prefabricados, estacionamiento vehículos ligeros, entrepisos comerciales.		0,375
Concreto proyectado, tapas de tanquilla, estacionamiento, almacenes. losas vivienda con paredes vaciadas		0,500
Vías secundarias, pisos de galpones industriales con maquinaria, estacionamiento de camiones. Trafico semi-pesado y vialidad rural		0,625
Trafico pesado, vialidad con pendientes		0,750

Figura 27. Tabla de dosificación, MallaPET 3D.

Fuente: Metainplast S.A.S, 2019.

5.1.1 Fabricación y obtención de la fibra sintética (MallaPET 3D) como material de refuerzo para el concreto. La empresa *Metainplast S.A.S*, se encarga de realizar la recolección de botellas plásticas y materiales provenientes del posconsumo, es decir del reciclado por medio de empresas regionales. Una vez obtenido el material plástico se procede a retirar etiquetas y demás residuos, se clasifica por tipo de material y se selecciona todo material denominado PET. Ya finalizado esta etapa, el plástico es pasado por un molino convirtiéndolo en hojuelas medianas aproximadamente de 24 a 26 mm, luego es lavado para eliminar residuos y contaminantes, donde se procesa y pasa a otro molino más fino para empezar a realizar el proceso de extrusión y homogenización plástica donde se obtiene el filamento que es pasado por unos jaladores y de ahí por dos hornos, donde uno le brinda estiramiento y el otro le da memoria o gradación. Después pasa por un sistema de corte donde es convertida en monofilamentos debidamente pesados, cortados y empacados en presentaciones de kilo y cajas de 20 kilos para mayoristas (Ver figura 28 y 29).



Figura 28. Proceso corte de plástico, MallaPET 3D.

Fuente: *Metainplast S.A.S*, 2019.



Figura 29. Proceso de extrusión, homogenización y empaçado, MallaPET 3D.

Fuente: Metainplast S.A.S, 2019.

5.1.2 Beneficios. Dentro de los procesos de fabricación, producción y comercialización se logran ver ventajas significativas para que este producto tenga impactó en diferentes áreas que competen su éxito en el mercado de la construcción como son:

- *Reducción de costos.* Garantiza una mayor economía en material, menor tiempo en ejecución de obra, transporte y almacenamiento. También es un producto de fácil aplicación, disminuye la mano de obra y reemplaza los refuerzos metálicos secundarios como la malla electrosoldada.
- *Vida útil.* Ofrece mayor vida útil al concreto, permitiendo mejorar sus propiedades físicas gracias a sus características, dando como resultado aumentos en el índice de tenacidad, brinda refuerzo y tridimensional y no se oxida, lo que lo hace ideal para zonas de alta salinidad.
- *Mayor soporte de carga.* Aumenta el esfuerzo a la flexión soportando mayor carga por cm^2 , mejorando así la absorción del concreto, el índice de tenacidad y reduce el alabeo del concreto (Ver imagen 30).



Figura 30. Losas en concreto auto lavado CARS WASH, MallaPET 3D.

Fuente: Autor.

- *Reducción de fisuras.* Al brindar al concreto un refuerzo tridimensional evita la ruptura por esfuerzos, reduciendo considerablemente las fisuras y su propagación, mejora la absorción al impacto dándole mayor fortalecimiento, controla la fisuración y reduce la retracción por dinámica plástica natural del concreto (Ver figura 31).



Figura 31. Losas en concreto auto lavado CARS WASH, MallaPET 3D.

Fuente: Autor.

Para resaltar mayor información de este tipo de fibras se puede observar Apéndice A, donde estarán las respectivas fichas técnicas de cada una de las fibras ya mencionadas.

5.2 Toxement S.A

Es un proveedor global de productos y servicios para las industrias del cemento y la construcción. Dentro de su portafolio ofrece un grupo de aditivos para concreto, cemento y mampostería, materiales para curado y sellado, morteros de reparación de concretos, entre otros (Toxement S.A, Euclid Chemical Toxement, 2020).

Toxement S.A, es una empresa dedicada al desarrollo de soluciones sustentables, con constante análisis tecnológico y respaldo internacional, que ayuda a proveer productos y servicios que generan soluciones en la disminución de gases de efecto invernadero, ahorro de energía, menor consumo de agua, uso de químicos amigables y diseño sostenible de estructuras (Toxement S.A, Euclid Chemical Toxement, 2020).

5.2.1 Productos. EUCLID GROUP TOXEMENT. Ofrece soluciones de concreto reforzado con fibras en micro y macrofibras sintéticas estructurales patentadas, utilizadas para la sustitución de la malla electrosoldada y fibras metálicas en el refuerzo del concreto (Toxement S.A, Fibras para refuerzo de concreto, 2016).

Tabla 12.

Descripción de los tipos de fibra sintética de TOXEMENT

Tipo	Aplicación	Producto
Microfibras	Retracción plástica	FIBERSTRAND 150
	Retracción plástica	FIBERSTRAND N
Macrofibras	Retracción plástica	MAXTEN
	Retracción por temperatura	
	Retracción plástica Retracción por temperatura Refuerzo estructural	TUF STRAND SF

Fuente: Adaptada de Toxement S.A, *Fibras para refuerzo de concreto*, 2016.

En la Tabla 12 se pueden observar las macrofibras TUF- STRAND SF, MAXTEN y las microfibras FIBERSTRAND de TOXEMENT, los cuales son productos

de alta calidad y que cumplen con las especificaciones estándar para concreto y concreto lanzado, reforzado con fibras en la norma *ASTM C 1116* (Toxement S.A, Fibras para refuerzo de concreto, 2016).

5.2.1.1 Microfibras FIBERSTRAND. Este tipo de fibras es utilizado para el control de grietas por contracción plástica e ideales para aplicaciones en placas, elementos prefabricados, concreto lanzado, entre otros y se encuentran disponibles en el mercado en polipropileno y nylon en presentación de bolsas de papel hidrosoluble de 0.6 kg, que van directamente hacer adicionadas al concreto y se usan en dosificaciones típicas de 0.6 kg/m³ (Toxement S.A, Fibras para refuerzo de concreto, 2016).

FIBERSTRAND 150 – Microfibra de polipropileno diseñada para reforzamiento de concreto con el objetivo de mitigar el agrietamiento por contracción plástica, es usada en una dosificación típica de 0.4 kg/m³ – 0.6 kg/m³ y cumple con la norma ASTM C-1116 y también con diferentes partes aplicables del international Code Council (ICC) en cuanto a los criterios de aceptación para fibras sintéticas (Toxement S.A, Euclid Chemical Toxement, 2020).

Este tipo de fibras es aplicable para contrapisos, vías, sobreplacas, cimientos, sistemas de construcción reforzada, entre otros. Dentro de sus propiedades ayuda al control y mitigación de fisuras por contracción plástica, reduce la segregación, provee refuerzo tridimensional, incrementa la durabilidad de la superficie, resistencia al impacto, a la abrasión, reducción de costos, entre otras (Toxement S.A, Euclid Chemical Toxement, 2020).

FIBERSTRAND N – Microfibra monofilamento de nylon para reforzamiento de concreto especialmente diseñada para mitigar la formación de contracción plástica, cumple con la norma ASTM C-1116 y con los diferentes aplicables del international

Code Council (ICC) Acceptance criteria (AC) 32 para fibras sintéticas (Toxement S.A, Euclid Chemical Toxement, 2020).

Las fibras Fiberstrand N son utilizadas en concreto lanzado, construcción de piscinas, losas de contrapiso, elementos prefabricados y concreto decorativo. Entre las ventajas que trae el uso de esta fibra si tiene el control y mitigación de la fisuración por contracción plástica, reduce la segregación y exudación, provee reforzamiento en tres dimensiones contra la micro – fisuración, reduce la permeabilidad, entre otros (Toxement S.A, Euclid Chemical Toxement, 2020).

5.2.1.2 Macrofibras sintéticas estructurales. TUF – STRAN SF. Son fibras sintéticas estructurales que consisten en una mezcla de polipropileno / polietileno, monofilamento, que se auto fibrilan cuando son incorporadas al concreto, la cantidad de fibra usada va de acuerdo al volumen de concreto a mezclar. Estas son usadas para reemplazar la malla electrosoldada y las fibras metálicas en placas de concreto, elementos prefabricados, sometidos a esfuerzos estructurales (Toxement S.A, Fibras para refuerzo de concreto, 2016).



Figura 32. TUF – STRAN SF, macro fibra sintética.

Fuente: Toxement S.A, Fibras para refuerzo de concreto, 2016.p.3.

Las fibras TUF – STRAN SF cumplen con la norma ASTM C-1116, para el tipo III (Synthetic Fiber – Reinforced Concrete o Shotcrete), que son para concreto y concreto lanzado reforzado con fibra, diseñadas para proveer una resistencia a la tensión equivalente a la del refuerzo convencional. También cumple con las partes aplicables del international Code Council (ICC) Acceptance criteria (AC) 308 para fibras sintéticas, tienen certificación UL para el uso de sistemas metaldeck, aparte están reconocidas por ACI 308 R-06 y SDI / ANSI.CI.O como alternativas al refuerzo con malla electrosoldada y ha sido probada de acuerdo con ASTM C-1399, C-1550, C-1609 y C-1018 y EFNARC (Experts for Specialized Construction and Concrete Systems) (Toxement S.A, Fibras para refuerzo de concreto, 2016).

MAXTEN TM. Son macrofibras sintéticas empleadas como refuerzo secundario (refuerzo por temperatura) en la construcción de placas, losas y elementos prefabricados de concreto con una resistencia a compresión de 21 MPa. Esta fibra es usada para reemplazar la malla electrosoldada y las fibras metálicas, cumplen con la norma ASTM C-1116 y son implementadas para reducir la fisuración por contracción plástica, mejorar la resistencia al impacto, la abrasión, incremento de resistencia a la fatiga, tenacidad y aumento de la vida útil. Las fibras MAXTEN TM manejan una dosificación en el concreto que depende del reforzamiento requerido el cual está en el rango de 1.8 y 3.0 kg/cm³ de concreto. Esta información se puede apreciar en la Tabla 13 (Toxement S.A, Maxten macro- fibra sintética, 2016).

Tabla 13.

Kg de MAXTEN/ m3 de concreto

Espesor de placa (cm)	3 mm cada 15 cm	4 mm cada 15 cm	5 mm cada 15 cm	6 mm cada 15 cm
5	1.8 kg/ m3	2.4 kg/ m3	-	-
8	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3	2.3 kg/cm3	-
10	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3	2.7 kg/ m3
12	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3	2.2 kg/ m3
15	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3	1.8 kg/ m3

Fuente: Adaptada de Toxement S.A, *Maxten macro- fibra sintética*, 2016.

MAXTEN TM se encuentra en el mercado en presentaciones de 1.8 kg con siete bolsas predosificadas (Ver figura 33) para adicionar por bulto de cemento y cabe mencionar que 1 m3 de concreto de 21 MPa (3000 PSI) contiene siete bolsas de cemento (Toxement S.A, *Maxten macro- fibra sintética*, 2016).

*Figura 33. MAXTEN, macro fibra sintética.*Fuente: Toxement S.A, *Maxten macro- fibra sintética*, 2016.p.2.

Para resaltar mayor información de este tipo de fibras se puede observar Apéndice B, donde estarán las respectivas fichas técnicas de cada una de las fibras ya mencionadas.

5.3 Productores de Fibra de caña

En Colombia y en varios países (Ver figura 34) como Brasil, México, Australia, Rusia, la india, la Unión Europea, Tailandia, entre otros, son productores y exportadores

de la caña de azúcar y productos derivados, ampliando cada día la superficie cosechada (Unidad de Gestión de Riesgos Agropecuarios , 2018).

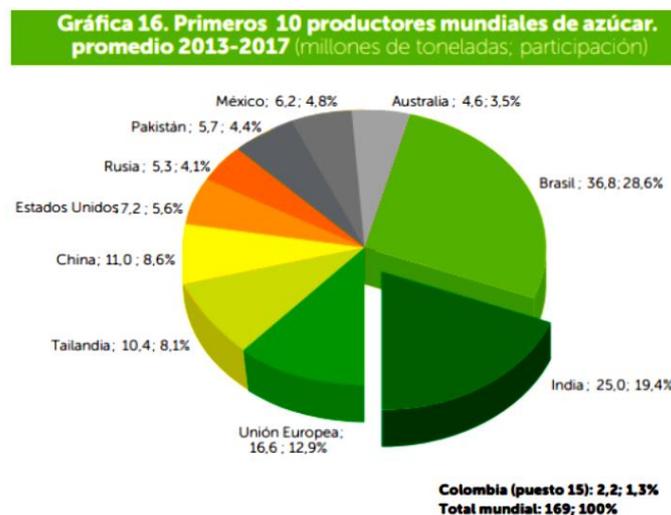


Figura 34. Primeros 10 productores mundiales de azúcar. Promedio 2013-2017.

Fuente: Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019. Influencia de la fibra de caña seca y húmeda en un 3% adicionada a un concreto convencional, comparando la resistencia a compresión y tensión indirecta.p.16.

La agroindustria está compuesta por más de 50 empresas proveedoras especializadas en insumos, maquinaria y equipos para cultivadores e ingenios. Está conformada aproximadamente por 2.750 agricultores dueños de las tierra, es decir un 75% del área total utilizada para este producto y 14 ingenios azucareros que conforman el área restante (UGRA, 2018).

La caña de azúcar representa el segundo cultivo con mayor extensión y se estima que aproximadamente a partir de los ingenios azucareros se produce 6 millones de toneladas de bagazo de caña de azúcar(Ver figura 35), de los cuales 5 millones de residuos fibrosos de caña son usados para la quema de calderas, desaprovechando esta materia para la generación de productos que puedan ser de mayor utilidad, como elaboración de material de papelería, elaboración de fibras naturales, entre otros (Cueva Orjuela, Hormaza Anaguano, & Merino Restrepo, 2017).



Figura 35. Producción y recolección de la caña de azúcar.

Fuente: Agencia de Noticias para la Difusión de la Ciencia, 2020. Bagazo de caña, posible componente de concreto hidráulico. Recuperado de: <https://noticiasdelaciencia.com/art/9573/bagazo-de-cana-posible-componente-de-concreto-hidraulico>

Las fibras naturales son un material que se extrae de diferentes productos que se encuentran en las diferentes regiones de un país y cada una de ellas tiene procesos y manejos diferentes para ser utilizados o empleados en el mundo de la construcción, como es el caso de la cascarilla de arroz, la concha de coco, el fique, el bagazo de caña de azúcar, entre otros.

El bagazo de caña de azúcar a nivel mundial tiene una variedad de aplicaciones para la generación de productos y uno de los más recientes es utilizarlo para la elaboración de materiales compuestos, incluso este producto fibroso se le ha llamado como el material compuesto del futuro. Para que este producto logre alcanzar el mercado, se requiere garantizar el cumplimiento de los requisitos y normativas que rigen la incorporación de fibras al concreto y aportándole durabilidad (Agencia de Noticias para la Difusión de la Ciencia, 2020).

5.3.1 Proceso obtención de la fibra de bagazo de caña. En esta sección se darán a conocer por medio de diversas investigaciones realizadas por universidades los diferentes procesos y manejos que se le han dado a la caña de azúcar para lograr obtener la fibra de bagazo de caña.

Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar (Universidad de Cuenca). La caña de azúcar es cultivada en regiones tropicales y subtropicales. La fibra de bagazo de caña es el residuo que se genera después de la extracción del jugo y contiene un 50 por ciento de fibra. Las propiedades de la fibra de caña depende principalmente del tipo de caña, su madurez y de la influencia de la planta de molienda. Para que esta fibra pueda ser utilizada como refuerzo al concreto, debe pasar por ciertos procesos de preparación y hacer la respectiva recolección de la materia prima dependiendo la zona en la cual se requiera del producto. Una vez se tenga el bagazo seleccionado, este debe ser secado por su alto nivel de humedad, este proceso de secado y aislado del material se realiza en un tiempo aproximado de tres meses para lograr un bajo nivel de humedad y así seguir con su preparación (Espinoza Carvajal, 2015).

Tamizado del bagazo de caña. Es un proceso que permite clasificar el tamaño de las partículas de fibras que son retenidas por los tamices que se ubican desde la mayor abertura hasta la más pequeña. Para este estudio se utilizaron los tamices N°4, N°8, N°12 y N°16 (4.75 mm, 2.36 mm, 1.70 mm, 1.18 mm). En este proceso la fibra debe estar completamente seca y uniforme, para garantizar un buen trabajo y que la muestra del material a ser utilizado sea la mejor. En la siguiente tabla se logra evidenciar los datos que se obtuvieron de un tamizado y el porcentaje apto para ser empleado como fibra (Espinoza Carvajal, 2015).

Tabla 14.

Datos obtenidos del tamizado del bagazo de caña de azúcar.

Tamiz	Peso (gr)		%		% a utilizarse	
	Retenido parcial	Retenido acumulado	Retenido parcial	Retenido acumulado	Como fibra natural	No utilizada como fibra
No 4 (4.75 mm)					19%	
No 8 (2.36 mm)	35872.1	35872.1	19%	19%		
No 12 (1.70 mm)	13216.4	49088.5	7%	26%		
No 16 (1.18 mm)	20768.2	69856.7	11%	37%		81%
Bandeja	118944.1	188800.8	63%	100%		
Total retenido	188800.8					

Fuente: Adaptada de Espinoza Carvajal, 2015.

El porcentaje de bagazo de caña es del diecinueve por ciento (19%) de la cantidad total de la muestra a ser utilizada para la adición al concreto. Ya realizada esta fase, se selecciona el material retenido por el tamiz N°8 y se procede a realizar el lavado con agua potable para la eliminación de residuos e impurezas y una vez terminada esta parte se ingresa al horno para realizar el secado final y evitar la aparición de hongos y agentes que ayuden con la degradación de la fibra (Espinoza Carvajal, 2015).

Control de degradación de las fibras de bagazo de caña. *Este control se realiza* para evitar que la fibra presente deterioro en su estructura celular y así afecte sus propiedades físicas y mecánicas. Dentro de estas agentes se pueden encontrar cuatro tipos de degradaciones existentes:

- Físicos (causas: humedad, cambio en dimensión de estructura molecular)
- Químicos (exposición directa con elementos químicos, hidrolisis)
- Mecánicos (causas: desgaste, fracturas, pliegues, abolladuras, etc.)
- Biológicos (causas: agente degradante que puede ser húmedo, roedores, aves, hongos, bacterias, etc.) (Espinoza Carvajal, 2015).

Para este caso investigativo se decide tener en cuenta la degradación física por la humedad impregnada en la fibra y la química por la reacción agua cemento de la mezcla a incorporarse. También se tiene en cuenta para la degradación de las fibras unas recomendaciones dadas por otras investigaciones para el caso de ambientes alcalinos:

- Preparar una solución de hidróxido de calcio al 5% de concentración, con los elementos actuantes (el agua potable y la cal hidratada).
- Dejar la solución en reposo por 48 horas.
- Después de pasado el tiempo de reposo, se remueve la solución y se sumergen las fibras por un periodo de tiempo de 24 horas a una temperatura de laboratorio de 24°C.
- Luego de culminada las 24 horas, se realiza un lavado a la fibra para la eliminación de impurezas.
- Por último se procede al secado de la fibra en horno, para así incluirla como refuerzo en la matriz de concreto (Espinoza Carvajal, 2015).

Influencia de la fibra de caña seca y húmeda en un 3% adicionada a un concreto convencional, comparándola resistencia a compresión y tensión indirecta (Universidad La Gran Colombia). Las fibras de caña de azúcar pueden obtenerse directamente de los residuos generados por los trapiches que se encargan de prensar la caña de azúcar comprimiéndola y desmenuzándola para la obtención del sumo (Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019).

Para esta investigación se extrajo 1.27 gr de fibra de azúcar para cada una de las mezclas a ensayar con fibra seca y húmeda (tipo 1 y tipo 2). Para reducir el porcentaje de humedad en la fibra de la mezcla tipo 1, se expone al sol durante cinco días,

mientras que la tipo 2 se deja con su porcentaje de humedad natural. En la figura 24 se puede apreciar lo dicho anteriormente (Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019).



Figura 36. Proceso de inmunización fibras húmedas y secas.

Fuente: Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019. *Influencia de la fibra de caña seca y húmeda en un 3% adicionada a un concreto convencional, comparando la resistencia a compresión y tensión indirecta.*p.65.

Una vez terminada la recolección de las fibras se procede a realizar la inmunización con cal viva, en la cual se utiliza 1 kilo de cal por cada 10 litros de agua, donde cada tipo de fibra es depositada y sumergida en un periodo de 48 horas para generar el proceso de control de degradación y protección de agentes físicos y químicos que puedan atentar con la calidad de las muestras (Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019).



Figura 37. Proceso de inmunización fibras húmedas y secas.

Fuente: Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019. *Influencia de la fibra de caña seca y húmeda en un 3% adicionada a un concreto convencional, comparando la resistencia a compresión y tensión indirecta.*p.66.

Ya pasado el tiempo de sumergida la mezcla en la cal, se procede a retirar y a destilar la mezcla para iniciar la preparación de la mezcla de acuerdo a los diseños realizados para esta investigación (Briceño Ruiz & Baquero Mora, 2019).

5.4 Owens Corning

Owens Corning es una empresa dedicada a desarrollar productos y servicios de alta calidad en diferentes tipos de materiales para la construcción, ofreciendo una amplia gama de soluciones para aislamiento térmico, refrigeración, aislamiento termoacústico para climatización de alta performance técnica para la construcción de edificios metálicos, comerciales, residenciales y para la industria en General (Owens Corning, Owens Corning, 2012).

Owens Corning es una empresa Global con fábricas diseminadas en unos 30 países y cuenta con aproximadamente 18.000 empleados produciendo fibras de vidrio para que contribuyan en el mejoramiento de los diferentes materiales de la construcción como es el caso de tejas y asfalto, generadores de energía eólica, entre otros (Owens Corning, Owens Corning, 2012).

Cem-FIL ® es una fibra de vidrio resistente a los álcalis (AR), que se ha estado en el mercado y ha sido utilizado durante más de 40 años y en más de 100 países, aportando avances en la arquitectura y durabilidad de las diferentes matrices cementantes, como el hormigón, mortero, prefabricados y hasta para túneles, entre otros. Esta fibra es un gran contribuyente como refuerzo para el hormigón, sabiendo que esta mezcla es relativamente frágil en comparación con algunas propiedades como la resistencia a la tracción y puede presentarse grietas a niveles muy bajos de tensión. Por esta razón la fibra Cem-FIL ® es eficaz para el mejoramiento de la resistencia a tracción del hormigón debido a su elevado módulo de elasticidad que se encuentran entre los 72 GPal. Dentro de este grupo de fibra Cem-FIL ®, encontramos una gama de

productos como es el caso de Anti-Crak® HD, Anti-Crak® HP 58/12, Anti-Crak® HP 67/36 y Cem-FIL® 61 (Owens Corning, Cem-FIL, 2012).

Para resaltar mayor información de este tipo de fibras se puede observar Apéndice C, donde estarán las respectivas fichas de información del producto de cada una de las fibras ya mencionadas.

Respecto a la fabricación de las fibras picadas Owens Corning se producen a partir de filamentos continuos de vidrio agrupados en mechas, estos se recubren con tratamiento químico específico y se cortan de acuerdo a los requisitos de su aplicación final. Estas fibras ayudan a incrementar las propiedades mecánicas del compuesto y entre las diversas aplicaciones, se destacan los compuestos de polímeros termoplásticos, sistemas de fricción y BMC (Bulk Molding Compound), entre otros (Owens Corning, Owens Corning, 2012).

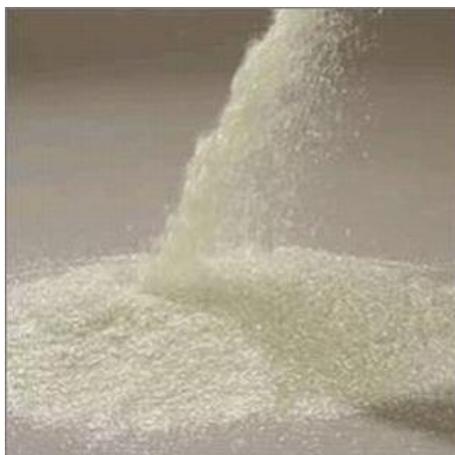


Figura 38. Fibra picada Owens Corning.

Fuente: OWENS CORNING, 2012. Recuperado de:
<https://owenscorning.com.br/es-es/compositos-productos-produto?id=19>.

Las fibras de vidrio deben ser resistentes a los álcalis para aplicaciones de concreto y se han desarrollado para reemplazar los refuerzos primarios (estructurales) y secundarios (agrietamiento), aumentando la resistencia a la flexión y la ductilidad,

agregando dureza, resistencia a la fatiga e impacto al concreto (Owens Corning, Owens Corning, 2012).

Dependiendo del porcentaje de fibra de vidrio AR por metro cúbico de concreto adicionada a esta mezcla se pueden lograr diferentes niveles de rendimiento (Owens Corning, Owens Corning, 2012).

El manejo de la fibra de vidrio AR es extremadamente simple, y la adición puede ser manual o automatizada, dependiendo del proceso de producción y las condiciones de aplicación (Owens Corning, Owens Corning, 2012).

5.4.1 Información de la fibra de vidrio. Para esta sección se hablara sobre el proceso de fabricación de la fibra de vidrio comercializada por OCV Reinforcemets, que hace parte de la unión de las empresas Owens Corning y Saint-Gobain. Esta información que será utilizada fue recolectada de la base de datos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por medio de la investigación denominada “Características físicas y mecánicas de hormigones reforzados con fibra de vidrio e influencia del porcentaje de fibra adicionado”.

5.4.1.2 Proceso de fabricación fibra de vidrio. Esta fibra es exportada de Estados Unidos y distribuida por Colombia y es una fibra de vidrio álcali-resistente. Para la producción de esta fibra se requiere materia prima como:

- Oxido de circonio (ZrO_2)
- Sílice (SiO_2)
- Alúmina (Al_2O_3)
- Oxido de sodio (Na_2O)
- Oxido de titanio (TiO_2)
- Oxido de calcio (CaO) (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Dentro de las actividades de fabricación de las fibras de vidrio hay unos procesos que se mencionaran a continuación:

Composición y fusión. Al estar debidamente molida la materia prima, se procede a la dosificación y mezclado homogéneo, para una buena distribución del material. Esta mezcla se conoce como vitrificable, es introducida a un horno de difusión directa y calentada a una temperatura determinada, la cual oscila los 1550°C y esta temperatura depende de los elementos que constituyen el vidrio (fundente, formador de red, entre otros). En la construcción del horno se requiere la utilización de refractarios de características específicas a base de óxidos de circonio que son de un costo elevado (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Fibrado. El vidrio al retirarlo del horno en estado fundido, es transportado por unos canales que alimentan las Hileras de fabricación de fibra. Las llamadas hileras son elementos elaborados con aleaciones de platino, de forma prismática y con una base trabajada con un número determinado de agujeros de dimensiones controladas. Estos agujeros son diseñados y distribuidos de tal forma que permitan el fácil fibrado del vidrio (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

El material fundido debe mantener una temperatura dentro de las hileras que le permita su colada por gravedad y originar barras de vidrio de décimas de milímetros de diámetro. La temperatura que el material de vidrio debe poseer para este proceso es aproximado a los 1250°C; el calentamiento de las hileras se realiza por efecto Joule, con una corriente de seguridad que es de bajo voltaje y gran amperaje (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

En el momento que el vidrio empieza a salir por las hileras, este se estira a gran velocidad entre los 10 y 60 m/s, según el diámetro que se desee obtener. El enfriamiento

se realiza en una primera fase por radiación y en segunda por pulverización de agua fría, logrando así la no orientación de las partículas en el espacio y por lo tanto la formación del vidrio. Tras este proceso, el vidrio obtiene la forma de filamentos de diámetros que oscilan entre las 14 y 20 μ según el producto y la aplicación de su uso (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Ensimado. Una vez los filamentos salen de la hilera, ellos requieren de un recubrimiento para poder ser utilizados, ya que sin eso son inutilizables porque no tendrían cohesión entre ellos, no resisten la abrasión, carecen de flexibilidad y trabajabilidad. Para lograr darle nuevas propiedades a la fibra se requiere realizar un revestimiento de los filamentos con una película fina denominada ensimaje, que está constituida por una dispersión acuosa de varios componentes químicos (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

A la salida de los filamentos de la hilera, el ensimaje debe ser depositado cuando la temperatura del vidrio comprende los 60 y 120°C, según las condiciones de fibrado. El porcentaje de ensimado que se debe depositar sobre el vidrio es bajo y está comprendido entre el 0.5 y 5%. Después de realizar el revestimiento se procede a la unión de los filamentos para formar los hilos o conjunto de filamentos, es decir, los tipos de productos presentados comercialmente. La unión de estos filamentos se realiza por medio de unos peines con gargantas especiales, en los cuales se produce la unión facilitada por el ensimaje (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Bobinado. Los hilos obtenidos del proceso de la unión de los filamentos, son bobinados para dar como resultado el producto final o intermedios y estos son bobinados según su forma y geometría. Con este proceso se logra controlar la velocidad de estiramiento de las fibras de vidrio (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Secado. El producto final generado por el proceso de bobinado es llevado a diferentes dispositivos de secado con el fin de eliminar el exceso de agua con el que fue disuelto el ensimaje y ayudar a que su recubrimiento tenga un tratamiento térmico que le permita consolidar sus propiedades (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

Transformacion final. Se procede a realizar las operaciones necesarias para asignar al hilo el modelo adecuado a la utilidad por parte de los fabricantes que usan fibra de vidrio como material de mejoramiento (Ouedraogo Guayasamin & Zapata Mera, 2014).

5.5 Maccaferri

Las fibras metálicas han pertenecido al grupo de materiales que se ha prestado para brindar soluciones innovadoras en el sector de la construcción, geotecnia y minería. En campo del mercado de construcción, en relación a fibras como material de refuerzo para el concreto prevalecen compañías dedicadas a la fabricación y comercialización, MACCAFERRI particularmente ha diversificado en los últimos 20 años ofreciendo soluciones de ingeniería en estabilización de suelo reforzado, protección costera, estabilización de suelos, rellenos sanitarios, obras de mitigación de desastres naturales y obras de control de ríos (Maccaferri, 2020).

La compañía ha globalizado con un crecimiento en más de 70 sucursales operativas en 5 continentes con una presencia en más de 100 países y un manejo de personal de más 3000 empleados. Cabe mencionar en 1974, se abrió la primera planta en Latinoamérica en Brasil, intensificando las actividades en el mercado, extendiendo de tal forma que actualmente cuenta con fábricas en Argentina, Perú y Costa Rica, con la finalidad de mantener las unidades comerciales en los países Latinos (Maccaferri, 2020).

En su portafolio de productos relacionados a ingeniería es importante resaltar las fibras de carácter metálicas, sintéticas denominadas Wirand® y FibroMac® respectivamente.

Las fibras de polipropileno FibroMac® son compuestas por filamentos extremadamente finos, producidos a través de proceso de extrusión, su uso es indicado en concreto reducen el índice de fisuras provocadas por la retracción y asentamiento. Esto se debe a su capacidad de retención de agua en el interior de estas. Además de eso propician un control sobre los fenómenos de exudación y segregación (Maccaferri, 2020).



Figura 39. Fibra de polipropileno FibroMac®.

Fuente: Bianchini Ingeniero.Fibras- Refuerzo estructural del hormigón.
Recuperado de :https://www.abianchini.es/es/catalogos/item/download/46_79bf32dc8d9f243ac640b64f1354ed80.p.9.

Por otra parte, Las fibras de acero Wirand para refuerzo de concreto, son producidas a partir de hilos de acero de bajo tenor de carbono, que cuando son agregados al concreto, actúan como una armadura tridimensional (Ver figura 40), restringiendo la propagación de fisuras y aumentando la resistencia pos-Fisuración del elemento estructural (Maccaferri, 2020).



Figura 40. Fibras de acero Wirand para refuerzo de concreto.

Fuente: Bianchini Ingeniero. *Fibras- Refuerzo estructural del hormigón*. Recuperado de: https://www.abianchini.es/es/catalogos/item/download/46_79bf32dc8d9f243a_c640b64f1354ed80.p.3.

Las fibras de acero es uno de los refuerzos del hormigón que cumplen con estándares de calidad como es el caso Wirand FS3N en alambre de acero trefilado con bajo contenido de carbono que ayudan con el mejoramiento de las propiedades del concreto, teniendo en cuenta las características que debe cumplir la fibra para que logre su mayor aporte como es el caso de sus dimensiones y su forma. Wirand FS3N, se encuentra en el mercado con especificaciones de 0.75 mm de diámetro, 33 mm de largo y una relación de esbeltez (L/D) de 44, también es importante mencionar la curvatura de los extremos, ya que ayudan a garantizar una mejor adherencia con el hormigón (Maccaferri, 2020).

El uso de las fibras de acero Wirand® en el concreto proporciona un mejor comportamiento de los elementos estructurales, debido a la reducción de la formación de fisuras, resultando en mejor calidad y mayor durabilidad de la obra (Maccaferri, 2020).

Otras ventajas en relación a su uso es que sustituye, en algunas situaciones la armadura convencional, y elimina o disminuye costos en mano de obra para el armado y prácticamente no genera desperdicio de material, no exige grandes inversiones para el

transporte y almacenamiento, su manipulación y aplicación son simples, el concreto reforzado con fibras metálicas Wirand® cuando son utilizadas correctamente, tendrá mejor resistencia a Fisuración, Impacto, Punzonamiento, Cargas variables y Variaciones térmicas (Maccaferri, 2020).

Wirand es un material compuesto, generando así la capacidad de mantener una capacidad portante residual incluso en la fase de post-Fisuración, permite un comportamiento mecánico homogéneo garantizado gracias a su distribución capilar y uniforme que se forma en el material compuesto, además de ello es importante resaltar el elevado módulo de elasticidad (200.000 Mpa). Las fibras tienen dobleces para mejorar la adherencia de la fibra dentro de la matriz, vista de manera práctica esta va a ser más difícil desprender de la matriz del concreto evitando el rompimiento (Maccaferri, 2020).

El fabricante para este caso propone dosificación de 25kg /m³, además de ello se adicionarán a la mezcla después de todos los áridos, limitando el tiempo de 1 minuto por metro cubico (m³), es alternativo el uso de aditivos para mejorar la trabajabilidad (Maccaferri, 2020).

En Colombia es importante mencionar que la multinacional SIKA comercializa esta línea de fibras (Wirand FS3N y Wirand FF1), estas presentan variación en su largo con dobles en terminaciones.

Adicional SIKA comercializa productos relacionados a fibras de refuerzo para el concreto de tipo metálicas (sikafiber® cho 65/35 nb), fibras sintéticas (sikafiber force pp 65, sikafiber® force pp/pe-700/55, SIKA® FIBER, SikaCem®-1 Fiber) y fibras de vidrio (Sika® Refuerzo Tejido).

Para resaltar mayor información de este tipo de fibras se puede observar Apéndice D, donde estarán las respectivas fichas técnicas de cada una de las fibras ya mencionadas.

5.6 Otras empresas que influyen en el mercado de las fibras.

MyPHor Materiales Especiales

MyPHor es una empresa del Grupo Semegor Gestión Empresarial que desarrolla su actividad en la Asesoría de Soluciones y Suministro de productos para la Construcción. MyPHor dispone de una gama propia de Macro fibras sintéticas estructurales, Micro fibras sintéticas y fibras metálicas para el mejoramiento del hormigón. La nueva serie de macro fibras estructurales, homologadas y certificadas, permiten la sustitución de mallazos y armados metálicos en general, en aplicaciones de soleras, hormigones prefabricados y hormigón proyectado para ingeniería civil y subterránea, así como para minería (MyPHor, 2020).

Esta empresa se caracteriza por ser la primera en suministrar fibras sintéticas con fabricación española trayendo así un amplio portafolio de estos productos.

MPH FiberPlus 60. Es la fibra sintética estructural de mayor longitud que suministran. Especialmente indicada cuando se buscan grandes prestaciones, sobre todo a elevadas deformaciones. Usos indicados para hormigón proyectado y prefabricados de hormigón a (MyPHor, 2020).

MPH FiberPlus 48. La fibra sintética estructural más habitual de uso por su polivalencia. Tanto para hormigón proyectado (túneles y minería), como para el mundo del prefabricado de hormigón a (MyPHor, 2020).

MPH Fiber P50. Fibra diseñada especialmente para pavimentos y carreteras de hormigón. Su especial configuración, minimiza el riesgo de afloramiento de fibras en superficie, en los procesos de fratasado y pulido a (MyPHor, 2020).

MPH Fiber 31. Micro fibra de polipropileno. Con una pequeña cantidad de micro fibra, se minimizan los efectos de fisuración temprana, que provocan la desecación prematura y retracción plástica por secado. Especialmente indicado para grandes superficies expuestas al viento y el calor durante su ejecución. También juega un papel importante para la protección pasiva contra el fuego en revestimientos de túneles a (MyPHor, 2020).

Conclusiones.

Los diferentes tipos de fibras metálicas, naturales (bagazo de caña de azúcar), sintéticas y de vidrio que se han empleado para el mejoramiento del concreto permiten que las partículas del concreto se mantengan unidas en el momento de la falla, sin generar desprendimiento y desmoronamientos excesivos como el concreto sin adición de fibras.

En recopilación es posible afirmar que los tipos de fibras de refuerzo más usadas en el mercado de la construcción son las fibras metálicas y sintéticas respectivamente, también es importante mencionar que las fibras naturales corresponden una nueva tendencia, pero estas implican de cierto modo desconocimiento en su tratamiento e industrialización, las fibras de vidrio son de difícil obtención, por esta razón se hace difícil su uso debido a su disponibilidad y su proceso de fabricación.

La fibra sintética MallaPet 3D, demostró ser un gran aliado para el mejoramiento del concreto en la resistencia a compresión diametral, reductor de fisuras y aumento de su resistencia al impacto, resultando de gran utilidad para pisos de tráfico pesado y altos niveles de humedad, reemplazando así los refuerzos secundarios como la malla electrosoldada.

Según análisis establecidos entre el concreto reforzado con fibras metálicas y sintéticas en relación al concreto convencional, evaluando el incremento del esfuerzo residual se puede establecer que está mejora en su comportamiento, de este mismo modo su ductilidad, dando por hecho el manejo de la mezcla según indicaciones del fabricante es importante mencionar que el comportamiento fibroreforzado controlara de buena forma las sollicitaciones después del fisuramiento, ayudando al mantenimiento

rutinario y periódico del concreto. (Mendoza Vargas, Vasquez, & Villa Archila, Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimento rígido reforzado con fibras metálicas y sintéticas, 2012)

Las fibras naturales de bagazo de caña de azúcar en diferentes estudios se ha confirmado que afectan positivamente a la resistencia a la compresión, ayuda generando un incremento del módulo de rotura y disminución del agrietamiento y Fisuración en ambientes con variación de humedad, la trabajabilidad mejora si se adicionan bajas cantidades de esta fibra.

El concreto reforzado con fibras metálicas presenta variación significativa en cada una de sus propiedades, la adición de estas fibras es muy variada pues presentan diferencias en su característica de forma y tamaño, permitiendo así una mejora en la adherencia y trabajabilidad, la resistencia a la compresión no es ajena pues evita fatigas frágiles dando ductilidad. Además presenta incremento en su capacidad de absorción de energía (Resistencia a la tracción), aumenta su consistencia pero este a su vez disminuye la trabajabilidad, mejora en parte su permeabilidad y la resistencia al corte es limitado.

Por otro lado, la fibra de vidrio es posible afirmar, si el porcentaje de adicción aumenta, mayor será su resistencia a la tracción, pero tiende a disminuir la resistencia a compresión, presenta características similares al del concreto convencional frente al módulo elasticidad.

Las fibras sintéticas especialmente las micro ayudan al control del agrietamiento mejorando la capacidad estructural en el momento de su utilización, sin embargo, las macro fibras contrarrestan las grietas por temperatura, un desempeño óptimo frente al post agrietamiento, sus propiedades a flexión y tensión se ven mejoradas gradualmente, se ha verificado en investigaciones que la adicción de estas fibras como material de

refuerzo en el concreto no ha generado cambios significativos en la rigidez y deformación unitaria en comparación al concreto convencional.

Hoy en día el mundo de la construcción se encuentra en un continuo cambio por nuevas tendencias que permitan mejorar las propiedades del concreto y con ellas los exhaustivos estudios de las fibras como nueva alternativa para el desarrollo de la infraestructura de un país y consigo el reconocimiento de los hallazgos y logros que se han demostrado para así lograr incentivar su uso y aplicación de fibras en el mejoramiento del concreto en las diferentes obras que se puedan realizar.

La fibra de vidrio mantiene resultados que pueden determinar favorable su uso como adición de material de refuerzo para el concreto, esta permite incrementos del 7,82% en la resistencia a la compresión, la resistencia a la tensión por su parte presenta un aumento entre 30,74% y 36,14% en relación a la mezcla patrón. La resistencia a la flexión se ve influenciada favorablemente entre 11,6% y 43,83% (para un 1% - 15% de adicción en función del volumen /m³ respectivamente), del mismo modo es importante destacar el módulo de elasticidad, el cual presenta un comportamiento favorable del 28,43%, con la adicción de fibra hasta el 10% de relación volumen/m³. Además, el concreto con adicción de fibras de vidrio presenta una disminución entre el 60,18% - 68,62% en el ancho de las fisuras, del mismo modo la longitud de Fisuración disminuyo en un 26,33% - 30,26%. La adicción de esta fibra presenta repercusiones negativas y está relacionado a su trabajabilidad presentándose una reducción entre un 6,19% - 21,57% siendo una alternativa el uso de aditivos para mejorar esta condición sin que se vean afectadas las demás propiedades.

La fibra sintética ha presentado reducción en la resistencia a compresión entre 8% y 20,66%, para adicciones del 0,5% y 1% del volumen/m³ respectivamente. Para el caso de la resistencia a tensión es importante mencionar que se presentan variación

(incrementos y reducciones), inferiores al 9%, La resistencia a la tracción y tensión por flexión también son desfavorables pero el módulo de elasticidad genera cambios, sin embargo, la deformación máxima presentada es prácticamente la misma, la Fisuración para este caso usando una adicción del 1% presenta una reducción de Fisuración de hasta 1,05mm aproximadamente.

El bagazo de caña como material de refuerzo en el concreto presenta reducciones en sus propiedades, la resistencia a la compresión presenta variaciones con adicción del 1,5% en relación volumen/m³ disminuye 17,24% y para adicción del 5% presenta una reducción de 79,17%, como material de refuerzo primario no es su mejor uso. En el módulo de elasticidad presenta reducción de 9% y 32,62% con adicción del 0,5% y 5%.

Las fibras metálicas presentan los mejores aspectos en el mejoramiento del concreto, la resistencia a la compresión a los 28 días presenta incremento de 17% y 8% con adicción del 15Kg y 35Kg por cada m³, la resistencia a tensión presenta mejoras entre un 13,28% y 42,26% para una adicción de 4% y 6% respectivamente, por otra parte la resistencia a la tensión por flexión es importante mencionarla, pues otorga un incremento de 56,26% a los 28 días, para una adicción del 6% y 44,98% con adicción de 4%; el módulo de elasticidad también es favorable presentando incremento de 7,30% para una adicción del 35kg/m³. Relacionando tres propiedades podemos mencionar que trabajabilidad está relacionada a la cantidad de fibras adicionadas, para una máxima adicción de 35kg esta desfavorece un 27% en relación al concreto patrón, pero si bien se analiza el tener más cantidad de fibras garantiza un aumento del contenido del aire hasta de un 12% y una reducción en la aparición de grietas de hasta un 66% en lo que difiere al proceso de contracción plástica, por ende es necesario buscar el balance óptimo que

favorezca todas sus propiedades dando como resultado la disminución de las ventajas y aprovechamiento del refuerzo.

Referencias

- AENOR. (2007). *Ensayo de hormigón proyectado*. Madrid, España: AENOR.
- AENOR. (2007). *ENSAYOS DE HORMIGÓN PROYECTADO*. Madrid, España:
AENOR. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0038688>
- AENOR, A. y. (2008). *Fibras para hormigón*. Madrid, España: AENOR. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0040618>
- Agencia de Noticias para la Difusión de la Ciencia, y. (2020). *Bagazo de caña, posible componente de concreto hidráulico*. Obtenido de dicyt:
<http://www.dicyt.com/noticias/bagazo-de-cana-posible-componente-de-concreto-hidraulico>
- Aguilera Bazán, G., & Diestra Lujan, V. A. (2017). *Influencia de las fibras de PET a partir de botellas recicladas sobre el comportamiento mecánico en un concreto aplicado en prefabricados*. Trujillo.
- Aire Untiveros, C. M., Dávila, P., & Mendoza, C. J. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. *Concreto y Cemento Investigación y Desarrollo*, 35- 47.
- Antillón, J. (2016). Uso de fibras en el concreto. *Construcción y tecnología en concreto*, 28-29.
- Arango Cordoba, S., & Zapata, J. A. (2013). *Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas de mezclas de concreto*. Trabajo de grado, Medellín, Colombia.

- Arango, A. A., & Lopera Rendon, D. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA PRODUCCIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA EL REFUERZO DEL CONCRETO, CASO: TRETECSA S.A.S.* Envigado.
- ARGOS. (07 de Diciembre de 2018). *LAS FIBRAS EN EL CONCRETO*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/aditivos-adiciones-y-fibras/las-fibras-en-el-concreto>
- Bianchini Ingeniero. (s.f.). *Fibras*. Obtenido de Bianchini Ingeniero: https://www.abianchini.es/es/catalogos/item/download/46_79bf32dc8d9f243ac640b64f1354ed80
- Briceño Ruiz, L. D., & Baquero Mora, L. A. (2019). *Influencia de la fibra de caña seca y húmeda en un 3% adicionada a un concreto convencional, comparando la resistencia a compresión y tensión indirecta*. Bogotá.
- Búa, M. T. (abril de 2014). *Materiales de uso técnico*. Obtenido de <https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/index.html>
- Caballero M., K. E. (2017). Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. *Actualidad Tecnológica*, 8(1), 18-23.
- Carrillo Leiva, J. R., & Rojas Chávez, J. F. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de compresión y flexión de un concreto patrón $f'c$ 210kg/cm² y un concreto reemplazado en porcentajes del 1, 2, 3 y 4% con Dramix 3D respecto al volumen del agregado fino de la mezcla*. Cusco, Perú.
- Carrillo León, J., Aperador Chaparro, W. A., & González Peñuela, G. (2012). Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16.

- Castañeda Ávila, J., Olague Caballero, C., Almeraya Calderón, F., Gaona Tiburcio, C., & Martínez Villafañe, A. (2000). Análisis comparativo entre el concreto hidráulico simple y el reforzado con fibras de acero. *Revista Ingeniería de Construcción*, 20-27.
- Ccopa Corimanya, R. M., & Soto Mamani, E. Y. (2018). *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra metálica*. Arequipa.
- Cueva Orjuela, J. C., Hormaza Anaguano, A., & Merino Restrepo, A. (2017). Sugarcane bagasse and its potential use for the textile effluent treatment. *DYNA*, 291 - 297. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/61723>
- EFNARC, E. (s.f.). *GUIDELINES FOR SPECIFIERS AND CONTRACTORS*. Farnham, Reino Unido. Obtenido de <http://www.efnarc.org/pdf/Guidelines.PDF>
- España Dulce, C. A., & Molina Gómez, L. C. (2013). *Evaluación de la resistencia de una mezcla de concreto, al adicionarle fibra tipo bagazo de caña panelera generada en el departamento de Nariño*. San Juan de Pasto.
- Espinoza Carvajal, M. J. (2015). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Cuenca.
- Fernandez Canovas, M. (2003). Hormigones con fibra: tecnología y propiedades generales. *Hormigón y acero*, 167-176.
- Godoy Abi- Elias, I. I. (2015). *Comportamiento mecánico de hormigon de refuerzo con fibra de vidrio*. Valdivia.
- González Cuevas, Ó. M., & Robles Fernández-Villegas, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. D.F., México: Limusa.

- Hernandez Vicente, R. (2008). *Uso de fibras de bagazo de caña en concreto*. Xalapa, Veracruz.
- Huamán Quispe, A. (2015). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio*. Cajamarca.
- ICONTEC. (2010). *NTC 5214- FIBRAS DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO*. ICONTEC. Obtenido de <https://docplayer.es/77527759-Norma-tecnica-colombiana-5214.html>
- ICONTEC, I. T. (2007). *NTC 5541- Concretos Reforzados con Fibra*. Bogota D.c.
- IMCYC, I. (Octubre de 2007). *EXPLORANDO EL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS (CRF)*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2008/feb08/materia.htm>
- INSTRON. (2016). *Glosarios de términos para ensayo de materiales*. Obtenido de <https://www.instron.es/es-es/our-company/library/glossary>
- Jiménez Bohórquez, J. (2011). *Uso de materiales alternativos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto (fibra de fique)*. Bogotá.
- Jiménez Montoya, P., García Meseguer, Á., & Morán Cabré, F. (2000). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.
- Lao Odicio, W. J. (2007). *Utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa*. Trabajo de grado, Lima, Perú.
- Maccaferri, d. B. (2020). *MACCAFERRI*. Obtenido de <https://www.maccaferri.com/br/es/productos/fibras/#>
- Materia y producto. (08 de Febrero de 2008). *Explorando el Concreto Reforzado con Fibras (CRF)*. Obtenido de Materia y Producto: <http://www.imcyc.com/ct2008/feb08/materia.htm>

- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2011). *Diseño de concreto reforzado*. D.F., México: Alfaomega.
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado* (Octava ed.). New Jersey: Alfaomega.
- Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo*, 2(2), 35-47.
- Metainplast S.A.S. (2019). *Metainplast s.a.s.* Obtenido de <https://www.metainplast.com/>
- Moya, J. C., & Cando Lara, L. (2019). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado. *INGENIO*, 1(2), 7-16.
- MyPHor, m. (2020). *MyPHor*. Obtenido de <https://www.myphor.com/fibrasmph/>
- Narváez Guevara, J. A. (2017). *Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana*. Trabajo de grado, Ambato, Ecuador.
- Nilson, A. H. (1999). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- NTP 339.034. (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas CONCRETE*. . Lima, Peru.
- NTP 339.047. (2006). *HORMIGON (CONCRETO)*. Lima, Peru.
- Ortiz Barboza, L. (2015). *Determinación de la influencia de la fibra de acro en el esfuerzo a la flexión del concreto para un "f_c=280 kg/cm²".* Cajamarca.

- Osorio Saraz, J. A., Varón Aristizabal, F., & Herrera Mejía, J. A. (2007).
Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña
de azúcar. *DYNA*, 74(153), 69-79. Obtenido de
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/943/11634>
- Ouedraogo Guayasamin, I. S., & Zapata Mera, J. O. (2014). *Características físicas y
mecánicas de hormigones reforzados con fibra de vidrio e influencia del
porcentaje de fibra adicionado*. Quito.
- Owens Corning. (2012). *Cem-FIL*. Obtenido de [https://owenscorning.com.br/es-
es/compositos-produtos-produto?id=62](https://owenscorning.com.br/es-es/compositos-produtos-produto?id=62)
- Owens Corning. (2012). *Owens Corning*. Obtenido de [https://owenscorning.com.br/es-
es/nossa-historia](https://owenscorning.com.br/es-es/nossa-historia)
- Paricaguán Morales, B. M. (2015). *Contribución al estudio del comportamiento
mecánico y fisicoquímico del concreto reforzado con fibras naturales de coco y
bagazo de caña de azúcar para su uso en construcción*. Naguanagua,
VALENCIA.
- Quintero Blandón, C. F., & Mahecha Rico, J. D. (2016). *Propiedades mecánicas de un
concreto reforzado con fibra de PET reciclado*. Bogotá.
- Rincón Garay, D., & Guerrero Correa, B. J. (2019). *Implementación de pruebas de
laboratorio que midan el grado de fisuración, la resistencia a la compresión y
flexión en el concreto utilizado como aditivo fibras de plástico recicladas*.
Ocaña.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá:
Bhandar Editores.

Sarta Forero, H. N., & Silva Rodríguez, J. L. (2017). *Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibras de acero al 4% y 6%*.

Bogotá.

Sika Perú, S. (2011). Concreto reforzado con fibras. *Sika*, 28.

terms, m. (2014). *Resistencia a la tracción (TS)*. Obtenido de

[https://www.manufacturingterms.com/Spanish/Tensile-strength-\(TS\).html](https://www.manufacturingterms.com/Spanish/Tensile-strength-(TS).html)

Toxement. (2018). *Guía para el uso de fibras sintéticas de toxement en el concreto*.

Obtenido de Toxement:

http://www.toxement.com.co/media/3381/fibras_sinteticas.pdf

Toxement S.A. (2016). *Fibras para refuerzo de concreto*. Obtenido de Euclid Chemical

Toxement: http://www.toxement.com.co/media/1598/brochure_fibras.pdf

Toxement S.A. (2016). *Maxten macro- fibra sintética*. Obtenido de Euclid Chemical

Toxement: http://www.toxement.com.co/media/4009/maxten_brochure-comprimido.pdf

Toxement S.A. (2020). *Euclid Chemical Toxement*. Obtenido de

<http://www.toxement.com.co/>

UGRA. (2018). *FINAGRO*. Obtenido de Ficha de inteligencia Caña de azúcar:

https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_cana_de_azucar_version_ii_1.pdf

Unidad de Gestión de Riesgos Agropecuarios , U. (2018). *FINAGRO*. Obtenido de

Ficha de inteligencia caña de azúcar:

https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_cana_de_azucar_version_ii_1.pdf

Apéndices

Apéndice A. Ficha técnica MallaPET 3D, empresa MetainPlast S.A

FICHA TÉCNICA

Normas Nacionales: NTC 3696, NTC 5541, NTC 5721, NTC 5981
 Normas Internacionales: ASTM C1116, ASTM C1399, ASTM C1436, ASTM 1609, ASTM C1550

Nombre	MALLAPET 3D								
Descripción	Son monofilamentos de alta tenacidad que al ser mezclados con el concreto forman una matriz de refuerzo tridimensional, distribuidas uniformemente a través de toda la masa de concreto, insertando de esta forma las micro tensiones que se producen al deshidratarse el concreto, además absorben la energía que son la causa de aparición de grietas y fisuras								
Composición	PET								
Características	<table border="0"> <tr> <td>Longitud: 45 mm a 50 mm.</td> <td>Diámetro: 0,5 mm .</td> </tr> <tr> <td>Color: Gris.</td> <td>Forma: Recta y Lisa.</td> </tr> <tr> <td>Punto de Fusión: 550 °C</td> <td>Punto de Ignición: 260°C</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la Tracción: 690 Mpa.</td> <td>Modulo de Elasticidad: 9,5 Mpa.</td> </tr> </table>	Longitud: 45 mm a 50 mm.	Diámetro: 0,5 mm .	Color: Gris.	Forma: Recta y Lisa.	Punto de Fusión: 550 °C	Punto de Ignición: 260°C	Resistencia a la Tracción: 690 Mpa.	Modulo de Elasticidad: 9,5 Mpa.
Longitud: 45 mm a 50 mm.	Diámetro: 0,5 mm .								
Color: Gris.	Forma: Recta y Lisa.								
Punto de Fusión: 550 °C	Punto de Ignición: 260°C								
Resistencia a la Tracción: 690 Mpa.	Modulo de Elasticidad: 9,5 Mpa.								

Denier: 4500 - Absorción de Agua: 0 - Color: Grises - Módulo de Elasticidad: 11.23 Gpa - Tensión: 730-810 Nos


MALLAPET 3D
 MACROFIBRA PARA CONCRETO

Figura 41. Información MallaPET 3D.

Fuente: Metainplast S.A.S,2019. Recuperado de:
<https://www.metainplast.com/productos/mallapet3d/>.

Apéndice B. Fichas técnicas - fibras comercializadas por la empresa Toxement S.A

FIBERSTRAND 150 Microfibra de Polipropileno	
Descripción	<p>FIBERSTRAND 150 es una microfibra sintética monofilamento, de polipropileno, para reforzamiento de concreto. Cumple con la norma ASTM C-1116, especificación estándar para concreto y concreto lanzado, y está especialmente diseñada para ayudar a la mitigación de agrietamiento por contracción plástica en el concreto. Se usa en una dosificación típica de 0.4 kg/m³ – 0.6 kg/m³.</p> <p>La microfibra FIBERSTRAND 150 ha demostrado que reduce en gran medida el agrietamiento por contracción plástica comparado con un concreto convencional.</p> <p>FIBERSTRAND 150 también cumple con diferentes partes aplicables del International Code Council (ICC) en cuanto a los criterios de aceptación para fibras sintéticas.</p>
Información Técnica	<p>Material : 100% monofilamento de polipropileno virgen. Gravedad Específica : 0.91 Longitud disponible : ¾" (19 mm) Punto de Fusión : 320°F (160°C) Conductividad térmica y eléctrica : Baja. Absorción de agua : Despreciable. Resistencia ácida y alcalina : Excelente.</p>
Usos	<p>FIBERSTRAND 150 es recomendado en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Placas de contrapiso, andenes, vías, bordillos, sobre placas y placas de nivelación. • Zapatas, cimientos, paredes y aplicaciones en tanques. • Aplicaciones de estuco, concreto prefabricado y vigas pretensadas. • Concreto lanzado, sistemas de construcción reforzado y concreto "Steel Deck".
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Control y mitigación de la fisuración por contracción plástica. • Reduce la segregación, el asentamiento plástico y la exudación del concreto. • Provee refuerzo tridimensional contra el micro agrietamiento. • Incrementa la durabilidad de la superficie, la resistencia al impacto y la resistencia a la abrasión. • Reduce el costo si se compara contra el uso de malla metálica no estructural para el control de fisuras por temperatura / contracción. • Fácil adición a la mezcla de concreto en cualquier momento de la colocación.
Dosificación	<p>FIBERSTRAND 150 se dosifica a razón de 0.4 kg/m³ a 0.6 kg/m³ de concreto.</p>
<p>OFICINA PRINCIPAL: Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia. PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133. WWW.TOXEMENT.COM.CO</p>	
 EUCLID GROUP TOXEMENT	

ADITIVOS

FIBERSTRAND 150

TX40T684

Figura 42. FIBERSTRAND 150, macro fibra de Polipropileno.

Fuente: Toxement S.A, Fiberstrand 150, 2016.p.1. Recuperado de:
<http://www.toxement.com.co/media/2986/fiberstrand-150.pdf>

FIBERSTRAND 150 Microfibra de Polipropileno	
<p>Aplicación</p> <p>FIBERSTRAND 150 puede ser adicionada a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de su colocación.</p> <p>Generalmente se recomienda adicionar las fibras en la planta productora de concreto, durante el proceso de mezcla.</p> <p>FIBERSTRAND 150 debe ser mezclada con el concreto durante un mínimo de 3 a 5 minutos a la máxima velocidad, para asegurar su completa dispersión y uniformidad.</p>	ADITIVOS
<p>Recomendaciones Especiales</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso de fibras puede causar una aparente pérdida en el asentamiento del concreto. Este efecto puede ser compensado con el uso de un aditivo reductor de agua si es necesario. Las fibras nunca deben ser agregadas a un concreto con cero asentamiento. Asegure un mínimo de asentamiento de 3" (80 mm) previo a la adición de cualquier fibra. En todos los casos consultar la Hoja de Seguridad del Producto antes de su uso. 	
<p>Manejo y Almacenamiento</p> <p>FIBERSTRAND 150 debe almacenarse en su empaque original, herméticamente cerrado y bajo techo.</p> <p>Vida útil en almacenamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> 3 años en su envase original. 	FIBERSTRAND 150
<p>Presentación</p> <p>Bolsa: 0.6 kg</p> <p>Las Hojas Técnicas de los productos TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.</p> <p>Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los sustratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.</p>	TX40T684
<p>Mayo 23 de 2016</p>	
<p>OFICINA PRINCIPAL: Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia. PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133. WWW.TOXEMENT.COM.CO</p>	
	

Figura 43. FIBERSTRAND 150, macro fibra de Polipropileno

Fuente: Toxement S.A, Fiberstrand 150, 2016.p.2. Recuperado de:
<http://www.toxement.com.co/media/2986/fiberstrand-150.pdf>

FIBERSTRAND N Micro-fibra de Nylon	
Descripción	<p>FIBERSTRAND N es una micro-fibra monofilamento de Nylon para reforzamiento de concreto, especialmente diseñada para ayudar a mitigar la formación de contracción plástica en el concreto.</p> <p>FIBERSTRAND N cumple con la norma ASTM C-1116: Especificación estándar para concreto y concreto lanzado reforzado con fibra.</p> <p>FIBERSTRAND N cumple con diferentes partes aplicables del International Code Council (ICC) Acceptance Criteria (AC) 32 para fibras sintéticas.</p>
Información Técnica	<p>CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS Material : Nylon monofilamento Gravedad Específica : 1,16 Punto de Fusión : 260°C (500°F) Conductividad Eléctrica : Baja Absorción de Agua a 20°C : Despreciable Longitud de fibra : ¾" (19 mm) Resistencia química a los ácidos y álcalis : Excelente</p>
Usos	<p>FIBERSTRAND N está especialmente recomendada para aplicación en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concreto lanzado y construcción de piscinas. • Losas de contrapiso • Elementos prefabricados • Concreto decorativo.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Controla y mitiga la fisuración por contracción plástica. • Reduce la segregación y la exudación. • Provee reforzamiento en tres dimensiones contra la micro – fisuración. • Reduce la permeabilidad. • Reduce el costo si se compara contra el uso de malla metálica para control de fisuras por temperatura / contracción. • Se adiciona fácilmente a la mezcla de concreto, en cualquier momento antes de la colocación. • Incrementa la durabilidad de la superficie.
Rendimiento	<p>FIBERSTRAND N se dosifica a razón de 0.6 kg/m³ de concreto.</p>
<p>ADITIVOS</p> <p>FIBERSTRAND N</p> <p>TX40T530</p>	
<p>OFICINA PRINCIPAL: Calle 20C Nº 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia. PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133. WWW.TOXEMENT.COM.CO</p>	
 <p>EUCLID GROUP TOXEMENT</p>	

Figura 44. FIBERSTRAND N, macro fibra de .Nylon.

Fuente: Toxement S.A, Fiberstrand N, 2016.p.1. Recuperado de:
<http://www.toxement.com.co/media/2728/fiberstrand-n.pdf>

FIBERSTRAND N Micro-fibra de Nylon		ADITIVOS
Aplicación	<p>FIBERSTRAND N puede ser adicionado a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de su colocación.</p> <p>Generalmente se recomienda adicionar cualquier material de fibra en la planta productora de concreto, durante su mezcla.</p> <p>FIBERSTRAND N debe ser mezclada con el concreto durante mínimo 3 minutos a la máxima velocidad, para asegurar su completa dispersión y uniformidad.</p>	
Recomendaciones Especiales	<ul style="list-style-type: none"> • El asentamiento de la mezcla puede verse disminuido con la utilización de la fibra. Este efecto se puede contrarrestar con el uso de un aditivo reductor de agua, si es necesario. • Las fibras nunca deben adicionarse a concretos de cero asentamiento. Se debe asegurar un asentamiento mínimo de 3" (80 mm) antes de la adición de cualquier fibra. • En todos los casos consultar la Hoja de Seguridad del material antes de su uso. 	
Manejo y Almacenamiento	<p>FIBERSTRAND N debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y bajo techo.</p> <p>Vida útil en almacenamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 años. 	FIBERSTRAND N
Presentación	<p>Bolsa : 0.6 kg</p> <p>Las Hojas Técnicas de los productos TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.</p> <p>Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los sustratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.</p>	
Febrero 3 de 2016		
<p>OFICINA PRINCIPAL: Calle 20C Nº 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia. PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133. WWW.TOXEMENT.COM.CO</p>		

Figura 45. FIBERSTRAND N, macro fibra de .Nylon.

Fuente: Toxement S.A, Fiberstrand N, 2016.p.2. Recuperado de:
<http://www.toxement.com.co/media/2728/fiberstrand-n.pdf>

TUF - STRAND SF Fibras sintéticas estructurales		ADITIVOS
Descripción	<p>TUF - STRAND SF son fibras sintéticas estructurales mezcla de polipropileno / polietileno, monofilamento, las cuales se auto fibrilan cuando se incorporan en la mezcla de concreto, utilizadas exitosamente para reemplazar la malla electrosoldada y las fibras metálicas en una amplia variedad de aplicaciones.</p> <p>Las fibras TUF – STRAND SF cumplen con la norma ASTM C-1116, para el tipo III (Syntetic Fiber – Reinforced Concrete o Shotcrete). Especificación para concreto y concreto lanzado reforzado con fibra, y están diseñadas específicamente para proveer una resistencia a la tensión equivalente a la de los refuerzos convencionales.</p> <p>El concreto reforzado con TUF – STRAND SF tiene un reforzamiento tridimensional con incremento de la tenacidad a la flexión, la resistencia a la abrasión y al impacto. También ayuda a reducir la formación de fisuras por retracción plástica en el concreto.</p> <p>Las macrofibras sintéticas cumplen con las partes aplicables del International Code Council (ICC), criterio de aceptación AC 308 para fibras sintéticas, tienen certificación UL para uso en construcción de sistemas metaldeck y son reconocidas por ACI 308 R-06 y SDI / ANSICL.O como alternativas al reforzamiento con malla electrosoldada.</p>	TUF – STRAND SF
Información Técnica	<p>PROPIEDADES FISICAS</p> <p>Material : Mezcla de Polipropileno / polietileno Gravedad Especifica : 0.92 Resistencia a Tensión : 600 - 650 MPa (87 - 94 Ksi) Módulo de elasticidad : 9.5 GPa (1,388 Ksi) Punto de llama (ASTM D-1929) : 330°C (625°F) Longitud de fibra : 50 mm (2") Aspect Ratio : 74 Color : Blanco Absorción de agua : Despreciable Resistencia a álcalis : Excelente Resistencia a ácidos : Excelente Resistencia a moho – hongos : Excelente Dosis típica : 1.8 - 12 kg/m3 Denier : 3000</p>	TX40T231
Usos	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos prefabricados en concreto. • Concreto lanzado (recubrimiento de túneles, construcción de piscinas, estabilización de taludes). • Pavimentos y Whitetopping • Pisos de concreto en centros de distribución, pisos industriales, pisos de bodegas. 	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Controla y mitiga la retracción y fisuración por retracción plástica, reduce la segregación y la exudación. • Da un control tridimensional de la contracción plástica. • Reduce el contenido de fibra y optimiza el espesor comparado con las fibras metálicas para aplicación de concreto lanzado. • Excelente dispersión en concreto. • Reduce el deterioro de equipos. • Reduce el rebote del concreto lanzado cuando se compara con fibras de acero y otras fibras sintéticas. 	

OFICINA PRINCIPAL:
 Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.
 PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.
WWW.TOXEMENT.COM.CO



Figura 46. TUF – STRAN SF, Fibras sintéticas estructurales.

Fuente: Toxement S.A, Tuf – stran SF, 2016.p.1. Recuperado de:
<http://www.toxement.com.co/media/2727/tuf-strand-sf.pdf>

MAXTEN™ Macro fibra sintética para reemplazar malla electro soldada	
Descripción	<p>MAXTEN™ son macro fibras sintéticas usadas para reemplazar la malla electrosoldada y las fibras metálicas, como refuerzo secundario (refuerzo por temperatura) en la construcción de placas, losas y elementos prefabricados de concreto de hasta 21 MPa de resistencia a compresión.</p> <p>MAXTEN™ cumple con la norma ASTM C-1116, especificaciones estándar para concreto y concreto lanzado reforzado con fibra y son específicamente usadas para reducir las fisuras por contracción plástica, mejorar resistencia al impacto, abrasión, incremento de resistencia a la fatiga, incremento de la tenacidad del concreto generando una larga vida útil en los productos de concreto. La dosificación de fibra MAXTEN™ en el concreto puede estar en el rango entre 1.8 y 3.0 kg/m³ de concreto, dependiendo del reforzamiento requerido.</p> <p>Las macro fibras MAXTEN™ cumplen los requerimientos de la (ICC) International Code Council, ítem ACI32 para fibras sintéticas, ahorrando tiempo y dinero en proyectos de construcción si se compara con el uso de malla electro soldada.</p>
Información Técnica	<p>Color : Gris Material : 100% mezcla virgen de copolímeros. Gravedad Específica : 0.91 Dosis Típica: 1.8 a 4.7 kg/m³ Longitud : 38 mm Aspect Ratio : 39 / 79 Resistencia a Tensión : 84.94 ksi (620 – 685 MPa) Punto de Fusión : 160°C Conductividad Eléctrica y Térmica : Baja Absorción de Agua : Despreciable. Resistencia a Alkali y Acidos : Excelente</p>
Usos	<ul style="list-style-type: none"> • Pisos y placas de concretos, no estructurales, expuestos a cargas no superiores a 350 kg/m². • Andenes. • Sobreplacas. • Sistemas placa fácil.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • MAXTEN™ se entrega en presentación de 1.8 kg, con 7 bolsas predosificadas para adicionar por bulto de cemento, (1 m³ de concreto de 21 MPa (3.000 psi) contiene 7 bolsas de cemento). • Elimina los problemas de manejo, almacenamiento, cortado y colocación de las mallas electrosoldadas. • Las fibras MAXTEN™ optimizan efectivamente el tiempo de colocación del refuerzo por temperatura en los elementos de concreto donde se utiliza. • Las fibras MAXTEN™ reducen los costos de refuerzo, manejo y colocación con respecto a las mallas electrosoldadas. • Las fibras MAXTEN™ generan un refuerzo tridimensional que ayuda a prevenir el micro y macro fisuramiento del concreto, generando un refuerzo realmente efectivo en los elementos de concreto. • Las fibras MAXTEN™ son químicamente inertes, no se corroen. • El uso de las fibras MAXTEN™ incrementa la resistencia a la abrasión, la rotura, el impacto del concreto, lo cual conduce a mejorar la durabilidad del concreto. • Las fibras MAXTEN™ son fáciles de adicionar al concreto.

ADITIVOS

MAXTEN™

TX40T654

OFICINA PRINCIPAL:
Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.
PBX: (1) 869 87 87
WWW.TOXEMENT.COM.CO



EUCLID GROUP
TOXEMENT

Figura 48. MAXTEN™, macro fibra sintética para reemplazar malla electro soldada.

Fuente: Toxement S.A, Maxten™, 2016.p.1. Recuperado de:
<http://www.toxement.com.co/media/3743/maxten.pdf>

MAXTEN™

Macro fibra sintética para reemplazar malla electro soldada

ADITIVOS

MAXTEN™

TX40T654

Dosificación

La dosificación de las fibras **MAXTEN™** varía entre 1,8 kg/m³ y 3 kg/m³, dependiendo de la resistencia del concreto, el espesor del elemento y las dimensiones de la malla electrosoldada a reemplazar.

Para reemplazar la malla electrosoldada en un concreto preparado en obra de 21 MPa (3.000 psi) – 7 bultos de cemento / m³, aplique **MAXTEN™** en la siguiente dosificación.

MAXTEN™	KG DE MAXTEN™ POR M ³ DE CONCRETO			
	3 mm Cada 15 cm	4 mm Cada 15 cm	5 mm Cada 15 cm	6 mm Cada 15 cm
ESPESOR DE LA PLACA (cm)				
5	1,8 Kg/m ³	2,4 Kg/m ³		
8	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	2,3 Kg/m ³	
10	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	2,7 Kg/m ³
12	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	2,2 Kg/m ³
15	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³

Use Macro Fibra Sintética Estructural TUF STRAND SF

Notas:

- Se recomienda el uso de la fibra **MAXTEN™** solamente en aplicaciones de placas de contra piso, sobre placas, placas de nivelación.
- No se recomienda la sustitución de malla electro soldada en placas aéreas.
- Este documento es una guía para estimar la cuantía de fibra necesaria para reemplazar malla electro soldada, por retracción y temperatura, en placas apoyadas en el suelo o en otra placa. No reemplazan el cálculo estructural desarrollado por un Ingeniero Diseñador.

Aplicación

- Las macro fibras **MAXTEN™** se adicionan a la mezcla de concreto durante el proceso de mezclado.
- En general se recomienda adicionar la fibra en el equipo mezclador.

Mezclado Industrial

- En procesos de producción industrial de concreto (1 o más metros cúbicos de concreto), se recomienda utilizar la presentación en bolsa de 2.27 kg, ajustando la cantidad de fibra según el cuadro de dosificación.
- Tanto las fibras como los aditivos se deben dosificar por separado. **MAXTEN™** es compatible con todos los aditivos de TOXEMENT. Cuando se usa apropiadamente las macro fibras **MAXTEN™** estas no afectarán adversamente la resistencia a compresión o a flexión del concreto.

Mezclado en Obra

- En procesos de producción de concreto en obra (mezcla por bultos de cemento), se recomienda utilizar la presentación en bolsa de 1.8 kg (que contiene 7 bolsas predosificadas de **MAXTEN™**), adicionando una bolsa predosificada de fibra por cada bulto de cemento, según el cuadro de dosificación.
- Se sugiere seguir el siguiente procedimiento.
 - Colocar el agua.
 - Colocar los agregados (arena y grava).
 - Colocar la fibra **MAXTEN™**.
 - Mezclar por 5 minutos.
 - Colocar el cemento.
 - Terminar la mezcla.

OFICINA PRINCIPAL:
Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.
PBX: (1) 869 87 87
WWW.TOXEMENT.COM.CO



Figura 49. MAXTEN™, macro fibra sintética para reemplazar malla electro soldada.

Fuente: Toxement S.A, Maxten™, 2016.p.2. Recuperado de:
<http://www.toxement.com.co/media/3743/maxten.pdf>

Apéndice C. Información de producto - fibras comercializadas por la empresa

Owens Corning



Anti-Crak® HD

Hilos cortados AR para el control y prevención de la fisuración del hormigón®

Las fibras Anti-Crak® HP forman parte de la gama de productos Cem-FIL®

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Anti-Crak® HD (alta dispersión) es un hilo cortado de vidrio AR diseñado para ser incorporado al hormigón y cualquier otro mortero hidráulico.



APLICACIONES

Los hilos cortados Anti-Crak® HD se utilizan generalmente a un bajo nivel de dosificación para prevenir la fisuración y mejorar las prestaciones del hormigón, suelos, enlucidos y otras mezclas de morteros especiales.

Se incorpora fácilmente a la matriz generando una gran cantidad de fibras de refuerzo bien distribuidas a partir de poca cantidad de producto.

Las fibras Anti-Crak® HD se pueden añadir al hormigón húmedo en una planta de mezclado o directamente en el camión hormigonera.

Las fibras Anti-Crak® HD no sobresalen en la superficie y no requieren ningún proceso adicional de acabado. El refuerzo se incorpora en la masa de hormigón y es invisible en la superficie acabada.

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Alta dispersión: 220 millones de filamentos por kg (100 millones por libra)
- Excelente trabajabilidad
- Invisible en la superficie terminada
- No se corroe
- Control y prevención de la fisuración en el hormigón fresco
- Mejora global de la durabilidad y las propiedades mecánicas del hormigón
- Efectivo a dosis muy bajas
- Mezcla homogénea
- Seguro y fácil de manejar



CARACTERÍSTICAS (valores nominales)

- Longitud de la fibra: 3; 6; 9; 12; 18 mm - 1/8"-1/4"- 3/8"- 1/2"- 3/4" pulgadas
- Diámetro del filamento: 14 (µm), 0,000546 (pulg.)
- Pérdida al fuego %: 0,55% (ISO 1980: 1980)
- Humedad: 0,3% máx. (ISO 3344: 1977)
- Material: Vidrio resistente a los álcalis*
- Peso específico: 2,68 g/cm³
- Punto de ablandamiento: 860°C - 1580°F
- Conductividad eléctrica: Muy baja
- Resistencia química: Muy alta
- Módulo de elasticidad: 72GPa • 10 x 10⁶ psi
- Resistencia a la tracción: 1.700 MPa • 250 x 10³ psi

* Nuestras fibras están fabricadas con un alto contenido en circonio que cumple con las normas ASTM C1666/C 1666M-07, EN 15422 y las recomendaciones del PCI y de la GRCA.

Figura 50. Anti-CRAK® HD, Hilos cortados AR para el control y prevención de la fisuración del hormigón.

Fuente: Owens Corning, Anti-CRAK® HD, 2010.p.1. Recuperado de:
<https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/f8fac767-7a37-49f0-a658-e8af5978be15.PDF>

Anti-Crak® HD

Hilos cortados AR® para el control y prevención de la fisuración del hormigón

Las fibras Anti-Crak® HD forman parte de la gama de productos Cem-FIL®

CÓMO UTILIZARLO - DOSIFICACIÓN

Las fibras se pueden introducir en una planta de mezclado o directamente en el camión hormigonera. La dosis recomendada es 600 g/m³ (1 lb/cu.yd) de hormigón para el control de la fisuración por retracción plástica.

EMBALAJE y ALMACENAMIENTO

Los hilos cortados Anti-Crak® HD están empaquetados en bolsas de papel individuales (dispersables en agua) o en bolsas de plástico.

Los hilos cortados Anti-Crak® HD deben almacenarse alejados del calor y de la humedad, y en su embalaje original.

Las mejores condiciones son:

- Temperatura: 15°C – 35°C.
- Humedad: 35% – 65%.

Si el producto es almacenado a temperaturas inferiores, se recomienda acondicionarlo en el taller al menos 24 horas antes de su uso, para evitar su condensación.

ESTÁNDARES DE CALIDAD - CERTIFICACIÓN

- Las fibras Cem-FIL® se fabrican según un Sistema de Gestión de calidad aprobado para ISO 9001. Además, las prestaciones reales de las fibras Cem-FIL® están sujetas a evaluación y aprobación independientes en Alemania (Zulassung n.º Z-3.72.1731).
- Las fibras Cem-FIL® cumplen con los estándares de seguridad según la Directiva Europea 99/45/EC, 67/548/EEC y su última enmienda.

Servicio de atención al cliente de Cem-FIL®

Alcalá de Henares, España
Tel. : + 34 91 885 58 03
Fax: + 34 91 885 58 34
Cem-fil@owenscorning.com

WWW.CEM-FIL.COM



OCV™ Reinforcements

**OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC**
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK™
www.owenscorning.com
www.ovreinforcements.com

**EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL**
166, CHAUSSEÉ DE LA HULPE
B-1170 BRUSELAS
BÉLGICA
+32 2 674 82 11

OWENS CORNING – OCV ASIA-PACÍFICO
SEDE REGIONAL DE SHANGHAI.
2F OLIVE LVO. MANSION
620 HUA SHAN ROAD
SHANGHAI 200040
CHINA
+86 21 62489922

La información y los datos aquí contenidos se ofrecen sólo como una guía para la selección de un refuerzo. La información contenida en esta publicación se basa en datos reales de laboratorio y en la experiencia en pruebas de campo. Creemos que esta información es fiable, pero no garantizamos su aplicabilidad al proceso del usuario, ni asumimos ninguna responsabilidad u obligación que surja de su uso o rendimiento. El usuario acepta ser el responsable de probar completamente cualquier aplicación para determinar su adecuación antes de comprometerse con la producción. Es importante que el usuario determine las propiedades de sus propios compuestos comerciales cuando use éste o cualquier otro refuerzo. Debido a que numerosos factores afectan los resultados, no otorgamos garantía de ninguna clase, expresa o implícita, incluyendo aquellas de comerciabilidad y adecuación para un propósito particular. Las afirmaciones contenidas en esta publicación no deben ser interpretadas como representaciones o garantías, ni como incentivos para infringir alguna patente o violar algún código de seguridad legal o regulación de seguros.

N.º de Pub. 10010194-D. Owens Corning se reserva el derecho a modificar este documento sin previo aviso. ©2010 Owens Corning

CemFIL_AntiCrak_HD_vw_12_2010_Rev6_ES

Figura 51. Anti-CRAK® HD, Hilos cortados AR para el control y prevención de la fisuración del hormigón.

Fuente: Owens Corning, Anti-CRAK® HD, 2010.p.1. Recuperado de:
<https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/f8fac767-7a37-49f0-a658-e8af5978be15.PDF>



OCV™ Reinforcements

INFORMACIÓN DE PRODUCTO

Anti-Crak® HP 58/12

Fibra de vidrio para evitar la fisuración en morteros y hormigones

Las fibras Anti-Crak® HP forman parte de la gama de productos Cem-FIL®

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Anti-Crak® HP (High Performance - Alto Rendimiento) 58/12 es una fibra de vidrio realizada con filamentos de vidrio AR (Álcali Resistente), concebida para reforzar morteros y hormigones contra fisuraciones.

Anti-Crak® HP 58/12 posee una excelente cohesión con las matrices hidráulicas y aumenta su resistencia a la tracción antes de la fisuración.

Anti-Crak® HP 58/12 se adapta a todos los tipos de formulación del hormigón y de modos de mezcla gracias a su ensimaje específico, que permite una excelente dispersión de las fibras, una aplicación fácil y una excelente calidad del acabado.

APLICACIÓN DEL PRODUCTO

Anti-Crak® HP 58/12 se ha desarrollado para mejorar la resistencia a la fisuración de morteros y hormigones. Se utiliza principalmente para reforzar acabados de suelos y suelos de hormigón residenciales, comerciales e industriales.



BENEFICIOS DEL PRODUCTO

- Previene y controla la fisuración en morteros y hormigones (fisuración por retracción plástica, fisuración en el secado y fisuración térmica).
- Mejora la durabilidad de las obras de hormigón y mortero
- Mejora las propiedades mecánicas del hormigón endurecido
- Dispersión rápida y uniforme durante la mezcla
- No perjudica el bombeo del hormigón
- Admite dosis elevadas sin que se vea afectada la trabajabilidad
- No necesita más agua
- Resistente a la corrosión
- Fácil de manejar

CARACTERÍSTICAS

- Longitud: 12 mm
- Relación de aspecto (longitud/diámetro): 58
- Densidad: 2,68 g/cm³
- Módulo de elasticidad: 72 GPa
- Contenido de ensimaje: 0,8% (ISO 1887)
- Humedad: 0,3% máx. (ISO 3344)
- Material: Vidrio resistente a los álcalis
- Punto de ablandamiento: 860 °C
- Conductividad eléctrica: Muy baja
- Resistencia química: Muy alta
- Resistencia a la tracción: 1.700 MPa



* Nuestras fibras están fabricadas con un alto contenido en circonio, de conformidad con las normas ASTM C1666/C 1666/M-07 y EN 15422 y según las recomendaciones de PCI y de la GRCA

Figura 52. Anti-Crak ® HP 58/12, Fibra de vidrio para evitar la fisuración en morteros y hormigones.

Fuente: Owens Corning, Anti-Crak ® HP 58/1, 2010.p.1. Recuperado de: <https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/61553912-9c09-4307-8602-69f0d18d53ea.PDF>

Anti-Crak® HP 58/12

Fibra de vidrio para evitar la fisuración en morteros y hormigones

Las fibras Anti-Crak® HP forman parte de la gama de productos Cem-FIL®

UTILIZACIÓN – DOSIFICACIÓN

Las fibras pueden introducirse en la planta central de mezclado o directamente en el camión hormigonera a pie de obra. La dosificación a utilizar depende de la formulación del hormigón o del mortero y de los niveles de rendimiento deseados. Para morteros y hormigones, las dosificaciones usuales son:

Beneficio deseado	Antifisuración durante la retracción plástica	Sustitución del refuerzo de mallazo fino de acero
Dosificación recomendada	0,3 – 0,6 kg/m ³	0,9 - 1,5 kg/m ³

No obstante, se recomienda realizar pruebas para determinar la dosificación óptima, en función de la aplicación y los niveles de rendimiento deseados.

EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO

Las fibras Anti-Crak® HP 58/12 se suministran en bolsas individuales de 600 g y 1 lb dispersables en agua.

Las fibras Anti-Crak® HP deben ser almacenadas protegidas del calor y la humedad, y dentro de su embalaje original. Las mejores condiciones de almacenamiento son:

- Temperatura: 15 °C – 35 °C.
- Humedad: 35 % – 65 %.

NORMAS DE CALIDAD– CERTIFICACIÓN

- Las fibras Cem-FIL® se fabrican según un sistema de gestión de calidad aprobado para ISO 9001. Además, el rendimiento real de las fibras Cem-FIL® está sujeto a evaluación y aprobación independientes en Alemania (Zulassung n.º Z-3.72.1731).
- Las fibras Cem-FIL® cumplen las normas de seguridad conforme a la Directiva Europea 99/45/EC, 67/548/EEC y sus enmiendas más recientes.

Servicio de atención al cliente Cem-FIL®

Alcalá de Henares, Spain
Tel. : + 34.91 885 58 03
Fax : + 34.91 885 58 34
Cem-fil@owenscorning.com

WWW.CEM-FIL.COM



OCV Reinforcements

**OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC**
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK™
www.owenscorning.com
www.ocvreinforcements.com

**EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL**
166, CHAUSÉE DE LA HULPE
B-1170 BRUSSELS
BELGIUM
+32.2.674.82.11

OWENS CORNING – OCV ASIA PACIFIC
SHANGHAI REGIONAL HEADQUARTERS.
2F OLIVE LVO. MANSION
620 HUA SHAN ROAD
SHANGHAI 200040
CHINA
86.21.62489922

La información y los datos aquí contenidos se ofrecen sólo como una guía para la selección de un refuerzo. La información contenida en esta publicación se basa en datos reales de laboratorio y en la experiencia en pruebas de campo. Creemos que esta información es fiable, pero no garantizamos su aplicabilidad al proceso del usuario, ni asumimos ninguna responsabilidad u obligación que surja de su uso o rendimiento. El usuario acepta ser el responsable de probar completamente cualquier aplicación para determinar su adecuación antes de comprometerse con la producción. Es importante que el usuario determine las propiedades de sus propios compuestos comerciales cuando use éste o cualquier otro refuerzo. Debido a que numerosos factores afectan los resultados, no otorgamos garantía de ninguna clase, expresa o implícita, incluyendo aquellas de comerciabilidad y adecuación para un propósito particular. Las afirmaciones contenidas en esta publicación no deben ser interpretadas como representaciones o garantías, ni como incentivos para infringir alguna patente o violar algún código de seguridad legal o regulación de seguros.

Pub. No. 10013673-A Owens Corning se reserva el derecho a modificar este documento sin previo aviso. ©2011 Owens Corning

CemFIL_AntiCrak_HP_5812_ww_12_2010_Rev6_ES

Figura 53. Anti-Crak ® HP 58/12, Fibra de vidrio para evitar la fisuración en morteros y hormigones.

Fuente: Owens Corning, Anti-Crak ® HP 58/1, 2010.p2. Recuperado de:
<https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/61553912-9c09-4307-8602-69f0d18d53ea.PDF>



Anti-Crak® HP 67/36

Macrofibra de vidrio para refuerzo de hormigón

Las fibras Anti-Crak® HP forman parte de la gama de productos Cem-FIL®.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Anti-Crak® HP 67/36 es una macrofibra de vidrio de "alto rendimiento" resistente a los álcalis y diseñada para refuerzo frente a la fisuración por retracción plástica, térmica y de secado. Anti-Crak® HP 67/36 aumenta la ductilidad y la resistencia a la flexión, y aporta al hormigón solidez, así como resistencia frente a los impactos y la fatiga. Anti-Crak® HP 67/36 se puede usar como refuerzo secundario y, en aplicaciones específicas, también como refuerzo principal.

Anti-Crak® HP 67/36 se dispersa de manera rápida y uniforme en toda la matriz de hormigón porque su peso específico es similar al de los agregados usados en el hormigón. Esta característica, inherente al vidrio, garantiza una fibra de alto rendimiento en toda la masa del hormigón.

APLICACIÓN DEL PRODUCTO

Anti-Crak® HP 67/36 se ha diseñado especialmente para sustituir el refuerzo primario y secundario (refuerzo de mallazo fino de acero, barra de refuerzo ligera, fibras sintéticas y de acero) en suelos de hormigón para uso residencial, comercial e industrial, capas de compresión, pavimentos y hormigón prefabricado.



VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Control y prevención de la fisuración en hormigón y morteros frescos y endurecidos.
- Fisuración por retracción plástica, retracción en el secado y fisuración térmica, fisuración de servicio en vida en hormigones sometidos a cargas.
- Mejora las propiedades mecánicas del hormigón endurecido
- Dispersión rápida y uniforme durante la mezcla
- No afectará el bombeo del hormigón
- Admite dosis elevadas sin que se vea afectada la trabajabilidad
- Resistente a la corrosión
- No necesita más agua
- Fácil de manejar

CARACTERÍSTICAS (valores nominales)

- Longitud de la fibra: 36 mm - 1½ pulgadas
- Relación de aspecto (longitud / diámetro) : 67
- Peso específico: 2,68 g/cm³
- Módulo de elasticidad: 72 GPa • 10 x 106 psi
- Humedad: 0,3% máx. (ISO 3344: 1977)
- Material: Vidrio resistente a los álcalis*
- Punto de ablandamiento: 860 °C • 1580 °F
- Conductividad eléctrica: Muy baja
- Resistencia química: Muy alta
- Resistencia a la tracción: 1.700 MPa • 250 x 103 psi



* Nuestras fibras están fabricadas con un alto contenido en circonio, que cumple las normas ASTM C1666/C 1666M-07 y EN 15422, y las recomendaciones de PCI y GRCA.

Figura 54. Anti-Crak ® HP 67/36, Microfibra de vidrio para refuerzo de hormigón.

Fuente: Owens Corning, Anti-Crak ® HP 67/36, 2010.p.1. Recuperado de: <https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/84b091e2-9602-407d-becd-5b7a0699ce52.PDF>

Anti-Crak® HP 67/36

Macrofibra de vidrio para refuerzo de hormigón

Las fibras Anti-Crak® HP forman parte de la gama de productos Cem-FIL®.

CÓMO UTILIZARLO - DOSIFICACIÓN

Las fibras Anti-Crak® HP 67/36 se pueden introducir en cualquier momento durante la mezcla o el procesamiento. Los valores de dosificación dependen de la aplicación y los niveles de rendimiento deseados. Póngase en contacto con su representante de ventas de OCV para que le sugiera recomendaciones.

Las dosis recomendadas son:

Prestaciones	Refuerzo secundario	Refuerzo primario en aplicaciones para suelos
Dosis recomendada	1.5 - 5 kg/m ³ 2.5 - 8.0 lb / cu.yd	5.0 - 15kg/m ³ 8.0 - 25 lb / cu.yd

EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO

Anti-Crak® HP 67/36 se suministra envasado en bolsas de plástico de 5 kg. Las fibras Anti-Crak® HP deben ser almacenadas protegidas del calor y la humedad, y dentro de su embalaje original

NORMAS DE CALIDAD – CERTIFICACIÓN

- Las fibras Cem-FIL® se fabrican según un sistema de gestión de calidad aprobado para ISO 9001. Además, el rendimiento real de las fibras Cem-FIL® está sujeto a evaluación y aprobación independientes en Alemania (Zulassung n.º Z-3.72.1731).
- Las fibras Cem-FIL® cumplen las normas de seguridad conforme a la Directiva Europea 99/45/EC, 67/548/EEC y sus enmiendas más recientes

Servicio de atención al cliente Cem-FIL®

Alcalá de Henares, España
Tel. : + 34.91 885 58 03
Fax : + 34.91 885 58 34
Cem-fil@owenscorning.com

WWW.CEM-FIL.COM



OCV Reinforcements

OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK™
www.owenscorning.com
www.ovreinforcements.com

EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL.
166, CHAUSSEÉ DE LA HULPE
B-1170 BRUSSELS
BELGIUM
+32.2.674.82.11

OWENS CORNING – OCV ASIA PACIFIC
SHANGHAI REGIONAL HEADQUARTERS.
2F OLIVE LVO. MANSION
620 HUA SHAN ROAD
SHANGHAI 200040
CHINA
86.21.62489922

La información y los datos aquí contenidos se ofrecen sólo como una guía para la selección de un refuerzo. La información contenida en esta publicación se basa en datos reales de laboratorio y en la experiencia en pruebas de campo. Creemos que esta información es fiable, pero no garantizamos su aplicabilidad al proceso del usuario, ni asumimos ninguna responsabilidad u obligación que surja de su uso o rendimiento. El usuario acepta ser el responsable de probar completamente cualquier aplicación para determinar su adecuación antes de comprometerse con la producción. Es importante que el usuario determine las propiedades de sus propios compuestos comerciales cuando use éste o cualquier otro refuerzo. Debido a que numerosos factores afectan los resultados, no otorgamos garantía de ninguna clase, expresa o implícita, incluyendo aquellas de comerciabilidad y adecuación para un propósito particular. Las afirmaciones contenidas en esta publicación no deben ser interpretadas como representaciones o garantías, ni como incentivos para infringir alguna patente o violar algún código de seguridad legal o regulación de seguros.

Pub. No. 10013678-A. Owens Corning se reserva el derecho a modificar este documento sin previo aviso. ©2011 Owens Corning

CemFIL_AntiCrak_HP_6736_ww_12_2010_Rev6_ES

Figura 55. Anti-Crak ® HP 67/36, Microfibra de vidrio para refuerzo de hormigón.

Fuente: Owens Corning, Anti-Crak ® HP 67/36, 2010.p.2. Recuperado de:
<https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/84b091e2-9602-407d-becd-5b7a0699ce52.PDF>



Cem-FIL® 61

Roving para GRC en Premix y Proyección

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Cem-FIL® 61 es un roving ensamblado resistente a los álcalis diseñado para usarse en la fabricación de materiales compuestos de GRC (hormigón reforzado con fibra de vidrio) en premix y proyección simultánea.



APLICACIONES

En Premix, Cem-FIL® 61 se corta en pequeños hilos que tienen alta resistencia a la abrasión. La fibra permanece íntegra, lo que permite una fácil incorporación en la matriz y buena trabajabilidad.

La nueva tecnología de ensimaje de Cem-FIL® 61 reduce la absorción de agua de la fibra, lo que permite una reducción del contenido de agua en la matriz, o un aumento del contenido de fibra.

En el proceso de proyección, Cem-FIL® 61 presenta una fácil separación del hilo y un corte fácil generando poca borra.

El comportamiento hidrofóbico de Cem-FIL® 61 hace que la mezcla sea más fluida, lo cual asegura una mejor compactación y una liberación más fácil del aire atrapado.

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Vidrio resistente a los álcalis*
- Buen devanado
- Fácil de cortar
- Gran eficiencia de apertura
- Ideal para utilizarse en perfiles complicados
- Excelente reproducción del detalle
- Adecuado para Premix y Proyección
- Excelentes propiedades mecánicas



CARACTERÍSTICAS (valores nominales)

Peso lineal del roving (tex)	Peso lineal del hilo (tex)	Pérdida al fuego %	Humedad (%)
ISO 1889: 1987	ISO 1889: 1987	ISO 1887: 1980	ISO 3344: 1977
2500	82	1,75	0,35 máx.

- Roving ensamblado
- Peso específico: 2,68 g/cm³
- Material: Vidrio resistente a los álcalis*
- Punto de ablandamiento: 860°C • 1580°F

- Conductividad eléctrica: Muy baja
- Resistencia química: Muy alta
- Módulo de elasticidad: 72 GPa • 10 x 10⁶ psi
- Resistencia a la tracción: 1.700 MPa • 250 x 10³ psi

* Nuestras fibras están fabricadas con un alto contenido en circonio que cumple con las normas ASTM C1666/C 1666/M-07, EN 15422 y las recomendaciones de PCI y GRCA.

Figura 56. Cem-Fil ® 61, Roving para GRC en Premix y Proyección.

Fuente: Owens Corning, Cem-Fil ® 6, 2010.p.1. Recuperado de:
<https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/958fe6a8-8349-494b-ac60-7a28b2492f29.pdf>

Cem-FIL® 61

Roving para GRC en Premix y Proyección

CÓMO UTILIZARLO - DOSIS

Los rovings Cem-FIL® 61 se utilizan en procesos de fabricación de GRC con equipos especialmente diseñados para ello. La dosis recomendada en GRC en proyección es 5% en peso. La dosis recomendada en GRC en Premix es 3% en peso.

EMBALAJE y ALMACENAMIENTO

Los rovings Cem-FIL® 61 están protegidos por una capa de polietileno retráctil, abierta por arriba, que no debería retirarse cuando el producto está en uso. Los rovings se empaquetan en palets con o sin cajas de cartón.

NORMAS DE CALIDAD - CERTIFICACIÓN

- Las fibras Cem-FIL® se fabrican según el Sistema de Gestión de calidad aprobado para ISO 9001. Además, las prestaciones reales del Cem-FIL® están sujetas a evaluación y aprobación independientes en Alemania (Zulassung n.º Z-3.72.1731).
- Las fibras Cem-FIL® cumplen con los estándares de seguridad según la Directiva Europea 99/45/EC, 67/548/EEC y sus más recientes enmiendas.

Servicio de atención al cliente de Cem-FIL®

Alcalá de Henares, España
Tel. : + 34 91 885 58 03
Fax: + 34 91 885 58 34
Cem-fil@owenscorning.com

WWW.CEM-FIL.COM



OCV® Reinforcements

**OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC**
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK™
www.owenscorning.com
www.ovreinforcements.com

**EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL.**
166, CHAUSSEE DE LA HULPE
B-1170 BRUSELAS
BÉLGICA
+32 2 674 82 11

OWENS CORNING – OCV ASIA-PACÍFICO
SEDE REGIONAL DE SHANGHAI.
2F OLIVE LVO. MANSION
620 HUA SHAN ROAD
SHANGHAI 200040
CHINA
+86 21 62489922

La información y los datos aquí contenidos se ofrecen sólo como una guía para la selección de un refuerzo. La información contenida en esta publicación se basa en datos reales de laboratorio y en la experiencia en pruebas de campo. Creemos que esta información es fiable, pero no garantizamos su aplicabilidad al proceso del usuario, ni asumimos ninguna responsabilidad u obligación que surja de su uso o rendimiento. El usuario acepta ser el responsable de probar completamente cualquier aplicación para determinar su adecuación antes de comprometerse con la producción. Es importante que el usuario determine las propiedades de sus propios compuestos comerciales cuando use éste o cualquier otro refuerzo. Debido a que numerosos factores afectan los resultados, no otorgamos garantía de ninguna clase, expresa o implícita, incluyendo aquellas de comerciabilidad y adecuación para un propósito particular. Las afirmaciones contenidas en esta publicación no deben ser interpretadas como representaciones o garantías, ni como incentivos para infringir alguna patente o violar algún código de seguridad legal o regulación de seguros.

N.º de Pub. 10010701-D. Owens Corning se reserva el derecho a modificar este documento sin previo aviso. ©2010 Owens Corning

Cemfil_61_ww_12_2010_Rev6_ES

Figura 57. Cem-Fil ® 61, Roving para GRC en Premix y Proyección.

Fuente: Owens Corning, Cem-Fil ® 6, 2010, p.2. Recuperado de:
<https://www.owenscorning.com.br/upload/produto/pdf/958fe6a8-8349-494b-ac60-7a28b2492f29.pdf>

Apéndice D. Fichas técnicas - fibras comercializadas por la empresa Maccaferri

Construcción	Hoja Técnica Edición 2110201101 Identificación No. 103918 Wirand® FF1	
	<h1>Wirand® FF1</h1> <h2>Fibra de acero para refuerzo de concreto</h2>	
	Descripción	Filamentos de alambre de acero trefilado, cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto.
	Usos	Para refuerzo de concreto principalmente en pisos y pavimentos, obteniendo un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo.
	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ La fibra tiene dobleces en los extremos que permite mejorar adherencia de la fibra dentro de la matriz del concreto. ■ Alta resistencia a tracción. ■ Alta absorción de energía por medio del alambre trefilado de bajo contenido de carbono. ■ Cumple con la Norma ASTM A 820, Tipo 1. ■ Elimina el habilitado y colocación de malla y varillas convencionales por la sustitución de estos materiales con fibras de acero. ■ Aumenta resistencia a fatiga, cortante e impacto en estructuras de concreto.
	Datos Técnicos	<p>Tipo: Alambre de acero trefilado</p> <p>Largo: 50 mm con doblez en terminaciones +/-15%</p> <p>Diámetro: 1.00 mm +/-10%</p> <p>Relación de Aspecto L/D: >50 +/-15%</p> <p>Rm Tensión de ruptura por tracción del alambre: >1,100 MPa</p> <p>Rp0.2 Tensión de alejamiento de la proporcionalidad: > 800 Mpa</p> <p>DI Elongación a la ruptura: <4%</p> <p>E Módulo de Elasticidad: 210,000 MPa</p>
	Presentación	Caja de 20 Kg.
	Consumo	La dosificación se determinará de acuerdo a necesidades específicas de cada proyecto, realizando un cálculo por cargas y usos a los que será sometida la estructura.
Modo de empleo	<p>Wirand-FF1 viene listo para ser usado. Se aplica al concreto durante su mezclado o a pié de obra. Se deberá hacer un mezclado de 1 a 1.5 minutos para su completa incorporación verificando que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en la masa de concreto.</p> <p>Las fibras pueden introducirse junto con los agregados y de preferencia en el concreto mezclado en estado fresco.</p> <p>Es recomendable la utilización de plastificantes, fluidificantes ó bien estos mismos productos súper-plastificantes y/o súper-fluidificantes para control de revenimiento sin modificar relación a/c.</p>	



Figura 58. Wirand FF1, Fibra de acero para refuerzo de concreto.

Fuente: Sika, Wirand FF, 2010.p.1. Recuperado de:
<https://www.sage.com.mx/intro/fichas/fibra-acero-refuerzo-concreto-wirand-ff1.pdf>

Hoja Técnica
Edición 2110201101
Identificación No. 103917
Wirand® FS3N

Wirand® FS3N

Fibra de acero para refuerzo de concreto

Descripción	Filamentos de alambre de acero trefilado, cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto y mortero.
Usos	Para refuerzo de concreto y mortero lanzado, obteniendo un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ La fibra tiene dobleces en los extremos que permite mejorar adherencia de la fibra dentro de la matriz del concreto. ■ Alta resistencia a tracción. ■ Alta absorción de energía por medio del alambre trefilado de bajo contenido de carbono. ■ Cumple con la Norma ASTM A 820, Tipo 1. ■ Eliminar el habilitado y colocación de malla y varillas convencionales por la sustitución de estos materiales con fibras de acero. ■ Aumenta resistencia a fatiga, cortante e impacto en estructuras de concreto.
Datos Técnicos	<p>Tipo: Alambre de acero trefilado</p> <p>Largo: 33 mm con doblez en terminaciones +/-15%</p> <p>Diámetro: 0.75 mm +/-10%</p> <p>Relación de Aspecto L/D: 44 +/-15%</p> <p>Rm Tensión de ruptura por tracción del alambre: >1,100 MPa</p> <p>Rp0.2 Tensión de alejamiento de la proporcionalidad: > 800 Mpa</p> <p>DI Elongación a la ruptura: <4%</p> <p>E Módulo de Elasticidad: 210,000 MPa</p>
Presentación	Caja de 20 Kg.
Dosificación	La dosificación será entre 25 y 30 kg/m ³ y se determinará de acuerdo a necesidades específicas de cada proyecto (absorción de energía requerida).
Modo de empleo	<p>Wirand® FS3N viene listo para ser usado. Se aplica al concreto durante su mezclado o a pié de obra. Se deberá hacer un mezclado de 1 a 1.5 minutos para su completa incorporación verificando que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en la masa de concreto.</p> <p>Las fibras pueden introducirse junto con los agregados y de preferencia en el concreto mezclado en estado fresco.</p> <p>Es recomendable la utilización de plastificantes, fluidificantes ó bien estos mismos productos súper-plastificantes y/o súper-fluidificantes para control de revenimiento sin modificar relación a/c.</p>



Figura 59. Wirand FS3N, Fibra de acero para refuerzo de concreto.

Fuente: Sika, Fibras para refuerzo de concreto, 2010.p.1. Recuperado de: <https://www.sage.com.mx/intro/fichas/fibra-acero-refuerzo-concreto-wirand-fs3n.pdf>

FibroMac[®] 12

Fibra sintética

Características técnicas

La fibra FibroMac[®] 12 es una fibra de multifilamentos producida a partir de polipropileno. Es incorporada a una mezcla de base (concreto, mortero, etc.), con el fin de constituir un compuesto homogéneo y controlar la fisuración por retracción.



Propiedades

El tratamiento superficial de la fibra FibroMac[®] 12 permite una rápida y homogénea dispersión en el hormigón. La fibra crea así una red multidireccional que aumenta la coherencia del material evitando, durante el fraguado, la fisuración inicial por retracción.

Inerte y estable, la fibra FibroMac[®] 12 es insensible a la corrosión y a los agentes químicos.

Aplicaciones

Pavimentos industriales poco solicitados, parqueos, oficinas, losas, elementos prefabricados, hormigón proyectado, pavimentos de hormigón de calles peatonales, sótanos, etc.

Características técnicas de la fibra

Materia prima	Polipropileno monopolímero
Peso específico	0.91 g/cm ³
Temperatura de fusión	160 °C
Resistencia a la tracción	300 Mpa (Nmm ²)
Modulo de Young	3 GPa
Muy buena resistencia a los ácidos, alcalinos y sales	

Características físicas de la fibra

Diámetro	18i m
Sección	Circular
Largo	12mm
Elongación	80%

Dosificación/cantidades de las fibras

Tipo	Dosificación por m ³	Número de fibras por kg	Área superficial específica
FibroMac [®] 12 – 6	600g	Aproximadamente 300,000,000	225 m ² /kg

Embalaje de las fibras

En bolsas hidrosolubles de 600 gr, acondicionadas en fardos de 100 kg

Puesta en obra

Las fibras son integradas directamente en el hormigón o mortero, durante o al final de la producción, prolongando la mezcla por algunos minutos.

	Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.	Garantía del Sistema de Calidad Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002	
	www.maccaferri.com.br		

Figura 60. FibroMac 12, Fibra sintética.

Fuente: Maccaferri, FibroMac 12, 2003. Recuperado de:
<http://www.joseguller.com.ar/Nueva%20carpeta/FibroMac12.PDF>

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® Refuerzo Tejido

MALLA DE FIBRA DE VIDRIO TEJIDA

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Refuerzo Tejido es una malla de fibra de vidrio tejida de excelente resistencia mecánica y química.

USOS

Para el reforzamiento de sistemas de protección epóxicos, con el fin de puentear fisuras en estructuras, de concreto, sometidas a esfuerzos por cambios de temperaturas y/o expuestas a ataque químico.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Excelente resistencia química
- Resistente a los rayos UV
- Excelente resistencia mecánica
- Fácil de colocar, liviano y durable

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Tipo de Fibra	Fibra de Vidrio
Empaques	Rollos de 1,20 m de ancho por 30 m de longitud.
Apariencia / Color	Gris
Vida en el recipiente	El tiempo de almacenamiento es de 96 meses bajo techo.
Condiciones de Almacenamiento	El Sika® Refuerzo Tejido debe ser transportado evitando la generación de arrugas o pliegues en la tela.
Espesor	Filamento: 0,03 mm
Resistencia a tensión	0,59 MPa

APLICACIÓN

Sika® Refuerzo Tejido debe estar seco, limpio y libre de grasas, polvo u otros contaminantes que puedan interferir con la adherencia de la malla y el recubrimiento epóxico.

Cortar el Sika® Refuerzo Tejido de acuerdo a las dimensiones de la superficie y colocarlo inmediatamente des-

pués de aplicar la primera capa del recubrimiento epóxico (Sikaguard-62 o Sikaguard-63N, Epoxifenolico Serie 400, Epoxifenolico Serie 400NF, etc), sentarlo cuidadosamente con un rodillo de felpa.

Tener en cuenta que los traslapes deben ser mínimo de 3 cm. Esperar aproximadamente 3 horas y antes de 24 horas aplicar la segunda capa del recubrimiento. Para mayor información remitirse a la hoja Técnica del recu-

Hoja de Datos del Producto
Sika® Refuerzo Tejido
Marzo 2019, Versión 01.01
020816110010000002

1 / 2

Figura 61. Sika Refuerzo Tejido, Malla de fibra de vidrio tejida.

Fuente: Sika Refuerzo Tejido, 2019.p.1. Recuperado de:
http://col.sika.com/dms/getdocument.get/4a23b6ca-8909-338b-8d95-8d8c67c9509c/co-ht_Sika%2520Refuerzo%2520Tejido.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® AD

FIBRA DE POLIPROPILENO PARA EL REFUERZO DE CONCRETO Y MORTERO NO REDUCE EL ASENTAMIENTO DE LAS MEZCLAS

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SikaFiber® AD es un refuerzo de fibra de polipropileno modificada que disminuye el agrietamiento de concretos y morteros.

SikaFiber® AD está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados y polímeros sintéticos que anulan la tendencia a reducir la trabajabilidad y el asentamiento del concreto, propia de otro tipo de fibras convencionales. Durante la mezcla, SikaFiber® AD se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

USOS

- Losas de concreto (placas de piso, pavimentos, etc.)
- Mortero y concreto proyectados.
- Pañetes de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

La adición de SikaFiber® AD aporta las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- No modifica la trabajabilidad ni el asentamiento de la mezcla de concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- La acción del SikaFiber® AD es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.
- Aumenta la resistencia al fuego en concretos lanzados y convencionales.

INFORMACION DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa hidrosoluble de 1 kg
Vida en el recipiente	Un (1) año desde la fecha de su producción.
Condiciones de Almacenamiento	Almacene el producto en su envase original en lugar fresco y bajo techo.
Densidad	Aprox. 0,91 kg/l
Dimensiones	19 mm
Punto de Fusión	160-170°C
Absorción de Agua	Ninguna.

Hoja de Datos del Producto
SikaFiber® AD
Diciembre 2017, Versión 01.02
021408021010000008

1 / 2

Figura 62. SikaFiber AD, Fibra de polipropileno para el refuerzo de concreto y mortero no reduce el asentamiento de las mezclas.

Fuente: Sika, SikaFiber AD, 2017.p.1.Recuperado de:
http://col.sika.com/dms/getdocument.get/82420a22-1838-35ed-aa53-3a2cb424f743/co-ht_Sikafiber%2520AD.pdf



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber Force PP 65

FIBRA MACRO SINTÉTICA DE POLIOLEFINA PARA REFORZAMIENTO DE CONCRETO PROYECTADO Y CONCRETO CONVENCIONAL

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFiber Force PP 65 es una fibra estructural macro sintética fabricada a partir de polipropileno, especialmente creada para el refuerzo del concreto.

Fibra diseñada para satisfacer requerimientos que demandan los trabajos en concreto lanzado y convencional. Estas fibras presentan características definidas de comportamiento dúctil, con excelentes niveles de rendimiento en concreto proyectado (Shotcrete).

USOS

Se utiliza en las siguientes aplicaciones:

- Soporte y estabilización con concreto proyectado en túneles y galerías.
- Rehabilitación estructural.
- Prefabricados.
- Revestimiento de canales.
- Estabilización de taludes.
- Reparación y protección de estructuras marinas.
- Losas sobre terreno y pavimentos rígidos.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la tenacidad del concreto y la resistencia al impacto.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Incrementa ductilidad y resistencia residual. Bajo costo en fibra por julio de absorción de energía.
- Reduce rebote en el concreto lanzado.
- Es más eficiente que la malla electrosoldada para prevenir la fisuración en estado plástico.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías.
- No es magnética, ni se oxida.
- Mejora la durabilidad del concreto reforzado.
- Resistencia química y a álcalis.
- Segura y fácil de aplicación en la mezcla.
- Ahorro de tiempo y espacio de almacenamiento en comparación con malla tradicional.
- Disminución de desperdicios gracias a su envoltura soluble en agua que permite una fácil dosificación.
- Su empaquetamiento y envoltura hidrosoluble ayuda a una mejor distribución de las fibras en la matriz de concreto, por lo cual no se genera problemas en el bombeo por la creación de erizos o bolas.

Hoja de Datos del Producto
SikaFiber Force PP 65
Diciembre 2017, Versión 01.01
021408021000000002

1 / 3

Figura 63. SikaFiber Force PP 65, Fibra macro sintética de poliolefina para reforzamiento de concreto proyectado y concreto convencional.

Fuente: Sika, SikaFiber Force PP 65, 2017. p.1. Recuperado de:
https://col.sika.com/dms/getdocument.get/d0070c41-37f6-3efe-ba3e-9c3803e16e2b/co-ht_SikaFiber%20Force%20PP%2065.pdf



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® CHO 65/35 NB

FIBRAS DE ACERO PARA REFORZAMIENTO DE CONCRETO

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SikaFiber® CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta calidad para reforzamiento del concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas para facilitar la homogeneización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales SikaFiber® CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación largo/diámetro lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

USOS

SikaFiber® CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete), reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero.

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía.
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada asegura una distribución uniforme en el concreto.
- Relación largo/diámetro igual a 65, máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje en el concreto.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFiber® CHO 65/35 NB, cumple con las normas ASTM A820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" y DIN 17140-D9 para acero bajo contenido de carbono.

INFORMACION DEL PRODUCTO

Empaques	Sacos x 20 Kg
Vida en el recipiente	Indefinido
Condiciones de Almacenamiento	Los sacos de SikaFiber® CHO 65/35 NB, pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la lluvia. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.
Dimensiones	Longitud 35 mm con extremos conformados Diámetro de la fibra 0.54 mm Relación largo/diámetro 65 Resistencia a tracción 1200 Mpa min

Hoja de Datos del Producto
SikaFiber® CHO 65/35 NB
Octubre 2018, Versión 01.02
021408011000000019

1 / 2

Figura 64. SikaFiber CHO 65/35 NB, Fibra de acero para reforzamiento de concreto.

Fuente: Sika, SikaFiber CHO 65/35 NB, 2018.p.1Recuperado de:
https://col.sika.com/dms/getdocument.get/b6c419e0-9553-3a25-84ca-2dc2c66561b4/co-ht_Sikafiber%20CHO%2065%2035.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem[®]-1 Fiber

FIBRA SINTÉTICA PARA EL REFUERZO DE CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

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

USOS

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

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

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

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

CERTIFICADOS / NORMAS

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

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

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

INFORMACIÓN TÉCNICA

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

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

1 / 2

Figura 65. SikaCem -1 Fiber, Fibra sintética para el refuerzo de concreto.

Fuente: Sika, SikaCem -1 Fibe, 2019.p.1Recuperado de:
<https://per.sika.com/dms/getdocument.get/86988744-1b92-3c76-8849-d730f51099e2/HT-SikaCem-1%20Fiber.pdf>