

**EVALUACION DEL REMPLAZO DE ACERO TRADICIONAL POR FIBRAS
COMO REFUERZO EN LOSAS DE CONCRETO**

CESAR AUGUSTO MACHUCA SUAREZ

D7302302



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

BOGOTÁ D.C- COLOMBIA

2018

**EVALUACION DEL REMPLAZO DE ACERO TRADICIONAL POR FIBRAS
COMO REFUERZO EN LOSAS DE CONCRETO**

CESAR AUGUSTO MACHUCA SUAREZ

D7302302

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL

TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR DE PROYECTO

JOSE LUIS GUTIERREZ RUIZ

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

BOGOTÁ D.C- COLOMBIA

2018

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado primeramente a Dios, por concederme la salud, el discernimiento y la sabiduría durante el desarrollo del proyecto y permitir la culminación exitosa y total del mismo.

Igualmente, éste logró se lo dedico a mi esposa María Alejandra, mi hija María Lucia y a mis padres que me han acompañado en esta etapa de mi vida y constituyen mi mayor motivación para alcanzar este objetivo y cumplir este sueño, que pese a los obstáculos que se presentaron, finalmente se pudo alcanzar las metas propuestas.

Seguidamente, los ingenieros Javier Pinzón Sosa y Jose Luis Gutiérrez Ruiz, fueron pieza clave para el desarrollo del proyecto, por sus conocimientos brindados, la formación personal, la formación académica y la orientación del trabajo hacía un sendero de constancia, rectitud y responsabilidad. Por otro lado, los compañeros, amigos y docentes que han compartido este proceso de apoyo mutuo y han sido participes de alguna forma en mi formación profesional y personal.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	8
2	CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
3	OBJETIVOS.....	11
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4	JUSTIFICACIÓN.....	12
5	ALCANCE	14
6	CAPITULO II: REVISIÓN LITERARIA	16
6.1	ANTECEDENTES	16
6.2	MARCO TEÓRICO	16
6.2.1	Conceptos generales sobre el concreto.....	16
6.2.2	Componentes del concreto.....	17
6.2.3	Concreto Reforzado con Fibras Sintéticas.....	17
6.2.4	Tipo de fibra a utilizar: fibras sintéticas	18
6.2.5	Certificado de conformidad de la fibra sintética (SIKA)	19
6.2.6	Principales propiedades que mejora la fibra en el concreto.	20
7	CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	24
7.1	ENFOQUE METODOLÓGICO.....	24
7.2	PARTICIPANTES	24
7.3	NORMATIVIDAD APLICABLE.....	24
7.4	PRESUPUESTO	26
7.5	PERSONAL REQUERIDO	26
7.6	EQUIPOS	27
7.7	REGISTRO FOTOGRÁFICO PLANTA CONCRETO	27
8	PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	30
8.1	PROPIEDADES.	30
8.1.1	Elasticidad	30
8.1.2	Resistencia.....	30
8.1.3	Extensibilidad.....	31
8.2	ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO.....	31
8.2.1	Ensayo de resistencia a la compresión	31
8.3	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	32

8.3.1	Información Importante acerca del ensayo.....	33
9	CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
9.1	DISEÑO DE MEZCLA	34
9.2	GRANULOMETRÍA.....	38
9.2.1	Granulometría agregado grueso	38
9.2.2	Granulometría agregado fino.....	38
9.2.3	Relación agua / cemento.....	39
9.3	REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO Y DE LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS.	39
9.4	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS.....	42
9.5	ENSAYOS A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIÓN 2 KG DE FIBRA SIKAFIBER AD.	44
9.5.1	Resultados del ensayo testigos	45
9.6	ENSAYOS A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIÓN 3 KG DE FIBRA SIKAFIBER AD	49
9.7	ENSAYOS A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIÓN 4 KG DE FIBRA SIKAFIBER AD	53
10	ENSAYOS A FLEXIÓN CON DOSIFICACIÓN 2,3 Y 4 KG/M3 DE FIBRA SIKAFIBER AD....	58
10.1	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA DOSIFICACIÓN DE 2 KM/M3 DE FIBRA SIKAFIBER AD	58
10.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA DOSIFICACIÓN DE 3 KM/M3 DE FIBRA SIKAFIBER AD	59
10.3	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA DOSIFICACIÓN DE 4 KM/M3 DE FIBRA SIKAFIBER AD	59
10.4	EVALUACIÓN ECONÓMICA	60
11	CONCLUSIONES.....	65
11.1	SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS FUTUROS	66
12	REFERENCIAS	67

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Ubicación de Acordeonero.....	14
Figura 2. Construcciones con fibras.	17
Figura 3. Certificado de conformidad de la fibra sintética (SIKA).....	19
Figura 4. Equipos necesarios para la experimentación.	27
Figura 5. Planta de concreto WAMCOL SAS (1).....	27
Figura 6. Planta de concreto WAMCOL SAS (2).....	28
Figura 7. Planta de concreto WAMCOL SAS (3).....	28
Figura 8. Cronograma de actividades.....	29
Figura 9. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (1).....	34
Figura 10. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (2).....	35
Figura 11. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (3).....	36
Figura 12. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (4).....	37
Figura 13. Fundición de placa en fibra sintética.....	40
Figura 14. Toma de muestra de cilindros y losas (1).	40
Figura 15. Toma de muestra de cilindros y losas (2).	41
Figura 16. Slump concreto.	41
Figura 17. Ensayos de compresión.....	42
Figura 18. Ensayos a flexión.....	43
Figura 19. Localización acordeonero 4-15-16-17-18-21ST.....	60
Figura 20. Localización acordeonero 2-10-11-12-13-14i.....	61
Figura 21. Localización acordeonero 6-20 en proceso de perforación y completamiento. .	62
Figura 22. Localización acordeonero 1-3-5-7-8-9 estación del campo en proceso de construcción de todas las facilidades.....	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Grafica de granulometría agregado grueso.....	38
Tabla 2. . Grafica de granulometría agregado fino.....	38
Tabla 3. Grafica de relación agua / cemento	39
Tabla 4. Ensayos a compresión con dosificación de fibra Sikafiber AD (1).....	44
Tabla 5. Resultado del ensayo testigos marzo 2018.....	45
Tabla 6. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (1).	45
Tabla 7. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (2).	46
Tabla 8. Resultado del ensayo testigos Marzo - Abril de 2018 (3).	47
Tabla 9. Resultado del ensayo testigos Abril - mayo de 2018 (1).....	47
Tabla 10. Resultado del ensayo testigos Abril - mayo de 2018 (2).....	48
Tabla 11. Ensayos a compresión con dosificación de fibra Sikafiber AD (2).....	49
Tabla 12. Resultado del ensayo testigos febrero de 2018.....	49
Tabla 13. Resultado del ensayo testigos de febrero - marzo de 2018 (1).....	50
Tabla 14. Resultado del ensayo testigos marzo de 2018 (1).	51
Tabla 15. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (4).	51
Tabla 16. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (5).	52
Tabla 17. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (5).	53
Tabla 18. Ensayos a compresión con dosificación de fibra Sikafiber AD (3).....	53
Tabla 19. Resultado del ensayo testigos febrero - marzo de 2018 (2).....	54
Tabla 20. Resultado del ensayo testigos de febrero - marzo de 2018 (3).....	55
Tabla 21. Resultado del ensayo testigos de marzo de 2018 (2).....	55
Tabla 22. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (6).	56
Tabla 23. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (7).	57
Tabla 24. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (8).	57
Tabla 25. Ensayo de flexión con dosificación de fibra de Sikafiber AD.	58
Tabla 26. Resistencia compresión vs Resistencia flexión (1).	58
Tabla 27. Resistencia compresión vs Resistencia flexión (2).	59
Tabla 28. Resistencia compresión vs Resistencia flexión (3).	59
Tabla 29. Localización acordeonero 4-15-16-17-18-21ST.	60
Tabla 30. Localización Acordeonero 2-10-11-12-13-14i.....	61
Tabla 31. Localización acordeonero 6-20-22-23-24	62
Tabla 32. Localización acordeonero 1-3-5-7-8-9.	63

1 INTRODUCCIÓN

En un tiempo, donde la necesidad de materiales innovadores para la construcción aumenta, se encuentra la fibra de acero, como una opción para el refuerzo parcial o total del concreto. Uno de los materiales fundamentales para que las estructuras tuvieran mayor resistencia eran las fibras, por ello las civilizaciones antiguas adicionaban pasto, fique, junco o pelo animal con el adobe o barro; materiales que minimizaban su tendencia a la fisura y mejoraban el desempeño del material frente a la compresión.

Las fibras siempre estuvieron presentes en materiales que tuvieron usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal entre otros.

Las fibras vegetales son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos.

Probablemente el uso más extendido de las fibras como un componente más en materiales aglomerantes haya sido su uso en elementos como tejas o prefabricados de asbesto-cemento.

En este caso las fibras de asbesto le conferían al material el monolitismo y la resistencia a la tensión buscada. Según estudios técnicos realizados, llevados a cabo durante los últimos cincuenta años, la industria ha desarrollado fibras de polipropileno, vidrio, nylon y acero, que cumplen la misma función de las fibras utilizadas siglos atrás, con la diferencia de que son creadas con especificaciones técnicas y en materiales más resistentes, para responder a estas necesidades.

Las fibras se han utilizado principalmente en pavimentos y losas, donde la relación área/volumen es alta y se requiere un mecanismo de control de grietas superficiales, una de

las ventajas que ofrece es que no se requieren traslapes como en el refuerzo tradicional y el transporte a obra es más económico, ahorra tiempo al no tener que instalarlo previamente siendo una solución rentable en refuerzo.

En este trabajo se determinará experimentalmente el comportamiento del concreto convencional, con el concreto modificado con fibra sintética a unos porcentajes previamente sugeridos, buscando alcanzar la resistencia de diseño.

2 CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la compañía donde actualmente me encuentro laborando, se construyen diferentes tipos de losas y frecuentemente se ha utilizado como refuerzo el acero tradicional. El concreto es uno de los principales materiales empleados en la construcción, su uso es generalizado por su alta resistencia, comportamiento y presentación.

Debido a la necesidad de su uso en las obras y la resistencia esperada del concreto tanto simple como reforzado, se propone el estudio del comportamiento del concreto, aplicando diferentes dosificaciones de fibras de refuerzo en reemplazo al acero tradicional, buscando alcanzar la misma calidad y resistencia de un concreto reforzado, con el fin de optimizar los costos.

A través de la historia se ha intentado reforzar el concreto con fibras de diferentes materiales tales como vidrio, madera, etc.; el problema radica en que no se conoce una dosis exacta del componente que garantice la resistencia mínima esperada o solicitada para el concreto reforzado, sin embargo, al analizar y experimentar, con este material, poco a poco se ha ido teniendo aciertos con la dosificación que se debe aplicar a la mezcla de concreto a fin obtener la resistencia que se requiere en las construcciones, y con ello asegurar la resistencia requerida y optimizar los costos de construcción de obras de concreto.

En el deseo de dar a conocer las alternativas a fin de optimizar los diseños de pavimentos rígidos, planteamos como una alternativa de solución, formulando:

¿Cómo influye la adición de fibras sintéticas en el concreto empleado para la construcción de losas?

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar la influencia de la adición de fibras sintéticas en el concreto empleado para losas de concreto para cimentaciones en el proyecto Valle del Magdalena Medio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar en laboratorio la resistencia a la compresión y flexión de las losas de concreto reforzado con fibra sintéticas a 14, 21 y 28 días.
- ✓ Presentar una propuesta de mezcla con adición de fibras sintética que garantice la resistencia requerida basada en los resultados de los ensayos de laboratorio.
- ✓ Evaluar económicamente la opción de remplazo del refuerzo de acero tradicional por fibras sintéticas.

4 JUSTIFICACIÓN

La participación del ingeniero en la obra civil se justifica mediante la optimización máxima de los insumos que se emplean en el concreto, economizando así la producción de este material de construcción sin descuidar su calidad final y su periodo de duración.

Los materiales aglomerantes, en la forma de hormigones o morteros, son atractivos para su uso como materiales de construcción dado su bajo costo, su durabilidad y su adecuada resistencia a la compresión para un uso estructural. Adicionalmente, en el estado fresco ellos son fácilmente moldeables a las formas más complejas que sean requeridas. Su defecto radica en sus características de baja resistencia a la tracción y a los impactos, y a su susceptibilidad a los cambios de humedad. Un reforzamiento mediante fibras puede ofrecer un conveniente, práctico y económico método para superar estas deficiencias.

La adición de fibras sintéticas como refuerzo de concretos, morteros y pasta de cemento pueden incrementar muchas de las propiedades de éstos, destacando entre ellas, la resistencia a la flexión, tenacidad, fatiga, impacto, corte, permeabilidad y resistencia a la abrasión. Uno de los aspectos principales que nos motiva a realizar el presente estudio, es el alto costo del refuerzo en acero y los altos costos del transporte del mismo. Las fallas continuas y comunes por la falta de absorción de energía del concreto, acción que al adicionar las fibras sintéticas mejoran considerablemente el comportamiento del concreto, es decir, la capacidad de redistribuir esfuerzos en la masa. Esta absorción de energía prácticamente ofrece una mayor capacidad de carga al concreto, por lo que en muchos casos el incorporar fibras sintéticas permite disminuir el espesor de los pisos de concreto. Por tanto, al reducir el espesor del concreto se tendrá

también una reducción del costo actual del proyecto en estudio, garantizando su comportamiento y tiempo de servicio (vida útil).

Gracias a la distribución de esfuerzos en la masa de concreto que se logra con la incorporación de las fibras sintéticas, se observa un incremento significativo a la resistencia a la fatiga a un mayor número de repeticiones de carga, de 1.2 a 2 veces más de las que el concreto simple soporta.

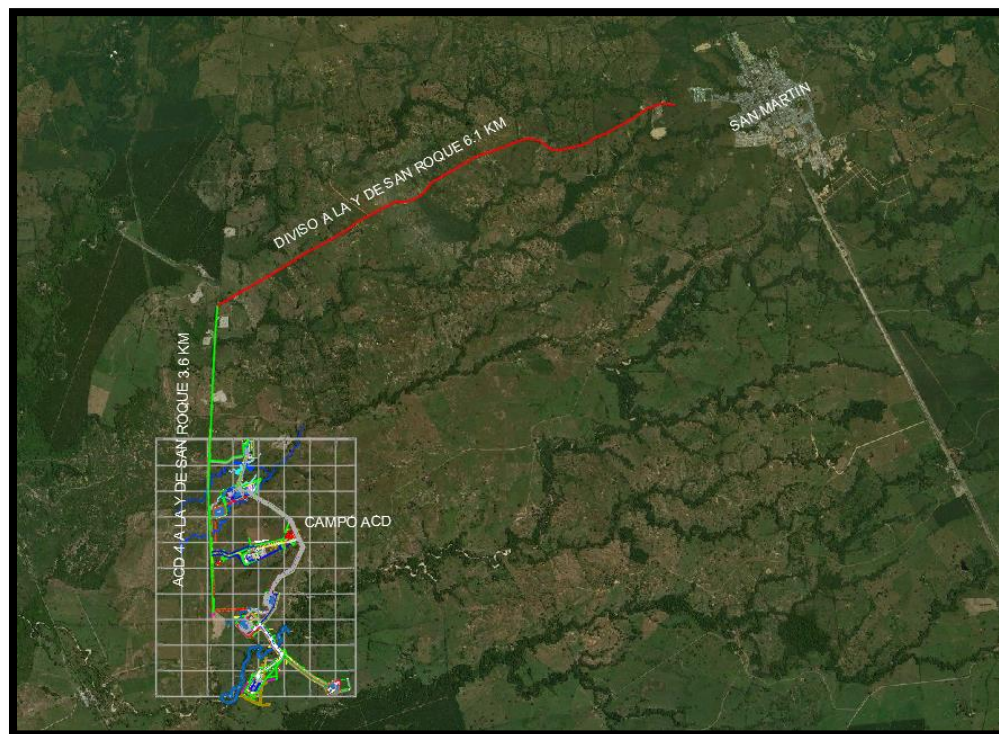
5 ALCANCE

Por medio de este trabajo experimental, se busca realizar la evaluación entre concreto simple con acero tradicional y concreto con fibra de refuerzo realizando ensayos en elementos de concreto losas de acuerdo con las Normas Técnicas Colombianas.

5.1. Delimitaciones.

- ✓ Delimitación Geográfica: El proyecto se desarrollará en las plataformas de facilidades de perforación y producción de la compañía Gran Tierra Energy, Bloque Midas, campo Acordeonero, Valle del Magdalena Medio, municipio de San Martín en el departamento del Cesar, con concreto suministrado por la compañía WAMCOL S.A.S.

Figura 1. Ubicación de Acordeonero.



Fuente: Autor.

- ✓ Delimitación Cronológica: Para la realización del estudio, se contará con un tiempo de 6 meses contados a partir del 01 de febrero de 2018.
- ✓ Delimitación Conceptual: La propuesta estará delimitada para diseñar y entregar una propuesta de sustitución de materiales acero de refuerzo tradicional por fibras sintéticas en la construcción de losas de cimentación.

6 CAPITULO II: REVISIÓN LITERARIA

6.1 ANTECEDENTES

Existen diversas investigaciones sobre la mejora de las propiedades mecánicas del concreto reforzado mediante la adición o reemplazo de un material con mejores características físicas y mecánicas. Sin embargo, el acero tradicional de refuerzo se aplica en diversas obras, pero su alto costo repercute en el costo final de las estructuras, por lo anterior, se optó por analizar el comportamiento de la fibra para obtener los resultados al someter a compresión y a flexión del concreto adicionado con fibras sintéticas, ya que éstas proporcionan una resistencia a la compresión, a la tensión y mejora la ductilidad del concreto, obteniendo finalmente un beneficio sobre el desarrollo de técnicas y conocimiento sobre las tecnologías del concreto con adición de fibra en la proporción adecuada dentro de la mezcla.

6.2 MARCO TEÓRICO

6.2.1 Conceptos generales sobre el concreto

El concreto es un material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición, se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes.

Entre los principales aditivos se encuentran:

- ✓ Incorporadores de aire.
- ✓ Retardadores de fragua.
- ✓ Reductores de agua.
- ✓ Plastificantes.

6.2.2 Componentes del concreto

Ya hemos esbozado en forma muy superficial los ingredientes del concreto, pero para entender completamente las propiedades y el comportamiento del producto resultante pasaremos a evaluar de manera concisa las características de los componentes:

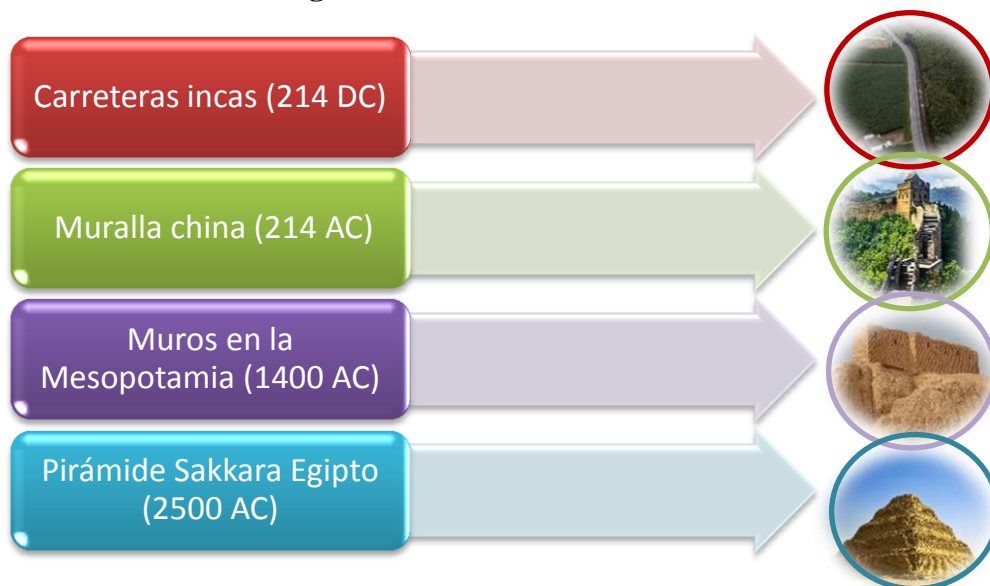
- ✓ Cemento Portland
- ✓ Agua
- ✓ Agregados
- ✓ Aditivos

6.2.3 Concreto Reforzado con Fibras Sintéticas

Las fibras actuando como refuerzo secundario mejoran las características del concreto como es la resistencia a tracción, aportan mayor resistencia a cargas dinámicas y aumentan la resistencia al cortante, de igual forma, con su inclusión se controla el proceso de fisuración, aumentando la resistencia a flexo tracción y tenacidad entendiéndose ésta como la capacidad del concreto en absorber energía.

Las fibras son un elemento presente en la construcción civil desde la antigüedad entre los casos más representativos tenemos:

Figura 2. Construcciones con fibras.



Fuente: Autor

Los concretos reforzados con fibras sintéticas están formados, esencialmente, por un conglomerante hidráulico, generalmente cemento portland, agregados finos y gruesos, agua y fibras sintéticas discontinuas cuya misión es contribuir a la mejora de determinadas características de los hormigones. Estos concretos tienen menos docilidad que los concretos tradicionales. Debe proveerse una dispersión uniforme de las fibras y prevenirse una segregación o agrupación de las mismas.

El Concreto reforzado con fibras de acero están constituidas esencialmente por los mismos componentes que un concreto tradicional y adicionalmente fibras sintéticas. La inclusión de las fibras, además de alterar el comportamiento del concreto en estado endurecido, también lo hace en estado fresco, por lo que a algunos de los componentes se les exigen condiciones que en los concretos tradicionales no son necesarias.

6.2.4 Tipo de fibra a utilizar: fibras sintéticas

Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por acrílico, aramid, carbón, polipropileno, polietileno, nylon, poliéster etc.

Investigaciones realizadas en Estados Unidos, Canadá y Australia han comprobado que las fibras sintéticas (polietilenos y polipropilenos densos, entre otras) debidamente diseñadas, pueden usarse exitosamente como alternativa a la tradicional malla electro soldada.

En este caso, las fibras sintéticas se clasifican dentro del grupo de las macro fibras, cuyo efecto principal dentro del concreto es asegurar una tenacidad acorde con las necesidades del diseño estructural.



Al igual que las fibras metálicas, las macro fibras están diseñadas para mejorar las características mecánicas del concreto y se suministran en longitudes y diámetros distintos. La proporción de la mezcla depende de la longitud y el diámetro, pero las dosificaciones

usualmente empleadas están comprendidas entre 1 y 2% en volumen (9 a 18 kg/m³), si bien existen aplicaciones con contenidos mínimos del 0,1%, o máximos del 8%, en volumen.

Para establecer con claridad cuáles son los elementos que se trabajarán, es importante configurar las características del concreto y de las fibras.

6.2.5 Certificado de conformidad de la fibra sintética (SIKA)

Figura 3. Certificado de conformidad de la fibra sintética (SIKA)

Sika Colombia S.A.S. Certificado de Conformidad		
<p>Mayo/26/2017</p> <p>Certificamos que el producto abajo mencionado fué fabricado cumpliendo los procesos de manufactura establecidos, controlado bajo estándares de calidad definidos, y cumple con los requerimientos del Sistema de Calidad establecidos por Sika Colombia.</p> <p>Los valores de control obtenidos para los lotes relacionados, están dentro de los límites de las especificaciones indicadas más adelante.</p>		
T142657	SIKAFIBER AD X 1 kg	170502-507813
Propiedad Controlada		Especificacion
ASPECTO		Polvo fino con fibras de polipropileno.
PLASTIFICANTE: MINISLUMP		Min. 8 cm.
TITULO (ASTM D1907)*		12.000 Denier ± 5%
LONGITUD DE CORTE (ASTM D190		3/4"
* Datos suministrados por el proveedor de la fibra		
T142657	SIKAFIBER AD X 1 kg	170522-508679
ASPECTO		Polvo fino con fibras de polipropileno.
PLASTIFICANTE: MINISLUMP		Min. 8 cm.
TITULO (ASTM D1907)*		12.000 Denier ± 5%
LONGITUD DE CORTE (ASTM D190		3/4"
* Datos suministrados por el proveedor de la fibra		
<p>Certificado emitido electrónicamente No requiere firma.</p>		<p>Diana C. De La Ossa Jefe de Control de Calidad</p>
		
<p>CONSTRUYENDO CONFIANZA</p>		

Fuente: Sika.

6.2.6 Principales propiedades que mejora la fibra en el concreto.

✓ Tenacidad

La tenacidad se define como la capacidad de absorción de energía, cuando la tenacidad del material es alta ayuda a que la estructura incluso después del agrietamiento pueda seguir siendo cargada. La tenacidad es una propiedad que describe la capacidad de un material de soportar cargas antes de colapsar.

Un ejemplo que puede ilustrar mejor este concepto lo constituye un alambre y un caucho de la misma geometría (por ejemplo, 10cm de longitud). Si se toman los extremos del caucho con dos dedos de cada mano y se separan las manos el caucho se tensiona, si se aplica más carga separando más las puntas, el caucho se tensiona un poco más, pero al mismo tiempo su deformación crece increíblemente.

Si se continua y separan aún más los extremos (equivalente a una carga externa) el caucho se deforma aún más y el nivel de tensión en el también crecerá (al mismo tiempo crecen tensión y deformación). Así el nivel de esfuerzo que alcanza el caucho al momento de la falla es bajo porque la resistencia a la tensión del material es baja, pero la deformación del material ha sido gigantesca abriendo completamente los brazos.

Al repetir el mismo ejercicio con el alambre, se aplicara la misma acción o carga externa, es decir una fuerza que trata de abrir los brazos, mientras se sujeta el alambre en ambos extremos, el alambre se tensionara pero en vez de permitir una gran deformación se resiste y convierte dicha acción en un esfuerzo interno hasta que falla sin haberse deformado más de 0.5mm. En este caso el esfuerzo interno del material es muy alto pero la deformación muy baja.

¿Cuál material resiste más? Si hablamos solo en términos de esfuerzo, el material más resistente es el acero, puesto que el caucho incremento su nivel de esfuerzo lentamente ya que todo era deformación, y falló a un nivel muy bajo de tensión.

Para el nivel de tensión que el caucho falló el alambre apenas es exigido, sin embargo, para llegar a ese nivel de esfuerzo el caucho tuvo que deformarse mucho, había tenido una enorme acción sobre el material (prácticamente los brazos estaban totalmente extendidos), eso hace que el caucho sea capaz de resistir cargas muy grandes sin fallar puesto que las transforma en deformación.

Es decir, el caucho tiene una gran capacidad de absorber cargas externas sin fallar convirtiéndolas en deformación. El acero también tiene una gran capacidad de absorber cargas externas sin fallar, pero no las transforma principalmente en deformación sino en esfuerzo interno que es capaz de soportar.

Para describir la capacidad de un material de absorber cargas externas es necesario tener en cuenta y de manera simultánea la capacidad del mismo tanto para deformarse como para resistir el esfuerzo frente a la acción de dicha carga.

La propiedad que cuantifica la doble acción de deformación y la capacidad de resistir un esfuerzo es la tenacidad, que es exactamente el producto de la resistencia y la deformación, que en la gráfica de esfuerzo vs deformación se traduce en el área bajo la curva.

Esto nos lleva a la definición donde una fuerza aplicada (carga) por distancia (deformación) en un tiempo dado es la energía ($E=F*d/t$). La tenacidad es la capacidad de absorción de energía de un material.

El concreto fibroreforzado (con macro fibras), tiene una tenacidad muy superior al mismo concreto sin fibras. Sin embargo, si ambas matrices tienen la misma resistencia para ser

más tenaz al concreto no le queda otra alternativa que deformarse más antes de la falla (tener un poco más el comportamiento del caucho).

✓ **Esfuerzo residual**

Como se explicó anteriormente, la tenacidad describe la capacidad de absorción de energía de un material, en este caso concreto que no ha sido sometido a cargas, y describe su comportamiento desde el momento que se empieza a someter a cargas externas hasta que llega a un límite donde no soporta más y colapsa.

La tenacidad se cuantifica mediante el área de la curva del gráfico esfuerzo vs deformación. A diferencia de la tenacidad el esfuerzo residual describe la capacidad del material de seguir siendo cargado después de ocurrida la fisura antes de colapsar.

Una vez la matriz del concreto se ha fisurado, el concreto sin fibra simplemente colapsa y la estructura también, es decir que no hay continuidad en la estructura y puede caer en pedazos.

En un concreto fibroreforzado la falla y colapso de la estructura tienen lugar mucho después de la aparición de la fisura principal.

El concreto fibroreforzado le permite a la estructura seguir absorbiendo cargas externas (que pueden ser las llantas de un tracto mula, las fuerzas producidas por un sismo, o el empuje de un terreno) sin colapsar, le permite a la estructura seguir funcionando.

Las ventajas que ofrecen las fibras son altamente apreciadas en estructuras como pisos, pavimentos, recubrimientos de concretos lanzados en taludes y túneles, elementos expuestos a cargas altas en tiempos cortos como explosiones.

Los concretos reforzados con fibras son capaces de absorber enormes cantidades de energía y para cuantías de dosificación muy altas, se usan como disipadores sísmicos (columnas

con más de 100kg/m³ de fibra metálica o más de 10kg/m³ fibra sintéticas) que pueden actuar como amortiguadores en bases de edificaciones. Estas aplicaciones sin embargo no son las más frecuentes, pero prometen aplicaciones nuevas y diversas para los próximos años para lo cual se requiere investigación.

7 CAPITULO III: METODOLOGÍA

7.1 Enfoque metodológico

Para el desarrollo del proyecto, se utilizó un diseño metodológico descriptivo, mediante la aplicación de las siguientes fases:

- Fase 1: Recopilación y análisis de información bibliográfica relacionada con el tema de estudio.
- Fase 2: Toma de muestras (cilindros y viguetas) y curado de los mismos. Se elaborará un diseño de mezcla para resistencias a compresión de 3.000 PSI al que se le adicionará dosificación de fibra sintética en proporciones 2,3 y 4 kilogramos por metro cubico de mezcla, controlando el asentamiento y manejabilidad de la mezcla mediante el uso de un aditivo plastificante llamado PLASTIMENT de Sika en caso de requerirse. Se tomaron 54 testigos en total, entre ellos 18 para cada dosificación y un total de 9 viguetas, 3 por cada dosificación.
- Fase 3: Ensayos a compresión y flexión de acuerdo con lo establecido en la NTC.
- Fase 4: Análisis y comparación de datos obtenidos y conclusiones del estudio.

7.2 Participantes

Cesar Augusto Machuca Suarez.

7.3 Normatividad Aplicable

- ✓ NTC 2871 “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” Este ensayo corresponde al tercero de los procedimientos sobre concreto lanzado descrito por la norma NTC 2871, tiene como limitación que requiere una

vez más que la carga de la máquina sea controlada por la medida de la deflexión a medida que se carga una viga cargada en los tercios.

- ✓ EN 14889-1 “Fibras para concreto-Parte 1- Fibras de acero- Definición, especificaciones y conformidad.” Al igual que la parte 2 (sintéticas) esta norma europea establece las definiciones de los diferentes grupos de fibras de acero (I-V) de acuerdo a su proceso de fabricación. Define y enumera las propiedades más importantes de las fibras, así como sus tolerancias.
- ✓ EN 14889-2 “Fibras para concreto-Parte 2- Fibras de polímeros o sintéticas- Definición, especificaciones y conformidad.” Esta norma europea define cuatro tipos de fibras (Clase I, II, III y IV) dependiendo de la función para la cual están destinadas. Establece igualmente las variaciones aceptables en dimensionales como en las propiedades en las fibras. Define la relación de aspecto (diámetro/longitud) y para las fibras con sección diferente a la circular permite el cálculo de un diámetro equivalente con la siguiente expresión:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 m_f 10^6}{\pi L_d P}}$$

D_c = Diámetro equivalente (mm).

m_f = Masa de la fibra (g).

L_d = Longitud de desarrollo de la fibra (mm).

P = Densidad de la fibra $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$

Entendiendo la longitud de desarrollo como la longitud de la fibra luego de ser estirada y puesta en línea recta (para fibras onduladas, por ejemplo) sin deformar la sección transversal.

- ✓ **NTC 5541 “Concretos reforzados con fibras” (ASTM C 1116)** Constituye en la norma general de fibras, con las definiciones y clases generales de reforzamiento con fibras. Igualmente, lista las propiedades del concreto modificadas por la inclusión de las fibras. Así como señala las recomendaciones de mezclado, transporte y manipulación de un concreto reforzado con fibras. Establece igualmente las tolerancias de variación sobre las propiedades más importantes de los concretos reforzados con fibras.
- ✓ **IIS-SF4. “Método de ensayo para determinar la tenacidad de concreto reforzado con fibra”** Este ensayo se efectúa sobre la viga simplemente apoyada sobre la que determina el parámetro RE, resistencia residual a 3 mm de deflexión. Parámetro muy usado en el diseño de pisos.

7.4 Presupuesto

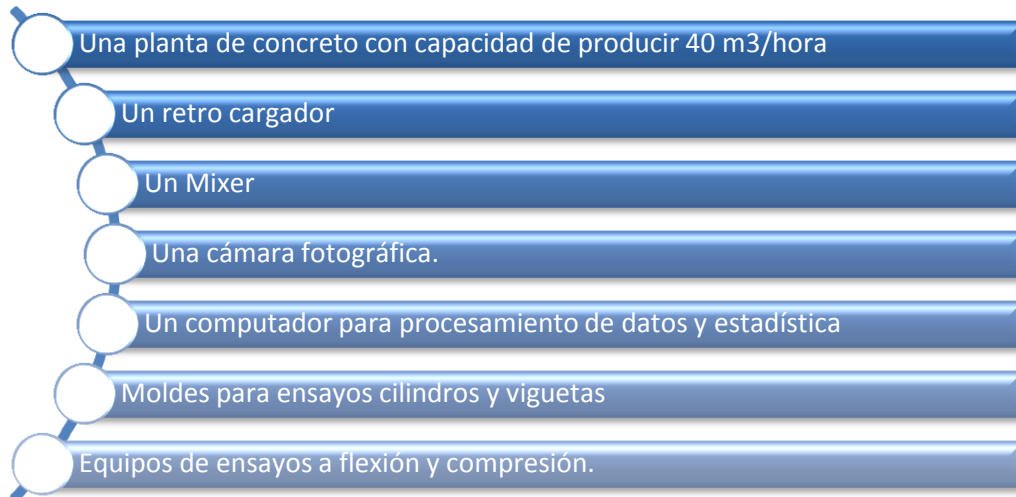
Teniendo en cuenta que el proyecto se encuentra actualmente en ejecución y el autor del presente estudio se encuentra involucrado directamente con el proyecto en calidad de Interventor Técnico, los costos se resumen en supervisión de la toma de muestras, supervisión de ensayos, tabulación de resultados, análisis e interpretación de resultados y elaboración de informes, los cuales están contemplados dentro del proyecto de construcción mismo.

7.5 Personal requerido

Para la realización de este estudio se necesita dos (2) ayudantes para alimentar la planta de concreto, un (1) operador de maquinaria pesada, un (1) conductor de Mixer, un (1) maestro de obra, dos (2) oficiales de obra, dos (2) auxiliares de obra y un (1) laboratorista.

7.6 Equipos

Figura 4. Equipos necesarios para la experimentación.



Fuente: Autor.

7.7 Registro fotográfico planta concreto

La planta de concreto está ubicada en San Martín Cesar y es de propiedad de WAMCOL S.A.S

Figura 5. Planta de concreto WAMCOL SAS (1)



Fuente: Autor.

La figura 5, es una imagen tomada con un Drone, se evidencia la planta de concreto donde se realizaron la toma de muestras para los ensayos de compresión y flexión.

Figura 6. Planta de concreto WAMCOL SAS (2).



Fuente: Autor.

La figura 6, es la planta de concreto de propiedad de la empresa WAMCOL SAS ubicada en San Martin Cesar.

Figura 7. Planta de concreto W AMCOL SAS (3).

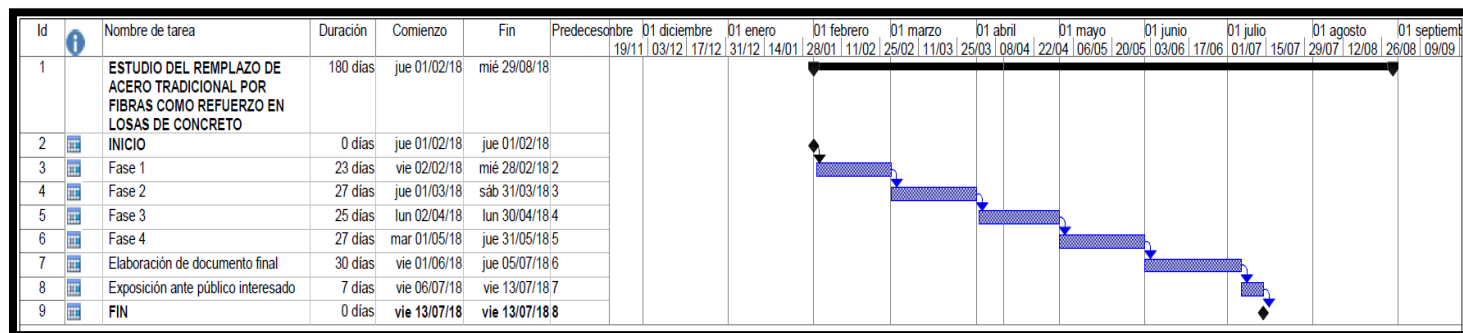


Fuente: Autor

En la figura 7, se puede observar la bodega donde se almacena el cemento de marca Cemex, se encuentra cubierto y alejado de la humedad.

7.8 Cronograma de actividades.

Figura 8. Cronograma de actividades.



Fuente: Autor.

Con este cronograma se lleva el control de las fases de este proyecto cumpliendo con la fecha indicada.

- Fase 1: Recopilación y análisis de información bibliográfica relacionada con el tema de estudio.
- Fase 2: Toma de muestras (cilindros y losetas) y curado de los mismos.
- Fase 3: Ensayos a compresión y flexión de acuerdo con lo establecido en la NTC.
- Fase 4: Análisis y comparación de datos obtenidos y conclusiones del estudio.

8 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

8.1 Propiedades.

8.1.1 Elasticidad

Se define como la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto es un material elástico, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga versus deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra a definir un "Módulo de Elasticidad Estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y por ende la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

8.1.2 Resistencia

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación agua/cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a un elemento adicional constituido por la calidad de agregados, que complementan la estructura del concreto. Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características

resistentes del concreto. Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencias del orden de 700 kg/cm². Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión superiores a los 1,500 kg/cm²

8.1.3 Extensibilidad

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

8.2 ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO

8.2.1 Ensayo de resistencia a la compresión

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron de acuerdo a la Norma ASTM C 39 que describe la forma de obtener la resistencia a la compresión de cilindros de prueba de concreto de 6" de diámetro por 12" de alto en moldes estándar de material metálico.

El vaciado se hizo en 3 capas, cada una de las cuales fue compactada con una varilla de 5/8" de diámetro mediante 25 golpes distribuidos uniformemente en el área de la sección transversal del recipiente, en la tercera capa se enrasa hasta que esté completamente lleno el recipiente.

Al día siguiente del vaciado se desmoldaron los cilindros de prueba a temperatura y humedad del ambiente, luego se llevaron a la cámara de curado, hasta el día de las pruebas respectivas.

El curado de los cilindros de prueba se lograba, sumergiéndolos en el agua con cal hidráulica contenida en los depósitos, con el objeto de que la reacción química del cemento y el agua, así como los demás componentes del concreto, continuara y de esta forma el concreto fuera ganando resistencia hasta el día del ensayo.

La resistencia a la compresión de testigos de concreto está referida a la relación de la carga máxima aplicada por unidad de área del espécimen antes de la falla, la cual se produce por la zona más débil generando internamente cohesión y fricción.

El ensayo para determinar la resistencia a la compresión en vigas, está especificado en la NTC 673.

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

R_c = Resistencia de rotura a la compresión, $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

G = Carga máxima de rotura, Kg.

d = Diámetro de la probeta cilíndrica, cm.

8.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión del concreto se efectúa sobre vigas simplemente apoyadas, moldeadas con concreto o de probetas cortadas extraídas de concreto endurecido y ensayadas con cargas a los tercios de la luz.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de vigueta, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculará, según que la grieta se localice dentro del tercio medio o a una distancia de éste, no mayor del 5% de la luz libre.

El ensayo para determinar la resistencia a la flexión en vigas, está especificado en la NTC2871.

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Mr = Módulo de rotura, $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

P = Carga máxima aplicada registrada por la máquina de ensayo, Kg.

L = Luz efectiva de la viga, cm.

b = Ancho promedio de la viga, cm.

h = Altura promedio de la viga, cm.

8.3.1 Información Importante acerca del ensayo

Para este ensayo se prepararon probetas para ser ensayadas a los 7, 14 y 28 días, tres probetas para cada edad.

Para el diseño diseños de mezcla y las tres diferentes dosificaciones se obtuvieron un total de 54 probetas en un lapso de construcción de 35 días.

9 CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Diseño de Mezcla

Este diseño de mezcla de concreto hidráulico fue realizado por una empresa llamada Ingeosuelos de la Sur S.A.S que está ubicado en Aguachica “Cesar”, esta empresa es la encargada de realizar seguimiento mediante ensayos de laboratorio a los diferentes contratistas que construyen fundaciones en los campos de Gran Tierra Energy Colombia del valle del Magdalena medio.

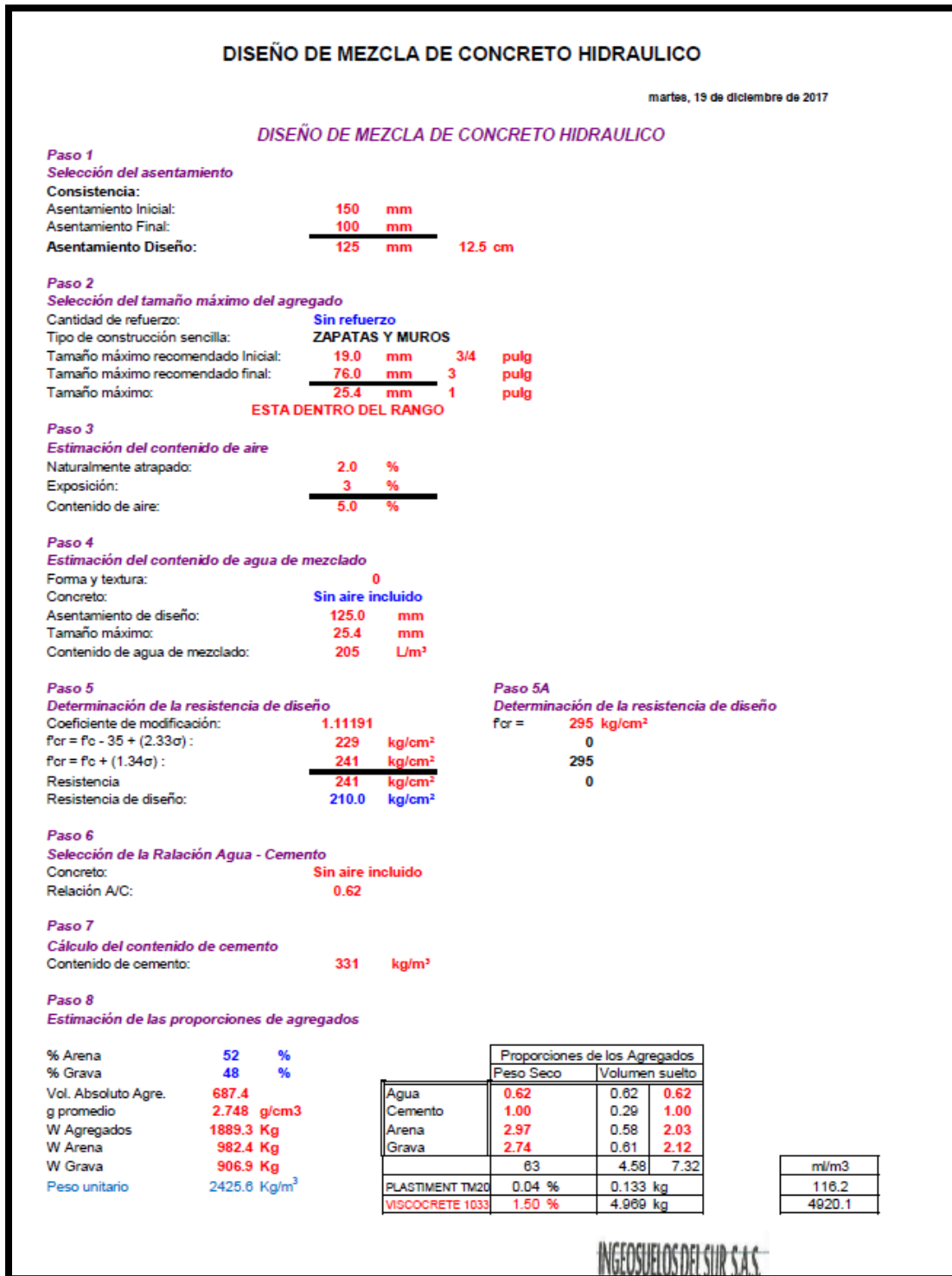
Figura 9. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (1).

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO										
martes, 19 de diciembre de 2017										
DATOS INICIALES		CONCRETO SIMPLE								
Tipo de construcción:		Normal								
Sistema de colocación:		VIBRACION MODERADA								
Condiciones de exposición:		3000 psi								
Especificación estructural (F _c):		210 Kg/cm ²								
Cemento		CEMEX								
Estructural		3.08 g/cm ³								
Gravedad específica		1150 kg/m ³								
Agregado Grueso		1482 kg/m³								
Densidad bulk suelta		1626 kg/m ³								
Densidad bulk compacta		2.83 g/cm ³								
Gravedad específica bulk		1.18%								
Absorción		0.0%								
Contenido de arcilla		0.000								
Contenido de Materia Orgánica		0.00%								
Humedad Natural		ANGULAR Y RUGOSO								
Forma		Agregado Fino								
Densidad bulk suelta		1682 kg/m ³								
Densidad bulk compacta		1824 kg/m ³								
Gravedad específica bulk		2.68 g/cm ³								
Absorción		1.89%								
Contenido de arcilla		0.0%								
Contenido de Materia Orgánica		0								
Humedad Natural		0.00%								
Forma		Redondeada y lisa								
Desviación estándar		21								
Promedio Resistencia		238.14 Kg/cm ²								
Análisis estadístico		18 Pruebas								
Granulometría Agregado Grueso										
TAMIZ	mm	pulg	Wret	%Wret	%Wret	%Pasa	%Pasa			
			gr	Acum						
	50.8	2	0	0	100.0					
	38.5	1 1/2"	0	0.0	100.0		100	OK		
	25.4	1	0	0.0	100.0	95	100	OK		
	19	3/4	765	21.3	21.3	78.7	0	OK		
	12.7	1/2	2175	60.7	82.0	18.0	25	OK		
	9.51	3/8	491.3	13.7	95.7	4.3	0	OK		
	4.75	Nº4	146	4.1	99.8	0.2	0	OK	10	
	2.38	Nº8	2.9	0.1	99.9	0.1	0	OK	5	
	Fondo		5.1	0.1	100.0					
Total Tf (g)			3585	Tamaño Máximo			1	25.4	mm	
Total Ti (g)			3585	Tamaño Máximo Nominal			3/4	19.0	mm	
Granulometría Agregado Fino										
TAMIZ	mm	pulg	Wret	%Wret	%Wret	%Pasa	%Pasa			
			gr	Acum						
	37.5	1 1/2"	0	0	100.0					
	25.4	1"	58.8	1.6	1.6	98.4				
	19.1	3/4	78.7	2.1	3.7	96.3				
	12.7	1/2	141.4	3.8	7.4	92.6				
	9.51	3/8	120.9	3.2	10.7	89.3				
	4.75	No. 4	392.6	10.5	21.1	78.9	95	100	OK	
	2.38	No. 8	429.4	11.4	32.5	67.5	80	100	OK	
	1.19	No. 16	558.1	14.9	47.4	52.6	50	85	OK	
	0.6	No. 30	825.4	22.0	69.4	30.6	25	60	OK	
	0.297	No. 50	1014.9	27.0	96.4	3.6	10	30	OK	
	0.15	No. 100	107.8	2.9	99.3	0.7	2	10	OK	
	Fondo		25.7	0.7	100.0					
Total Tf (g)			3754	Modulo de finura			3.8			
Total Ti (g)			3754							

INGEOSUELOS DEL SUR S.A.S.
NIT. 900.585.484-6



Fuente: Autor.

Figura 10. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (2).



Fuente: Autor.




Figura 11. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (3).

		INGEO SUELOS DEL SUR S.A.S INGENIERIA Estudios - diseños - interventoria - consultoria laboratorio de suelos y pavimentos			
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO					1 de 2
DATOS INICIALES					
PROYECTO:	PARA PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO HIDRAULICO				
Ordenador :	WANCOL SAS				
Especificación Estructural :	210 Kg/cm ²				
CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS					
Cemento :					
Estructural	Cemento CEMEX				
Peso especifico	3.08 g/cm ³				
Masa unitaria suelta	1150 kg/m ³				
Agregado Grueso					
Masa Unitaria Suelta	1481.62 kg/m ³				
Masa Unitaria Compacta	1626.16 kg/m ³				
Densidad Aparente	2.83 g/cm ³				
Absorción	1.18% %				
Humedad	0.00% %				
Fuente	TORCOROMA				
Forma	ANGULAR Y RUGOSO				
Granulometria Agregado Grueso					
Tamiz		Peso retenido (grs)	% Retenido	% Ret. Acumulado	%Pasa
mm	pulg				
50.8	2"	0	0.0	0	100
37.5	1½"	0	0.0	0.0	100.0
25.4	1"	0	0.0	0.0	100.0
19.0	¾"	765	21.3	21.3	78.7
12.7	½"	2174.6	60.7	82.0	18.0
9.51	¾"	491.3	13.7	95.7	4.3
4.75	Nº. 4	146	4.1	99.8	0.2
2.38	Nº. 8	2.9	0.1	99.9	0.1
Fondo		5.1	0.1	100.0	
Total Tf (g)		3584.9	Tamaño Máximo	1	
Total Ti (g)		3584.9	Tamaño Máximo Nominal	3/4	
Agregado Fino					
Masa Unitaria Suelta	1681.57502 kg/m ³				
Masa Unitaria Compacta	1824.31617 kg/m ³				
Densidad Aparente	2.68113447 g/cm ³				
Limites (Líquido-plástico)	NL-NP				
Contenido Materia Orgánica	Nº 1 < Nº 3 (Color de Referencia)				
Absorción	1.89%				
Contenido de arcilla	0.0%				
Contenido de Humedad	0.00%				
Fuente	TORCOROMA				
Forma	Redondeada y lisa				


 NIT. 900.585.484-6

Fuente: Autor.

Figura 12. Diseño de mezcla de concreto hidráulico (4).

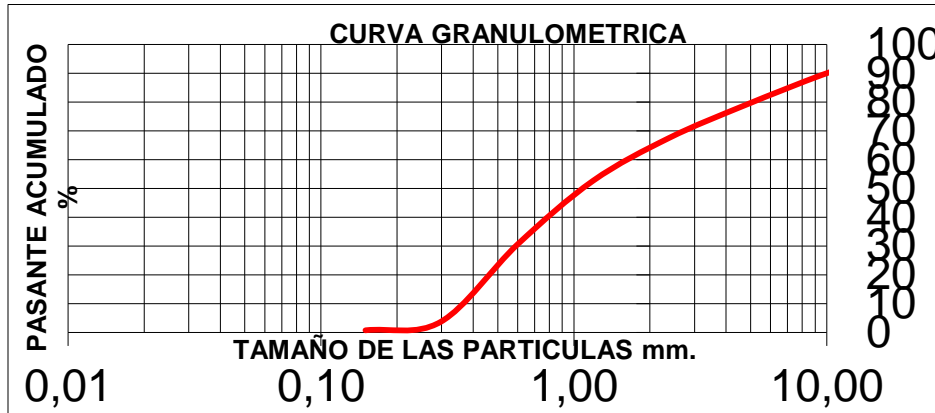
	INGEOSUELOS DEL SUR S.A.S INGENIERIA Estudios - diseños - interventoria - consultor laboratorio de suelos y pavimentos				
2 de 2					
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO					
Granulometria Agregado Fino					
Tamiz		Peso Retenido (grs)	% Retenido	%Ret. Acumulado	%Pasa
mm	pulg				
19.1	¾"	78.7	2.1	2.1	97.9
12.7	½"	141.4	3.8	6.0	94.0
9.51	⅜"	120.9	3.3	9.2	90.8
4.76	Nº. 4	392.6	10.6	19.9	80.1
2.38	Nº. 8	429.4	11.6	31.5	68.5
1.19	Nº. 16	558.1	15.1	46.6	53.4
0.60	Nº. 30	825.4	22.3	68.9	31.1
0.297	Nº. 50	1014.9	27.5	96.4	3.6
0.150	Nº. 100	107.8	2.9	99.3	0.7
Fondo		25.7	0.7	100.0	
Total Tf (g)		3694.9	Modulo de finura		3.8
Total Ti (g)		3694.9			
DATOS FINALES					
Asentamiento máximo		100mm	(mm)	4,0 pulg	(pulgadas)
	Agua	Cemento	Arena	Grava	Totales
Peso de los Agregados (kg/m³)	205	331	982.44	906.9	2425.6
Proporción en peso seco de agregados	0.62	1	3.0	2.7	
Proporción en Volumen suelto de agregados	0.62	1	2.0	2.1	
OBSERVACIONES:					
_____ _____ Juan Sierra _____ ING. CONTROL DE CALIDAD					
					

Fuente: Autor.

9.2 Granulometría.

9.2.1 Granulometría agregado grueso

Tabla 1. Grafica de granulometría agregado grueso.

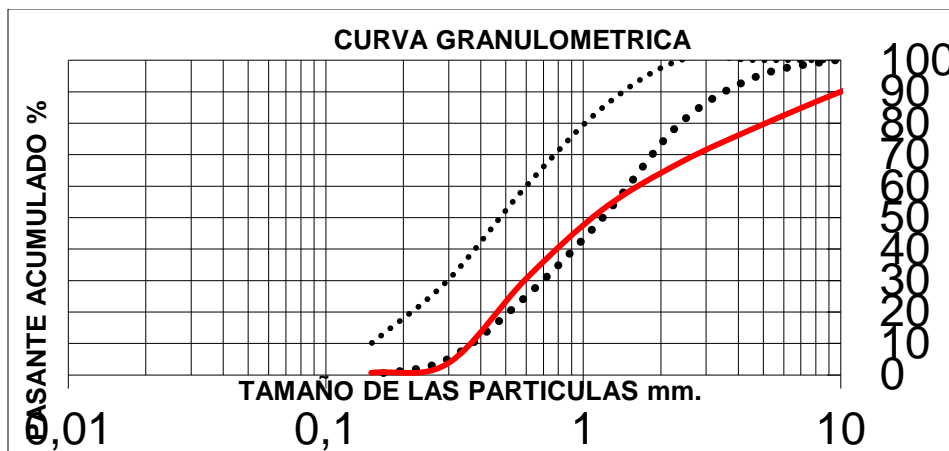


Fuente: Autor.

En la tabla 1 se puede observar que según el ensayo realizado no arroja la gráfica de la curva granulométrica tamaño de partículas vs pasante acumulado %.

9.2.2 Granulometría agregado fino

Tabla 2. . Grafica de granulometría agregado fino.

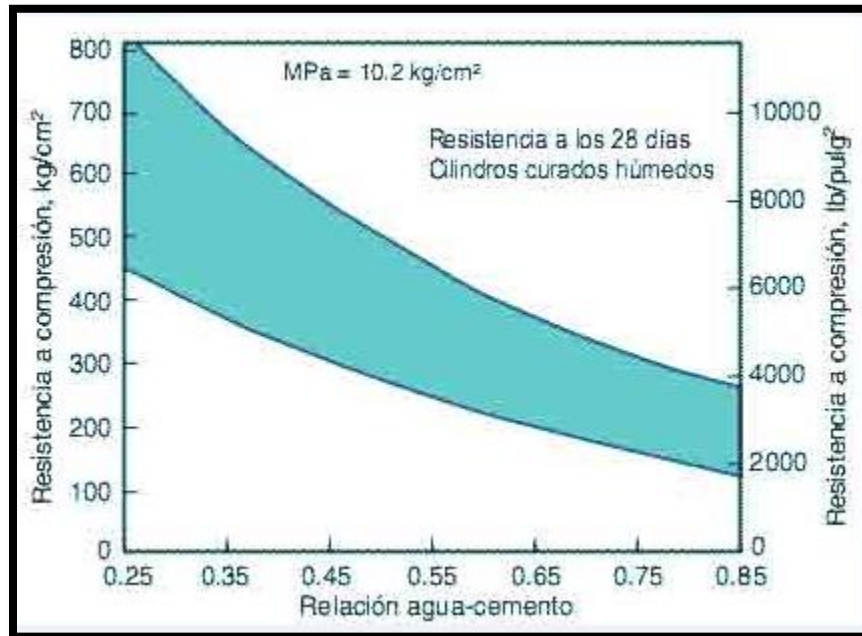


Fuente: Autor.

La tabla 2 muestra que según el ensayo realizado no arroja la gráfica de la curva granulométrica tamaño de partículas vs pasante acumulado %.

9.2.3 Relación agua / cemento

Tabla 3. Grafica de relación agua / cemento



Fuente: libro de concreto y ley de la relación de agua cemento (capítulo 3).

En la tabla 3 se puede observar la relación agua y cemento según la resistencia a compresión necesitada.

9.3 Registro fotográfico del sistema constructivo y de la elaboración de las muestras.

La toma de la muestra se realiza en la localización llamada Acordeonero 4, se aplican los 3 kg/m³ de fibra sintética según los resultados de este proyecto, esta localización es de propiedad de Gran Tierra Energy de Colombia en el Valle Medio del Magdalena.

Figura 13. Fundición de placa en fibra sintética.



Fuente: Autor.

Después de haber realizado los ensayos y el resultado del ensayo nos indica que la dosificación para un concreto de 3.000 psi se debe adicionar 3 kg/m³ se inicia con la fundida de la primera placa taladro en el campo Acordionero de propiedad de Gran tierra Energy con un área de 1500 m².

Figura 14. Toma de muestra de cilindros y losas (1).



Fuente: Autor.

En la figura 14 se puede observar la toma de muestras de cilindros para el ensayo a compresión, se toman 54 muestras para las diferentes dosificaciones de 2,3 y 4 kg/m³ de fibra sintética.

Figura 15. Toma de muestra de cilindros y losas (2).



Fuente: Autor.

Se realiza la toma de muestras de cilindros para el ensayo a compresión, se toman 54 muestras para las diferentes dosificaciones de 2,3 y 4 kg/m³ de fibra sintética.

Figura 16. Slump concreto.



Fuente: Autor.

En la figura 16 se realiza el ensayo del cono Slump para determinar el asentamiento del concreto.

9.4 Registro fotográfico de los ensayos.

Figura 17. Ensayos de compresión.



Fuente: Autor.

En la figura 17 se realiza el ensayo a compresion en el laboratorio de Ingeosulos de colombia en la ciudad de aguachica para los diferntes cantidades de fibra 2,3 y 4 kg/m³, en total se realizar 54 ensayos.

Figura 18. Ensayos a flexión



Fuente: Autor.

En la figura 18 se realiza el ensayo a la flexión en el laboratorio de Ingeosulos de Colombia en la ciudad de Aguachica para las diferentes cantidades de fibra 2,3 y 4 kg/m³, en total se realizaron 9 ensayos.

9.5 Ensayos a compresión con dosificación 2 Kg de fibra Sikafiber AD.

Tabla 4. Ensayos a compresión con dosificación de fibra Sikafiber AD (1).

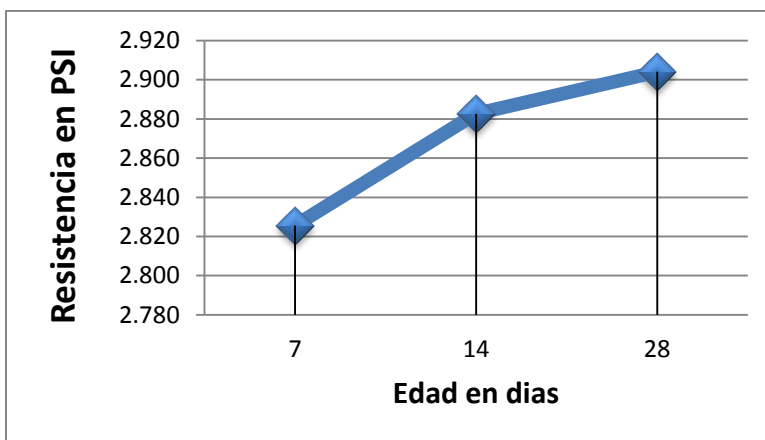
No	Ensayos	ADICION DE FIBRA (kg/m3)	FECHA FUNDIDA	FECHA ROTURA	EDAD (DIAS)	FORMA DE ROTURA	LONGITU D (cm)	DIAMETR O (cm)	AREA (in2)	MASA (g)	DENSIDA D (g/cm3)	LECTURA MAQUIN A (Kn)	RESISTEN CIA DE DISEÑO	RESISTENCIA OBTENIDA			% RESISTEN CIA	CUMPLI MIENTO	% NIVEL DE ACEPTACIO N
														kg/cm ²	MPa	psi			
1	Ensayos Laboratorios	2	01/03/2018	08/03/2018	7	C	30,1	15,1	27,75722	12680	2,35239	348,84	3000	198,6	19,5	2.826	94%	CUMPLE	70%
4	Ensayos Laboratorios	2	01/03/2018	15/03/2018	14	C	30,3	15	27,39079	12810	2,392404	351,18	3000	202,6	19,9	2.883	96%	CUMPLE	80%
7	Ensayos Laboratorios	2	01/03/2018	29/03/2018	28	C	30,2	15	27,39079	12767	2,392268	353,79	3000	204,2	20,0	2.904	97%	NO CUMPLE	100%
10	Ensayos Laboratorios	2	13/03/2018	20/03/2018	7	C	30,3	15,1	27,75722	12871	2,372063	347,58	3000	197,9	19,4	2.815	94%	CUMPLE	70%
13	Ensayos Laboratorios	2	13/03/2018	27/03/2018	14	C	30,3	15,3	28,49738	13160	2,362332	361,08	3000	200,3	19,6	2.849	95%	CUMPLE	80%
16	Ensayos Laboratorios	2	13/03/2018	10/04/2018	28	C	30,1	15,2	28,12608	12695	2,324286	359,1	3000	201,8	19,8	2.871	96%	NO CUMPLE	100%
19	Ensayos Laboratorios	2	23/03/2018	30/03/2018	7	C	30,1	15,2	28,12608	13015	2,382873	347,76	3000	195,4	19,2	2.780	93%	CUMPLE	70%
22	Ensayos Laboratorios	2	23/03/2018	06/04/2018	14	C	30,3	15,2	28,12608	13365	2,430802	351,18	3000	197,3	19,4	2.807	94%	CUMPLE	80%
25	Ensayos Laboratorios	2	23/03/2018	20/04/2018	28	C	30,2	15,2	28,12608	13055	2,382282	352,08	3000	197,9	19,4	2.814	94%	NO CUMPLE	100%
28	Ensayos Laboratorios	2	29/03/2018	05/04/2018	7	C	30,2	15,2	28,12608	12780	2,3321	334,08	3000	187,7	18,4	2.671	89%	CUMPLE	70%
31	Ensayos Laboratorios	2	29/03/2018	12/04/2018	14	C	30,1	15,3	28,49738	12985	2,346406	348,57	3000	193,3	19,0	2.750	92%	CUMPLE	80%
34	Ensayos Laboratorios	2	29/03/2018	26/04/2018	28	C	30	15,1	27,75722	12860	2,393736	347,58	3000	197,9	19,4	2.815	94%	NO CUMPLE	100%
37	Ensayos Laboratorios	2	06/04/2018	13/04/2018	7	C	29,7	15,1	27,75722	12450	2,340828	344,43	3000	196,1	19,2	2.790	93%	CUMPLE	70%
40	Ensayos Laboratorios	2	06/04/2018	20/04/2018	14	C	30,7	15,3	28,49738	13190	2,336867	355,59	3000	197,2	19,3	2.805	94%	CUMPLE	80%
43	Ensayos Laboratorios	2	06/04/2018	04/05/2018	28	C	30,2	15,2	28,12608	13112	2,392684	351,9	3000	197,8	19,4	2.813	94%	NO CUMPLE	100%
46	Ensayos Laboratorios	2	14/04/2018	21/04/2018	7	C	30,7	15,4	28,87111	13475	2,356457	362,79	3000	198,6	19,5	2.825	94%	CUMPLE	70%
49	Ensayos Laboratorios	2	14/04/2018	28/04/2018	14	C	30,4	15,2	28,12608	13425	2,433683	359,55	3000	202,1	19,8	2.874	96%	CUMPLE	80%
52	Ensayos Laboratorios	2	14/04/2018	12/05/2018	28	C	30,3	15,2	28,12608	13532	2,461176	361,17	3000	203,0	19,9	2.887	96%	NO CUMPLE	100%

Fuente: Autor.

Según el resultado de los ensayos para una cantidad de 2 kg/m³ de fibra sintética no cumple en testigos ensayado con edad de 28 días. Esto podría ser debido a fallas en la toma de muestras, alto contenido de aire, alto contenido de agua o deficiencias en el curado de la muestra. Lo anterior se deduce en el análisis de la gráfica donde para edades de envejecimiento de los concretos menores para la misma dosificación y mezcla se logró alcanzar los valores mínimos de aceptación.

9.5.1 Resultados del ensayo testigos

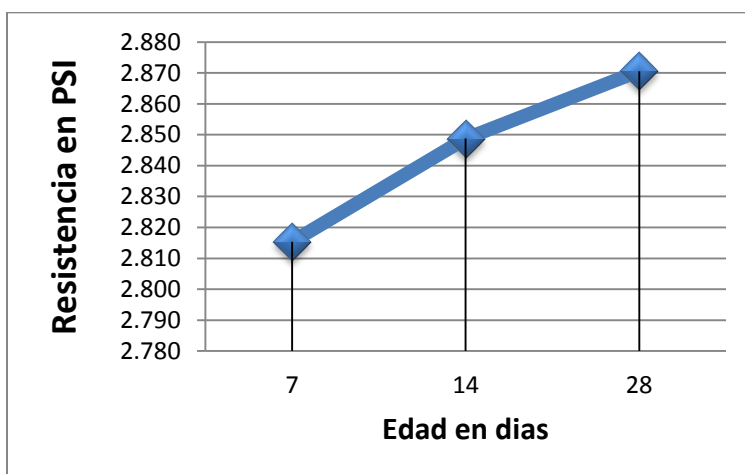
Tabla 5. Resultado del ensayo testigos marzo 2018.



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre los días primero (1) al veintinueve (29) de Marzo del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que no cumple con la resistencia de 3.000 psi.

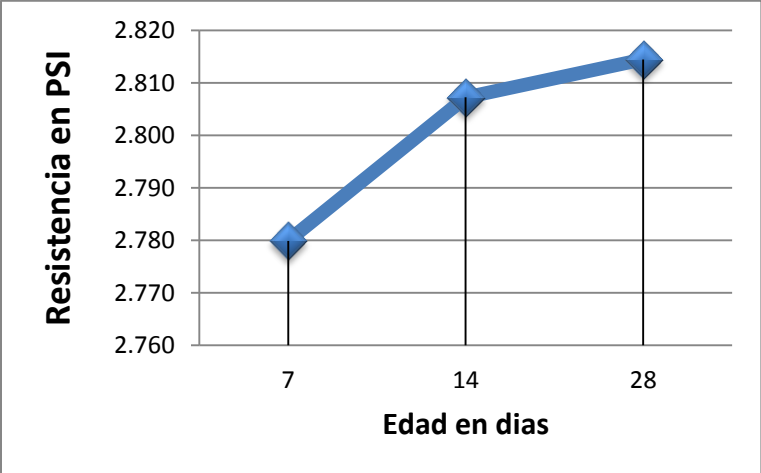
Tabla 6. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (1).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre los días trece (13) de Marzo al diez (10) de Abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que no cumple con la resistencia de 3.000 psi.

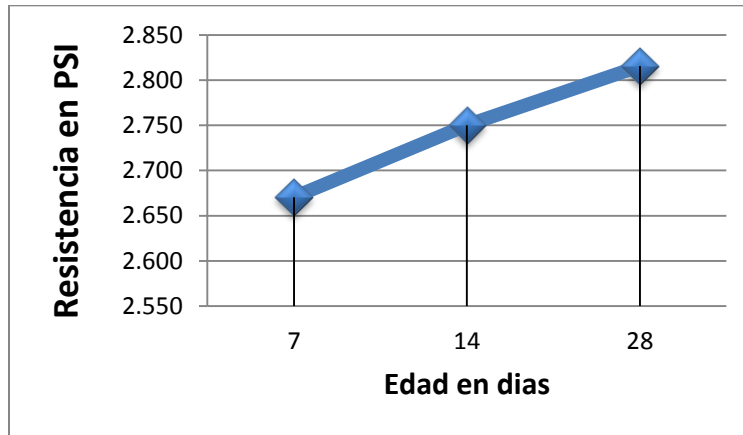
Tabla 7. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (2).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre los días veintitrés (23) de Marzo al veinte (20) de Abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que no cumple con la resistencia de 3.000 psi.

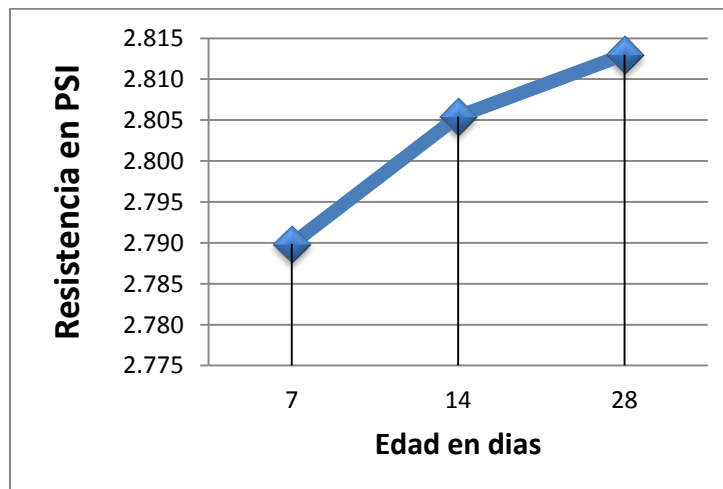
Tabla 8. Resultado del ensayo testigos Marzo - Abril de 2018 (3).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre los días veintinueve (29) de Marzo al veintiséis (26) de Abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que no cumple con la resistencia de 3.000 psi.

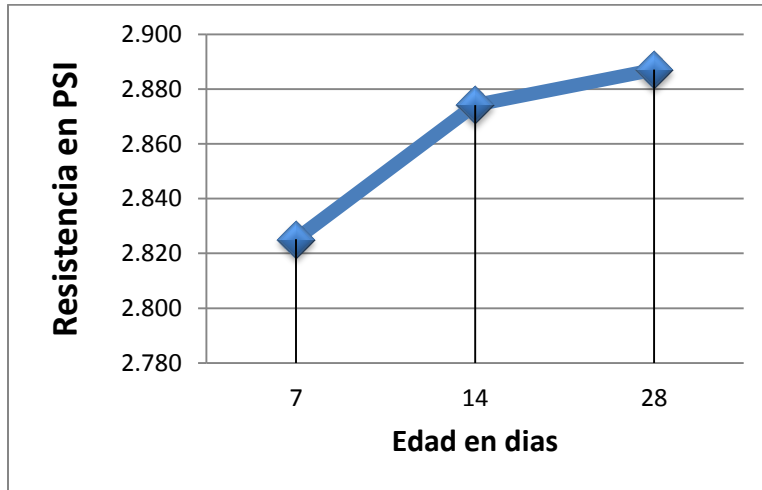
Tabla 9. Resultado del ensayo testigos Abril - mayo de 2018 (1).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre los días seis (6) de Abril al cuatro (4) de Mayo del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que no cumple con la resistencia de 3.000 psi.

Tabla 10. Resultado del ensayo testigos Abril - mayo de 2018 (2).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre los días catorce (14) de Abril al doce (12) de Mayo del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que no cumple con la resistencia de 3.000 psi.

9.6 Ensayos a compresión con dosificación 3 Kg de fibra Sikafiber AD

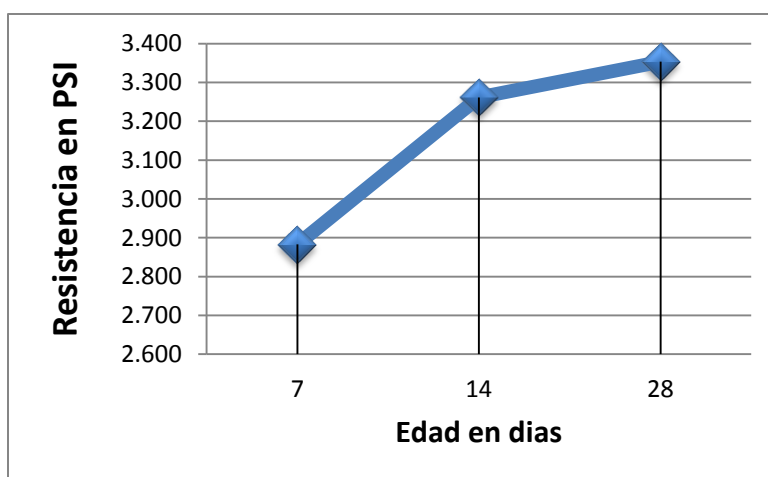
Tabla 11. Ensayos a compresión con dosificación de fibra Sikafiber AD (2).

No	Ensayos	ADICION DE FIBRA (kg/m3)	FECHA FUNDIDA	FECHA ROTURA	EDAD (DIAS)	FORMA DE ROTURA	LONGITU D (cm)	DIAMETR O (cm)	AREA (in2)	MASA (g)	DENSIDA D (g/cm3)	LECTURA MAQUIN A (Kn)	RESISTEN CIA DE DISEÑO (psi)	RESISTENCIA OBTENIDA			% RESISTEN CIA OBTENID	CUMPLI MIENTO	% NIVEL DE ACEPTAC ION
														kg/cm ²	MPa	psi			
2	Ensayos Laboratorios	3	07/02/2018	14/02/2018	7	C	30,3	15	27,39079	12810	2,392404	351,18	3000	202,6	19,9	2.883	96%	CUMPLE	70%
5	Ensayos Laboratorios	3	07/02/2018	21/02/2018	14	C	30,2	15	27,39079	12750	2,389083	397,35	3000	229,3	22,5	3.262	109%	CUMPLE	80%
8	Ensayos Laboratorios	3	07/02/2018	07/03/2018	28	C	30,5	15,2	28,12608	13270	2,397698	419,49	3000	235,7	23,1	3.353	112%	CUMPLE	100%
11	Ensayos Laboratorios	3	23/02/2018	02/03/2018	7	C	30,3	15,3	28,49738	13160	2,362332	359,73	3000	199,5	19,6	2.838	95%	CUMPLE	70%
14	Ensayos Laboratorios	3	23/02/2018	09/03/2018	14	C	30,4	15,1	27,75722	13125	2,410917	404,73	3000	230,5	22,6	3.278	109%	CUMPLE	80%
17	Ensayos Laboratorios	3	23/02/2018	23/03/2018	28	C	30,4	15,4	28,87111	13420	2,369998	427,77	3000	234,2	23,0	3.331	111%	CUMPLE	100%
20	Ensayos Laboratorios	3	01/03/2018	08/03/2018	7	C	30,3	15,2	28,12608	13365	2,430802	349,38	3000	196,3	19,3	2.793	93%	CUMPLE	70%
23	Ensayos Laboratorios	3	01/03/2018	15/03/2018	14	C	30,3	15,3	28,49738	13191	2,367897	416,16	3000	230,8	22,6	3.283	109%	CUMPLE	80%
26	Ensayos Laboratorios	3	01/03/2018	29/03/2018	28	C	30,1	15,2	28,12608	12600	2,306893	451,8	3000	253,9	24,9	3.612	120%	CUMPLE	100%
29	Ensayos Laboratorios	3	05/03/2018	12/03/2018	7	C	30,1	15,3	28,49738	12985	2,346406	348,57	3000	193,3	19,0	2.750	92%	CUMPLE	70%
32	Ensayos Laboratorios	3	05/03/2018	19/03/2018	14	C	30,1	15,1	27,75722	12525	2,323635	361,98	3000	206,1	20,2	2.932	98%	CUMPLE	80%
35	Ensayos Laboratorios	3	05/03/2018	02/04/2018	28	C	30,1	15,3	28,49738	12845	2,321107	380,9	3000	211,3	20,7	3.005	100%	CUMPLE	100%
38	Ensayos Laboratorios	3	12/03/2018	19/03/2018	7	C	30,7	15,3	28,49738	13190	2,336867	337,23	3000	187,0	18,3	2.661	89%	CUMPLE	70%
41	Ensayos Laboratorios	3	12/03/2018	26/03/2018	14	C	30,1	15,3	28,49738	13120	2,3708	422,91	3000	234,6	23,0	3.337	111%	CUMPLE	80%
44	Ensayos Laboratorios	3	12/03/2018	09/04/2018	28	C	30,3	15,2	28,12608	12955	2,356232	429,93	3000	241,6	23,7	3.437	115%	CUMPLE	100%
47	Ensayos Laboratorios	3	18/03/2018	25/03/2018	7	C	30,4	15,4	28,87111	13425	2,370881	357,93	3000	196,0	19,2	2.787	93%	CUMPLE	70%
50	Ensayos Laboratorios	3	18/03/2018	01/04/2018	14	C	30,4	15,4	28,87111	13575	2,397371	400,95	3000	253,2	24,8	3.602	120%	CUMPLE	80%
53	Ensayos Laboratorios	3	18/03/2018	15/04/2018	28	C	30,2	15,2	28,12608	13280	2,423341	447,48	3000	251,5	24,7	3.577	119%	CUMPLE	100%

Fuente: Autor.

Según el resultado de los ensayos para una cantidad de 3 kg/m³ de fibra sintética cumple para una resistencia de 3.000 psi y es el escogido como la dosificación perfecta ya que nos da el resultado requerido.

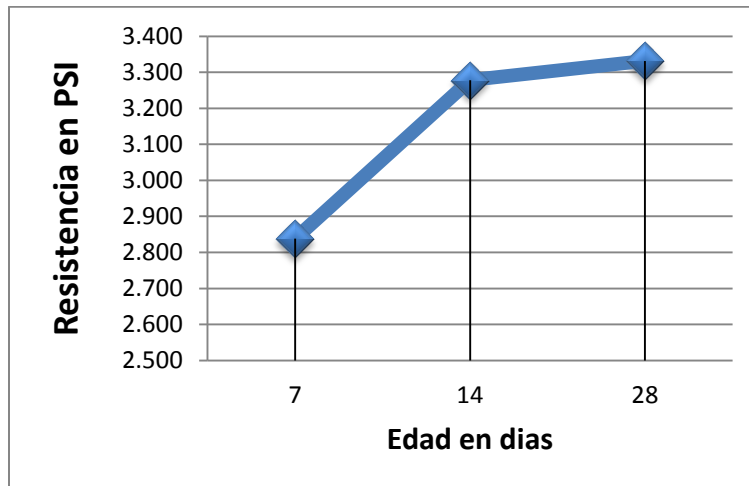
Tabla 12. Resultado del ensayo testigos febrero de 2018.



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el siete (7) al catorce (14) de Febrero del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que cumple con la resistencia de 3.000 psi.

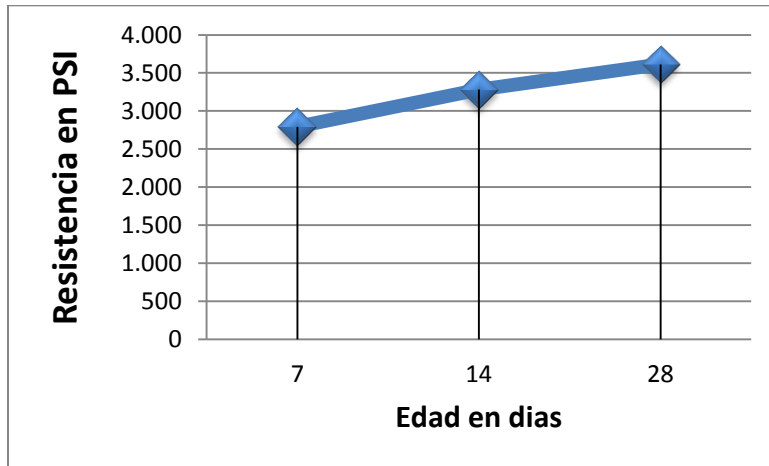
Tabla 13. Resultado del ensayo testigos de febrero - marzo de 2018 (1).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre los días veintitrés (23) de Febrero al veintitrés (23) de Marzo del presente año, esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que cumple con la resistencia de 3.000 psi.

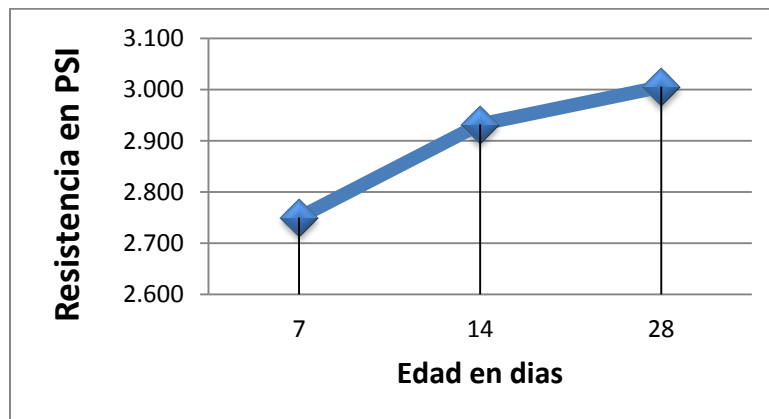
Tabla 14. Resultado del ensayo testigos marzo de 2018 (1).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el primero (1) al veintinueve (29) de Marzo del presente año, esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que cumple con la resistencia de 3.000 psi.

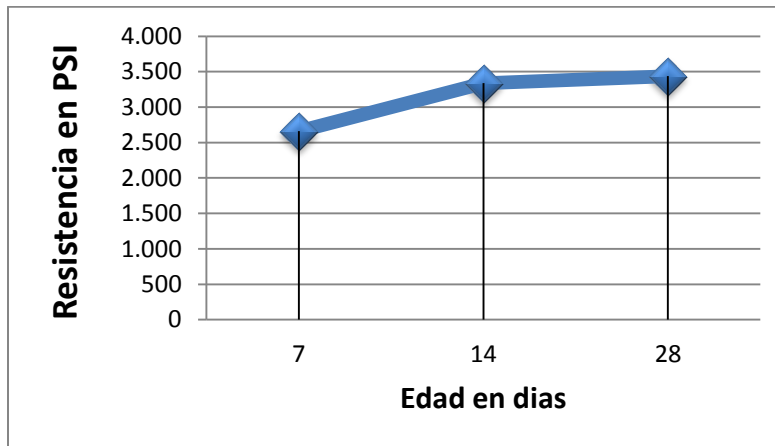
Tabla 15. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (4).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el cinco (5) de Marzo al dos (2) de Abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que cumple con la resistencia de 3.000 psi.

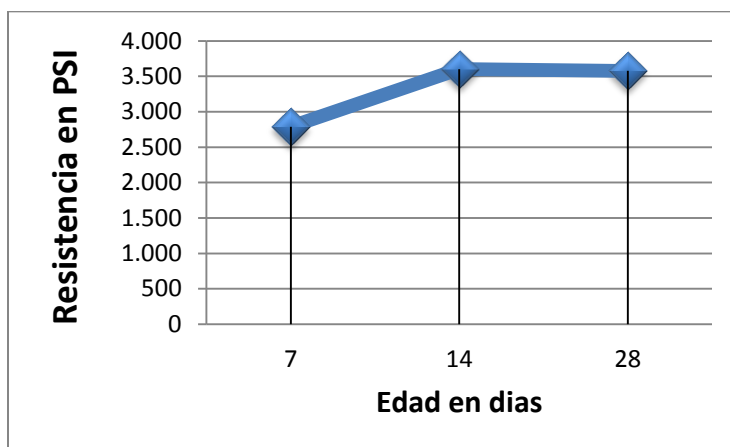
Tabla 16. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (5).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el doce (12) de Marzo al nueve (9) de Abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que cumple con la resistencia de 3.000 psi.

Tabla 17. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (5).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el dieciocho (18) de Marzo al quince (15) de Abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que cumple con la resistencia de 3.000 psi.

9.7 Ensayos a compresión con dosificación 4 Kg de fibra Sikafiber AD

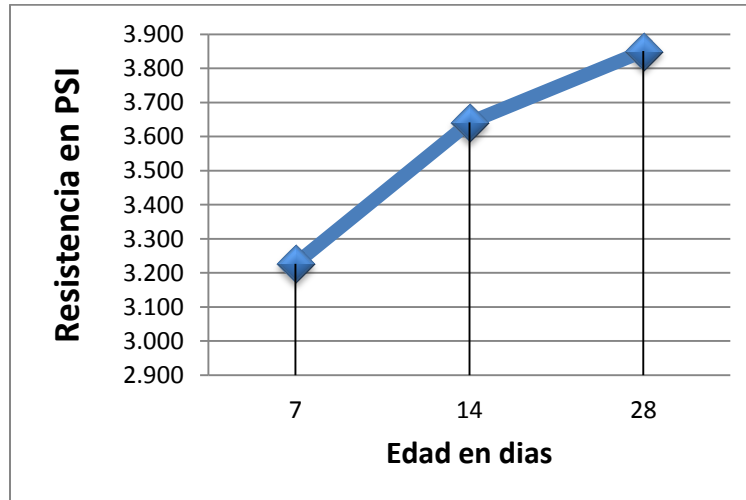
Tabla 18. Ensayos a compresión con dosificación de fibra Sikafiber AD (3).

No	Ensayos	ADICION DE FIBRA (kg/m3)	FECHA FUNDIDA	FECHA ROTURA	EDAD (DIAS)	FORMA DE ROTURA	LONGITU D (cm)	DIAMETR O (cm)	AREA (in2)	MASA (g)	DENSIDA D (g/cm3)	LECTURA MAQUIN A (Kn)	RESISTEN CIA DE DISEÑO (psi)	RESISTENCIA OBTENIDA			% RESISTEN CIA OBTENIDA	CUMPLI MIENTO	% NIVEL DE ACEPTACION
														kg/cm²	MPa	psi			
3	Ensayos Laboratorios	4	07/02/2018	14/02/2018	7	C	30,2	15	27,39079	12767	2,392268	393,1	3000	226,8	22,2	3.227	108%	CUMPLE	70%
6	Ensayos Laboratorios	4	07/02/2018	21/02/2018	14	C	30,1	15	27,39079	12683	2,384424	443,6	3000	256,0	25,1	3.641	121%	CUMPLE	80%
9	Ensayos Laboratorios	4	07/02/2018	07/03/2018	28	C	30,1	15	27,39079	12686	2,384988	469,1	3000	270,7	26,5	3.851	128%	CUMPLE	100%
12	Ensayos Laboratorios	4	23/02/2018	02/03/2018	7	C	30,1	15,2	28,12608	12695	2,324286	400,5	3000	225,1	22,1	3.201	107%	CUMPLE	70%
15	Ensayos Laboratorios	4	23/02/2018	09/03/2018	14	C	30	15	27,39079	12480	2,35408	450,1	3000	259,7	25,5	3.695	123%	CUMPLE	80%
18	Ensayos Laboratorios	4	23/02/2018	23/03/2018	28	C	30,5	15,3	28,49738	13020	2,321875	490	3000	271,8	26,7	3.866	129%	CUMPLE	100%
21	Ensayos Laboratorios	4	01/03/2018	08/03/2018	7	C	30,2	15,2	28,12608	13055	2,382282	383,6	3000	215,6	21,1	3.066	102%	CUMPLE	70%
24	Ensayos Laboratorios	4	01/03/2018	15/03/2018	14	C	30,2	15,3	28,49738	13220	2,38096	461,7	3000	256,1	25,1	3.643	121%	CUMPLE	80%
27	Ensayos Laboratorios	4	01/03/2018	29/03/2018	28	C	30	15,3	28,49738	12595	2,283519	497,8	3000	276,1	27,1	3.927	131%	CUMPLE	100%
30	Ensayos Laboratorios	4	05/03/2018	12/03/2018	7	C	30	15,1	27,75722	12860	2,393736	386,2	3000	219,9	21,6	3.128	104%	CUMPLE	70%
33	Ensayos Laboratorios	4	05/03/2018	19/03/2018	14	C	30,3	15,2	28,12608	12684	2,306943	439,6	3000	247,0	24,2	3.514	117%	CUMPLE	80%
36	Ensayos Laboratorios	4	05/03/2018	02/04/2018	28	C	29,7	15,1	27,75722	12623	2,373355	461,3	3000	262,7	25,8	3.737	125%	CUMPLE	100%
39	Ensayos Laboratorios	4	12/03/2018	19/03/2018	7	C	30,2	15,2	28,12608	13112	2,392684	377,2	3000	212,0	20,8	3.015	101%	CUMPLE	70%
42	Ensayos Laboratorios	4	12/03/2018	26/03/2018	14	C	30,1	15,1	27,75722	13203	2,449417	472,4	3000	269,0	26,4	3.826	128%	CUMPLE	80%
45	Ensayos Laboratorios	4	12/03/2018	09/04/2018	28	C	30	15,1	27,75722	13001	2,419982	482,6	3000	274,8	26,9	3.909	130%	CUMPLE	100%
48	Ensayos Laboratorios	4	18/03/2018	25/03/2018	7	C	30,3	15,2	28,12608	13532	2,461176	401,3	3000	225,5	22,1	3.208	107%	CUMPLE	70%
51	Ensayos Laboratorios	4	18/03/2018	01/04/2018	14	C	30,1	15,2	28,12608	13615	2,492726	439,5	3000	247,0	24,2	3.513	117%	CUMPLE	80%
54	Ensayos Laboratorios	4	18/03/2018	15/04/2018	28	C	30,3	15,2	28,12608	13525	2,459903	485,7	3000	272,9	26,8	3.883	129%	CUMPLE	100%

Fuente: Autor.

Según el resultado de los ensayos para una cantidad de 4 kg/m³ de fibra sintética cumple para una resistencia de 3.000 psi, pero sobrepasa la resistencia requerida, no fue el escogido ya que se puede ahorra 1 kg/m³ de fibra sintética.

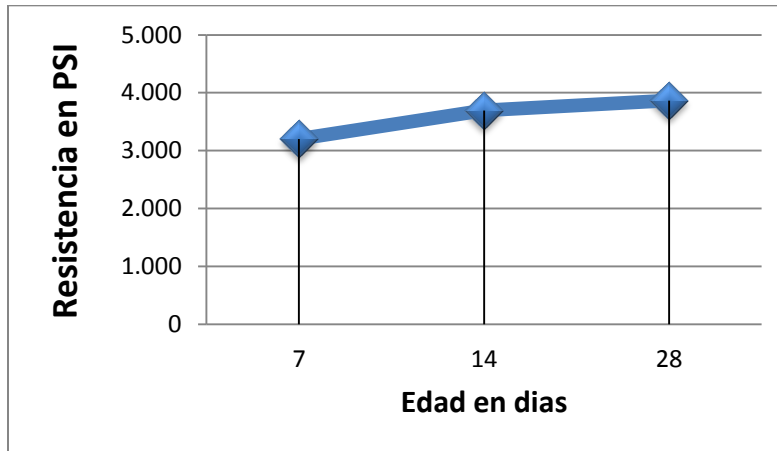
Tabla 19. Resultado del ensayo testigos febrero - marzo de 2018 (2).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el siete (7) de febrero y el siete (7) de marzo del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que sobrepasa la resistencia requerida.

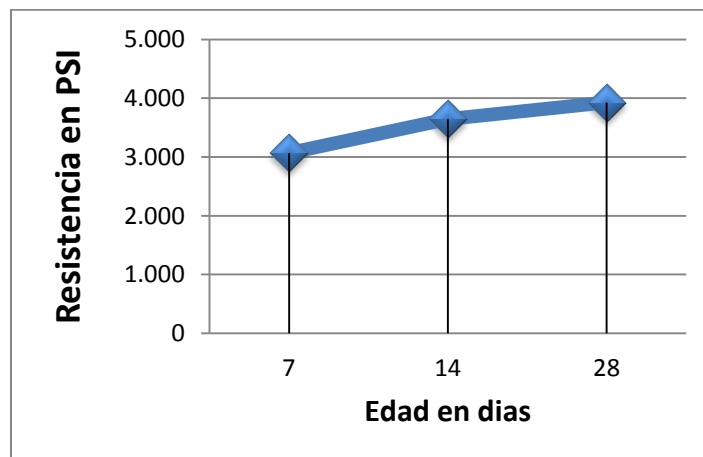
Tabla 20. Resultado del ensayo testigos de febrero - marzo de 2018 (3).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el veintitrés de (23) de Febrero al veintitrés (23) de Marzo del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que sobrepasa la resistencia requerida.

Tabla 21. Resultado del ensayo testigos de marzo de 2018 (2).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el primero (1) al veintinueve (29) de Marzo del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que sobrepasa la resistencia requerida.

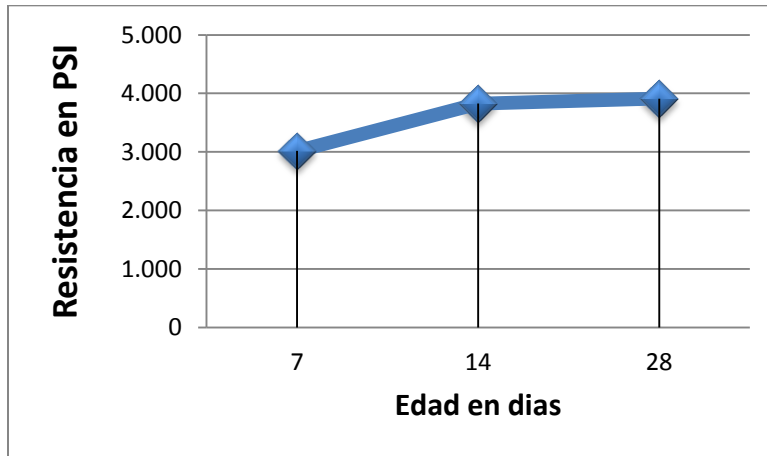
Tabla 22. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (6).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el cinco (5) de marzo al dos (2) de abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que sobrepasa la resistencia requerida.

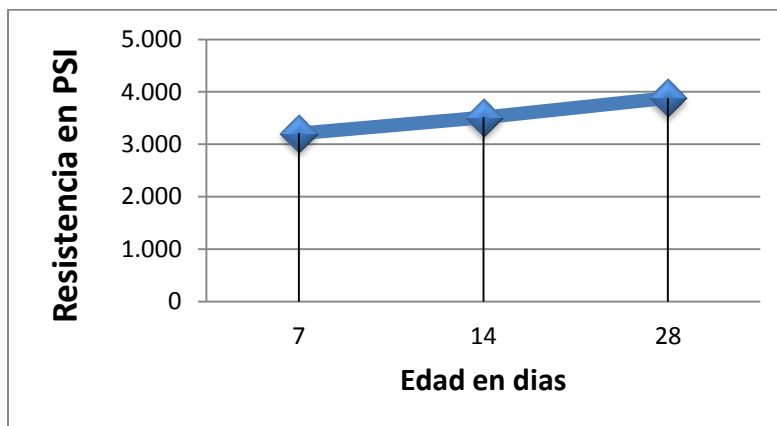
Tabla 23. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (7).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el doce (12) de Marzo al nueve (9) de abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que sobrepasa la resistencia requerida.

Tabla 24. Resultado del ensayo testigos Marzo - abril de 2018 (8).



Fuente: Autor.

La grafica anterior muestra el resultado del ensayo realizado entre el dieciocho (18) de marzo al quince (15) de abril del presente año, en esos días se realiza el ensayo a los 7-14-28 días, se puede observar que sobrepasa la resistencia requerida.

10 Ensayos a flexión con dosificación 2,3 y 4 Kg/m³ de fibra Sikafiber AD

Tabla 25. Ensayo de flexión con dosificación de fibra de Sikafiber AD.

Resistencia a la tensión por flexión

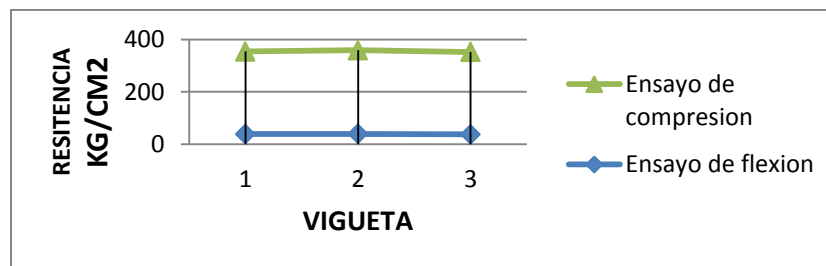
Identificación	Dosificación Kg/m ³	Resistencia a la compresión, fc', Kg/cm ²	Resistencia a la flexión, ff, Kg/cm ²	ff/fc' %	Resistencia a la tension ff/sqrt(fc')
1	2	353,79	39	11,02%	2,07
2	2	359,1	39,6	11,03%	2,09
3	2	352,08	37,9	10,76%	2,02
4	3	419,49	38,3	9,13%	1,87
5	3	427,77	38,7	9,05%	1,87
6	3	451,8	39,1	8,65%	1,84
7	4	469,1	41,2	8,78%	1,90
8	4	490	42,3	8,63%	1,91
9	4	497,8	42,5	8,54%	1,90

Fuente: Autor.

Se realiza los ensayos a tensión y flexión para una cantidad de 2,3 y 4 kg/m³ de fibra sintética, se realizan 9 ensayos.

10.1 Resistencia a la compresión vs resistencia a la flexión para dosificación de 2 km/m³ de fibra Sikafiber AD

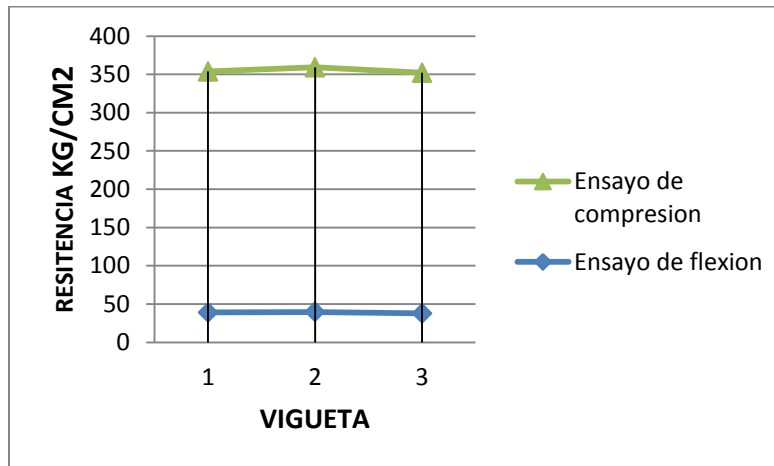
Tabla 26. Resistencia compresión vs Resistencia flexión (1).



Fuente: Autor.

10.2 Resistencia a la compresión vs resistencia a la flexión para dosificación de 3 km/m3 de fibra Sikafiber AD

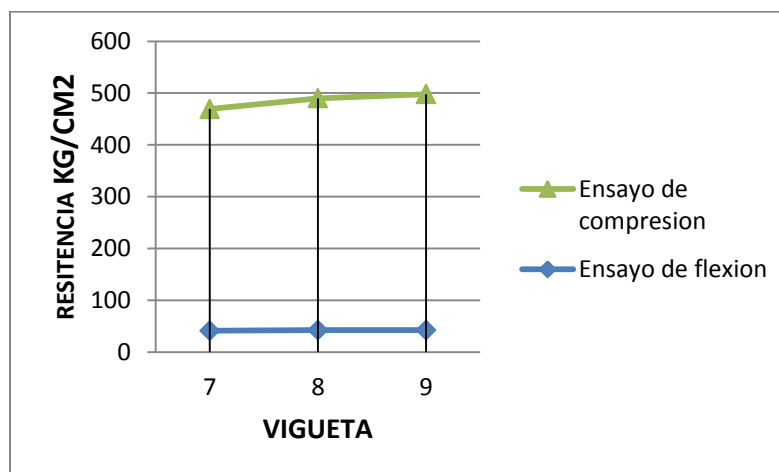
Tabla 27. Resistencia compresión vs Resistencia flexión (2).



Fuente: Autor.

10.3 Resistencia a la compresión vs resistencia a la flexión para dosificación de 4 km/m3 de fibra Sikafiber AD

Tabla 28. Resistencia compresión vs Resistencia flexión (3).



Fuente: Autor.

10.4 Evaluación económica

Producto de este estudio se aprobó por parte de gerencia de obras civiles de la compañía el remplazo del acero tradicional de las losas por fibra sintética con dosificación de 3 kg/m³ en los proyectos que relacionamos a continuación:

Tabla 29. Localización acordeonero 4-15-16-17-18-21ST.

Evaluación económica placa taladro Acordeonero 4						
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m ²)	espesor (m)	Total concreto (m ³)	Acero (Kg)	Valor total (\$)
acero refuerzo Q7	Acordeonero 4	1890	0,2	378	21357	\$ 435.592.836,00
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m ²)	espesor (m)	Total concreto (m ³)	Fibra (Kg)	Valor total (\$)
fibra Sikafiber AD	Acordeonero 4	1890	0,2	378	1134	\$ 285.810.336,00

La diferencia del remplazo del acero de refuerzo tradicional por la fibra sintetica no ahorramos un valor de:	\$ 149.782.500,00
% Ahorrado	34%

Fuente: Autor.

Figura 19. Localización acordeonero 4-15-16-17-18-21ST.



Fuente: Autor.

En esta localización se funde la placa taladro con un área de 1890 m² con un espesor de 20 cm, con adición de 3kg/m³ de fibra sintética, dando resultado adecuado, no se identifican fisuras, afectación a la losa.

Tabla 30. Localización Acordeonero 2-10-11-12-13-14i

Evaluación económica placa taladro Acordeonero 2-10-11-12-13-14i						
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m ²)	espesor (m)	Total concreto (m ³)	Acero (Kg)	Valor total (\$)
acero refuerzo Q7	Acordeonero 4	1500	0,2	300	16950	\$ 345.708.600,00
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m ²)	espesor (m)	Total concreto (m ³)	Fibra (Kg)	Valor total (\$)
fibra Sikafiber AD	Acordeonero 4	1500	0,2	300	900	\$ 226.833.600,00

La diferencia del remplazo del acero de refuerzo tradicional por la fibra sintetica no ahorramos un valor de:	\$ 118.875.000,00
% Ahorrado	34%

Fuente: Autor.

Figura 20. Localización acordeonero 2-10-11-12-13-14i



Fuente: Autor.

En esta localización se funde la placa taladro con un área de 1500 m² con un espesor de 20 cm, con adición de 3kg/m³ de fibra sintética, dando resultado adecuado, no se identifican fisuras, afectación a la losa.

Tabla 31. Localización acordeonero 6-20-22-23-24

Evaluación económica placa taladro Acordionero 6-20-22-23-24						
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m ²)	espesor (m)	Total concreto (m ³)	Acero (Kg)	Valor total (\$)
acero refuerzo Q7	Acordionero 4	1550	0,2	310	17515	\$ 357.232.220,00
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m ²)	espesor (m)	Total concreto (m ³)	Fibra (Kg)	Valor total (\$)
fibra Sikafiber AD	Acordionero 4	1550	0,2	310	930	\$ 234.394.720,00

La diferencia del remplazo del acero de refuerzo tradicional por la fibra sintetica no ahorramos un valor de:	\$ 122.837.500,00
% Ahorrado	34%

Fuente: Autor.

Figura 21. Localización acordeonero 6-20 en proceso de perforación y completamiento.



Fuente: Autor.

En esta localización se funde la placa taladro con un área de 1550 m2 con un espesor de 20 cm, con adición de 3kg/m3 de fibra sintética, dando resultado adecuado, no se identifican fisuras, afectación a la losa.

Tabla 32. Localización acordeonero 1-3-5-7-8-9.

Evaluación económica placa taladro Acordeonero 1-3-5-7-8-9						
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m2)	espesor (m)	Total concreto (m3)	Acero (Kg)	Valor total (\$)
acero refuerzo Q7	Acordeonero 4	2100	0,2	420	23730	\$ 483.992.040,00
Tipo de refuerzo	Localización	Área placa taladro (m2)	espesor (m)	Total concreto (m3)	Fibra (Kg)	Valor total (\$)
fibra Sikafiber AD	Acordeonero 4	2100	0,2	420	1260	\$ 317.567.040,00

La diferencia del remplazo del acero de refuerzo tradicional por la fibra sintetica no ahorramos un valor de:	\$ 166.425.000,00
% Ahorrado	34%

Fuente: Autor.

Figura 22. Localización acordeonero 1-3-5-7-8-9 estación del campo en proceso de construcción de todas las facilidades.



Fuente: Autor.

En esta localización se funde la placa taladro con un área de 2100 m² con un espesor de 20 cm, con adición de 3kg/m³ de fibra sintética, dando resultado adecuado, no se identifican fisuras, afectación a la losa.

11 CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio se verifica que la dosificación que cumple el estándar de resistencia es la de 3 kg/m³ y esta constituye nuestra recomendación de dosificación para la elaboración de los concretos para las losas a construir.

El incremento en la dosificación de fibras sintéticas a la mezcla de concreto no influye significativamente en el mejoramiento de la resistencia a flexión ni tensión de concreto.

El empleo de fibras sintéticas en las mezclas de concreto modifica su consistencia. La masa unitaria y el contenido de aire atrapado se modifican ligeramente. Por su parte, los consumos de fibras de polipropileno igual o mayor a 3 kg/m³ de concreto, reducen en forma importante el agrietamiento por contracción plástica.

La resistencia a tensión determinada en forma indirecta se modifica en menor cuantía, pero también sin tendencia definida.

Al usar las fibras sintéticas se contrarrestan casi en su totalidad las fisuras causadas por la contracción plástica y reduce el ancho de estas a menos de 0,05mm, las cuales son imperceptibles a simple vista.

Con la evaluación de costos realizada, la compañía logro un ahorro del 34% para la construcción de la placa taladro.

Con la aplicación de fibra sintética aparte de ahorrar en costos en el refuerzo, también se ahorra en recursos ya que únicamente el concreto se bombea, se extiende y se economiza en mano de obra que se requeriría para instalar el acero de refuerzo.

11.1 Sugerencias para estudios futuros

Se recomienda realizar para otras investigaciones de este tipo, el ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración dada por la ASTM C403.

Se recomienda para futuras investigaciones aumentar la dosificación de fibras sintéticas en las mezclas de concreto para determinar si repercuten favorablemente en la resistencia a la flexión y tensión del concreto.

12 REFERENCIAS

- BATAI Z., MCINTYRE M. (2002). Application of Fibrillated Polypropylene Fibers for Restraint of Plastic Shrinkage Cracking in Silica Fume Concrete, ACI Materials Journal.
- GOPALARATNAM, V, SHAH, S.P. (1986) “Properties of steel fiber reinforced concrete subjected to impact load” ACI Materials Journal, January, February. pp.117-126.
- HERMIDA, G. GARZÓN, O. LAMILLA, G. (2006). “Concreto de nuevo record de resistencia en Colombia”. Boletín del ACI #7 pp.4-9.
- Marzon, F. Maccaferri, B, L. (2010). Reunión del concreto 2010. Aplicación de microfibras en concretos y morteros.
- MINDESS, S. VONDRAN, G. (1988). “Properties of Concrete Reinforced with fibrillated polypropylene fibers under impact loading”. Cement and Concrete Research. V. 8, pp. 109-115.
- TATNALL, P. (2002). “Shotcrete in Fires: Effects of fibers on explosive spalling”. Shotcrete ASA, Fall p10-12.
- TROTTIER, J. MAHONEY, M. Forgeron, D. (2002). “¿pueden las fibras sintéticas reemplazar la malla electro soldada en losas sobre terreno?”. Concrete International, noviembre 2002. ACI- Seccional Colombiana. Boletín No. 11 2008 ACI Publicaciones Técnicas.
- “Sika Informaciones técnicas – Concreto reforzado con fibras”. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/63523105/SIKA-FIBRA>.
- Comportamiento de hormigones reforzados con y sin fibras de Cadima Marselo, Rosas Jorge, Aguirre Francisco.

- Influencia de la fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plásticos y endurecidos, Mendoza Carlos, Aire Carlos y Dávila Paula.
- Explorando el concreto reforzado con fibra INCOTEC.
- Verificación de las dosificaciones de fibras sintéticas para neutralizar las fisuras causadas por contracción plástica en el concreto, Garcia Pedro.
- Análisis del refuerzo residual en concreto para pavimentos rígidos con fibras metálicas y sintéticas, Mendoza Juan, Vaques Alberto, Villa Manuel.
- Norma ASTM C 496 (2004) “Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens” EEUU.
- Norma ASTM C 78. (2202). “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)” EEUU.
- Norma ASTM C 469. (2002). “Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson’s Ratio of Concrete in Compression” EEUU.
- Frederick S. Merrit. (1999) “MANUAL DEL INGENIERO CIVIL” TOMO I, México.
- Adam M. Neville. (1999) “TECNOLOGÍA DEL CONCRETO” México.