



# Aplicación de Placas Colaborantes y Fibromac 12 para mejorar la resistencia de las losas en un Centro Comercial de Miraflores, Lima

*Application of Collaborating Plates and Fibromac 12 to improve the resistance of the slabs in a Shopping Center in Miraflores, Lima*

Haldor Sánchez Hernández<sup>1</sup> Margarita Murillo Manrique<sup>2</sup>

RECIBIDO: 07 de julio del 2022

ACEPTADO: 01 de setiembre del 2022

## RESUMEN

La investigación fue motivada por los diversos materiales que actualmente se comercializan para la mejora de los indicadores del concreto de losas. En este sentido, el objetivo describe y explica la colocación de las placas colaborantes, la dosificación y el fisuramiento en las losas colaborantes y de qué manera la Fibromac12 aporta resistencia al concreto de las losas en el estacionamiento de un centro comercial en Miraflores, Lima. El método de la investigación es la revisión de material bibliográfico, manuales y protocolos de calidad para determinar la aplicación de las placas colaborantes sobre la estructura existente y el comportamiento de la resistencia del concreto de las losas debido al Fibromac12, a partir de la actividad de uso del estacionamiento del centro comercial. Los resultados encontrados evidencian que la colocación de las placas presenta tres apoyos típicos A, B y C, definidos en el manual constructivo; respecto a la dosificación y

## ABSTRACT

The present research aims to describe and explain the placement of the collaborating plates, the dosage and the cracking in the collaborating slabs and how Fibromac12 provides resistance in the concrete of the slabs in the parking lot of a shopping center in Miraflores -Lima. The procedure for the investigation considered the review of bibliographic material, manuals and quality protocols to determine the application of the collaborating plates

fisuramiento se determinó que el Fibromac12 mejoró en 21% la calidad del concreto; finalmente, las fisuras se clasificaron según su espesor y patrón, lo que nos permitió evaluar estos con más detenimiento. Las conclusiones establecen que las placas colaborantes requieren ser colocadas con un apoyo mínimo de 12 mm para el tipo A y de 40 mm para el apoyo tipo B. La dosificación del concreto que incorpore 71 gramos de Fibromac12 por bolsa de cemento incrementa la calidad del concreto a los 28 días, lo que mejora su resistencia, en promedio, un 21%. Y, con respecto al fisuramiento, no se encontraron patrones de fisuras por contracción plástica, por lo que el Fibromac12 sí lo estaría controlando.

**Palabras clave:** losas colaborantes, placa colaborante, dosificación, fisuras, fibromac12

on the existing structure and the behavior of the concrete resistance of the slabs due to Fibromac12, considering the activity of use of the downtown parking. The results found show that the placement of the plates presents three typical supports A, B and C defined in the construction manual; Regarding dosage and cracking, it was determined that Fibromac12 improved the quality of the concrete by 21%, finally the cracks were classified according to their thickness and pattern, which allowed us to

<sup>1</sup> Estudiante de la asignatura Taller de Investigación en Ingeniería I Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. <[haldor.sanchez@urp.edu.pe](mailto:haldor.sanchez@urp.edu.pe)>

<sup>2</sup> Ingeniera Electricista de la Universidad Nacional del Callao, Doctora en Educación, Magister en Gestión y Docencia Universitaria - UCV, estudios de postgrado en Ingeniería de Sistemas UNI, Bachiller Profesional en Electricidad y Electrónica- ESEP-José Pardo. Doctora Honoris Causa por la UNDAC. Metodóloga en el programa TITES-FI-URP. Docente de las asignaturas de Metodología de Investigación en Ingeniería, Taller de Investigación en Ingeniería I. Docente en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Docente RENACYT [P0039523](https://orcid.org/0000-0003-2580-0082) <https://orcid.org/0000-0003-2580-0082> Scopus Author ID: 57211356705. <[margarita.murillo@urp.edu.pe](mailto:margarita.murillo@urp.edu.pe)>

determine the cracking patterns. The conclusions establish that the collaborating plates need to be placed with a minimum support of 12 mm for type A and 40 mm for type B support. The concrete dosage incorporating 71 grams of Fibromac12 per bag of cement increases the concrete quality at 28 days, improving on average

21% of its resistance and with respect to cracking, no plastic shrinkage cracking patterns were found, so Fibromac12 is controlling this type of cracking.

**Key words:** deck slabs, steel deck, dosage, cracks, fibromac12

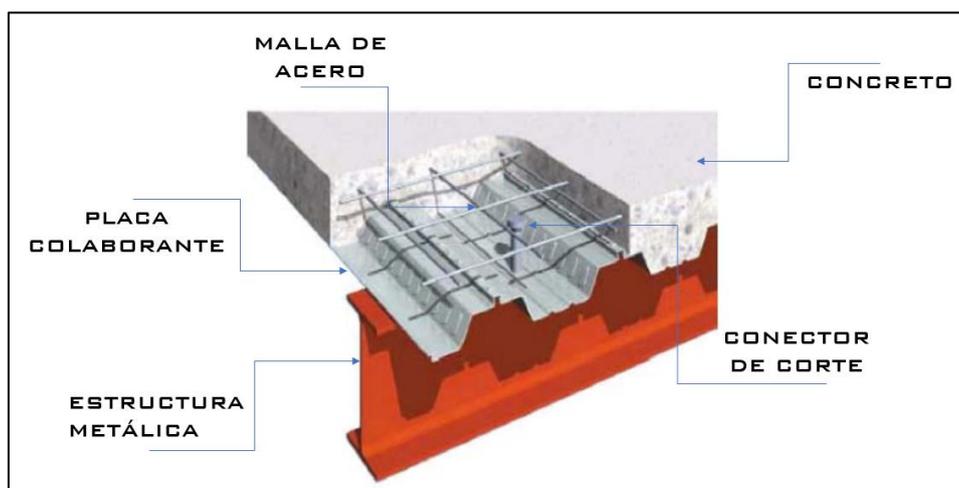
## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación, en su desarrollo, describe la evolución de los sistemas de entrepiso de las estructuras. Según [1], esta tecnología de losas colaborantes surge como una alternativa a las clásicas losas macizas y aligeradas, debido a sus diversas ventajas como los cortos tiempos de instalación, menor cantidad de materiales, menor peso, entre otros, que hacen de este sistema una opción muy recomendada. Esta es la razón que nos motiva a investigar y analizar la forma de la instalación actual de las placas colaborantes y evaluar su colocación para asegurar su funcionamiento sobre la estructura existente, así como evaluar si la Fibromac12 aporta resistencia en el concreto de las losas, en función a las necesidades del tipo de uso de las estructuras. Buscamos que los resultados obtenidos sirvan de base para incentivar a mejores diseños y mayor criterio al momento de utilizar este sistema constructivo. El objetivo fue determinar la situación del sistema constructivo de losas colaborantes en base a los referentes teóricos, investigaciones realizadas y los requerimientos normativos en la construcción civil, a fin de asegurar el correcto comportamiento de la nueva estructura en este caso aplicada en los estacionamientos.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### a. Sistema de Losas Colaborantes

El sistema de losa colaborante es conocido por su nombre tecnológico como láminas de acero formadas en frío (Steel Deck). Este forma parte de un sistema de losas de entrepiso y de cubierta que incorpora una losa de concreto reforzada vaciada sobre láminas y que actúa de manera monolítica conformando una sección compuesta. Como consecuencia, la lámina tiene la propiedad de actuar como refuerzo de la losa, por lo que se le conoce como lámina colaborante. En este sentido, [1] considera que el sistema se puede utilizar en edificios donde la estructura principal está hecha de concreto o de acero y, además, debe conectarse adecuadamente a las vigas principales de apoyo para servir de diafragma estructural. Adicionalmente, [1] explica que el sistema puede apoyarse convenientemente sobre muros estructurales de concreto armado o muros de mampostería. Por tanto, en la figura 1, se muestra el esquema general del sistema estructural de entrepiso Steel Deck y se visualiza el concreto, la plancha colaborante, el acero de refuerzo, conectores de corte y la viga de apoyo; además de las losas mixtas y el comportamiento mecánico.



**Figura 1.** Partes de la losa colaborante [1]

## b. Concreto

Respecto al concreto, [7] lo define como un material constituido por la mezcla con ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y, opcionalmente, aditivos. Su presentación inicial denota una estructura plástica y moldeable que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo cual hace que sea un material ideal para la construcción.

## c. Fibras

Respecto a las fibras, [10] los describe como materiales que tuvieron usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal, entre otros.. Estas fibras, conocidas como 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. Al respecto del uso de las fibras naturales como un componente en materiales de relleno o aglomerantes, no es nueva su aplicación, sino que se remonta varios años atrás. Así, existen referencias de experimentación con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos). En [11], se señala que el uso más extendido de las fibras como un componente adicional en materiales aglomerantes fue en elementos como tejas o prefabricados de asbesto-cemento. De aquí viene el análisis para el caso de las fibras de asbesto que confiere al material el monolitismo y la resistencia a la tensión propiedades que se buscan en el concreto. Sin embargo, por consideraciones de salud, estas fibras de asbesto han sido sustituidas por otras de diferentes materiales que no tienen ningún efecto sobre la salud humana.

Por tanto, respecto a las fibras que son fabricadas industrialmente, [12] lo describe como un material sintético y de acero con bajo contenido de carbono, por lo que la incorporación de las fibras tanto sintéticas como metálicas en el concreto se puede realizar antes o durante el mezclado de los materiales utilizados en la producción del mismo. Asimismo, [12] recomienda que las fibras para la producción del concreto reforzado se dosifiquen con base a las recomendaciones técnicas de los fabricantes y esta se considere  $\text{kg/m}^3$  como medida; de acuerdo con la dosificación utilizada se puede requerir de plastificantes, ya que una alta dosificación de fibras puede reducir el revenimiento del concreto.

Finalmente, de acuerdo con [11], las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones, (ASFM 1116, EN 14889, EN 14889-2). En la actualidad, se emplean principalmente dos tipos de clasificación: Fibras de acuerdo al material y fibras por funcionalidad, geometría y dosificación.

c.1 Respecto a las fibras de acuerdo al material, [11] los divide en las siguientes:

- **Fibras metálicas:** presentan secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100).
- **Fibras sintéticas:** tienen secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por acrílico, aramid, carbón, polipropileno, poliestileno, nylon, poliéster, etc.
- **Fibras de vidrio:** cuenta con secciones discretas de fibra de vidrio que son resistentes al álcali.
- **Fibras naturales:** posee secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, entre otros, cuyos diámetros varían entre 0,5 y 0,2 mm, con valores de absorción superiores al 12%.

c.2 Fibras por funcionalidad, geometría y dosificación, [11] los divide en las siguientes:

- **Microfibras:** su aplicación es evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas, para lo que se dosifican para volúmenes de entre 0,03% a 0,15% del concreto.



**Figura 2.** Fotografía de microfibras [11]

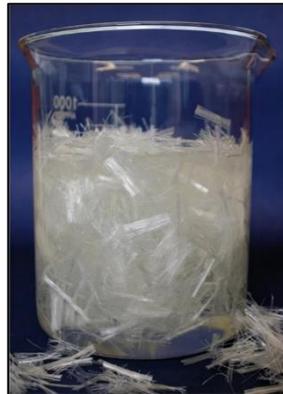
- **Macrofibras:** para este tipo de fibra, [11] resalta sus propiedades particulares como que están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si esta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada; sin embargo, recomienda que las dosificaciones más frecuentes a utilizarse deben oscilar entre 0,2% a 0,8% del volumen del concreto.

Por consiguiente, las microfibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0,05 mm a 2,00 mm. Como se muestra en la figura 3, la relación de aspecto longitud /diámetro (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100.



**Figura 3.** Fotografía de macrofibras [11]

- **Fibra de Polipropileno Fibromac 12:** sobre la base de la definición de [12], esta es una fibra de multifilamentos producida a partir de polipropileno. Sus propiedades resaltan debido a que es incorporada a una mezcla de base (concreto, mortero, etc.) con el fin de constituir un compuesto homogéneo y controlar la fisuración por retracción. Este suele ser el tipo de fibra que se utilizará para la investigación.



**Figura 4.** Fibromac 12. Maccaferri América Latina (2020)

#### d. Fisuración en el concreto

Para [6], este tipo de falla conocido como fisuración en el estado fresco se divide en:

- **Fisuración plástica:** se presenta cuando el concreto se contrae en la medida que el agua presente en la mezcla reacciona químicamente con los materiales cementantes después de iniciado el proceso de fraguado y la ganancia de resistencias. Así, los elementos de concreto sufren normalmente contracciones que generan fisuras de manera severa.
- **Retracción plástica:** este tipo de fisuras suele presentarse con anchos apreciables en las grietas entre 0.2 mm y 0.4 mm. Son de escasa profundidad y generalmente se dan a las seis horas de haber vertido el concreto sobre el elemento de interés como se aprecia en la figura 5.



**Figura 5.** Representación típica de fisuración por retracción plástica

Generalmente este tipo de fisuración tiene direcciones que coinciden de manera predominante con las zonas donde se encuentra la menor cantidad de armadura de refuerzo y, además, coincide con la dirección en la que el viento se mueve durante la puesta en obra. Por otro lado, suelen depender de variaciones en el espesor del elemento de concreto. Al respecto, [6] establece que las principales causas de mayor importancia son la evaporación rápida del agua de la superficie, la velocidad lenta de exudación, relaciones agua-cemento altas, exceso de finos en la arena, empleo de cementos o retardantes inadecuados, mal curado o temperaturas ambientales o del viento demasiado agresivas.

**e. Control de Calidad en el concreto**

Según las normas especificados en [10], la calidad de materiales producidos en planta, tales como aceros estructurales o de refuerzo, es garantizada por el productor, quien practica controles sistemáticos de calidad especificados usualmente por las normas ASTM pertinentes. Por el contrario, [8] describe que el concreto es producido en o muy cerca del sitio de construcción y su calidad final se ve afectada por factores que han sido discutidos brevemente. Por tanto, según [8] y [10], se concluye que el control de calidad sistemático debe instituirse en el sitio de construcción.

Respecto a la calidad, [8] sustenta que la principal medida de la calidad estructural del concreto es su resistencia a la compresión. En consecuencia, los ensayos para medir esta propiedad se realizan sobre especímenes cilíndricos de altura igual a dos veces el diámetro, usualmente 6x12 pulgadas. Su procedimiento consiste en que los moldes impermeables de esta configuración se llenen con concreto durante la operación de colocación tal como lo especifica la norma ASTM C172, “Standard Method of Sampling Freshly Mixed Concrete” y la norma ASTM C31, “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field”. Respecto a los cilindros, estos se curan al vapor aproximadamente a 21°C, generalmente por 28 días, y posteriormente se ensayan en el laboratorio a una tasa de carga específica. Finalmente, [8] precisa que la resistencia a la compresión obtenida de tales ensayos se conoce como resistencia del cilindro  $f'_c$  y es la principal propiedad para propósitos de diseño.

**f. Identificación de los apoyos de la losa sobre la estructura**

En la figura 6, según lo descrito en [1] y [8], se muestran los detalles constructivos, correspondiente a uniones con vigas metálicas propuesto en el manual constructivo de SENCICO-ACERO DECK, el cual nos servirá para determinar si las placas se encuentran correctamente unidas a la estructura, lo cual nos garantizará la rigidez de la losa.

**g. Evaluación y aceptación del concreto**

Para poder evaluar correctamente la calidad del concreto, la Norma E.060 Concreto Armado (2020), especificado en [10], nos indica que:

El concreto debe ensayarse de acuerdo con los requisitos de las reglas 5.6.2 a 5.6.5, las cuales especifican que los ensayos de concreto fresco realizados en obra tales como la preparación de

probetas que requieran de un curado bajo condiciones de obra, la preparación de probetas que se vayan a ensayar en laboratorio y el registro de temperaturas del concreto fresco mientras se preparan las probetas para los ensayos de resistencia, deben ser realizados por técnicos de laboratorio calificados. Por tanto, [10] especifica que la resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a  $f'c$ .
- Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que  $f'c$  en más de 3.5 MPa, cuando  $f'c$  es 35 MPa o menor, o en más de  $0.1f'c$  cuando  $f'c$  es mayor a 35MPa

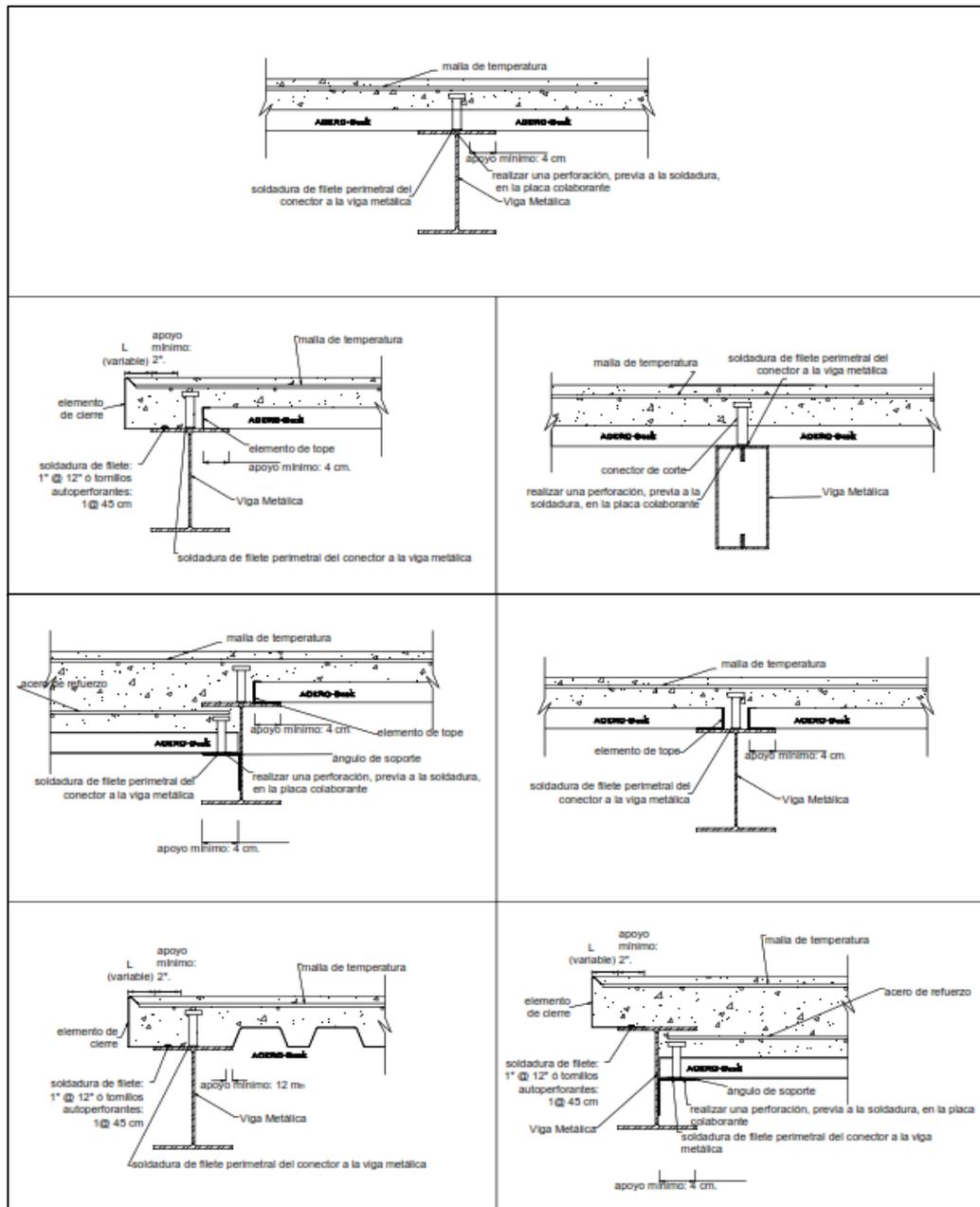


Figura 6. Detalle constructivo de apoyos sobre vigas metálicas [1][8]

Además, según [10], debe cumplirse con al menos uno de los dos requisitos del 5.6.3.3, y tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los ensayos de resistencia. Además, señala que, para poder llevar a cabo esta evaluación, utilizaremos protocolos de calidad e informes de laboratorio de rotura de probetas.

**h. Mediciones e inspección visual de fisuramiento en las losas**

Al respecto, [5] y [6] sobre la retracción plástica sostienen que este tipo de fisuras suele presentarse con apreciables anchos en las grietas entre 0.2 mm y 0.4 mm, pero son de escasa profundidad y generalmente se dan a las seis horas de haber vertido el concreto sobre el elemento de interés, como se observa en la figura 7.

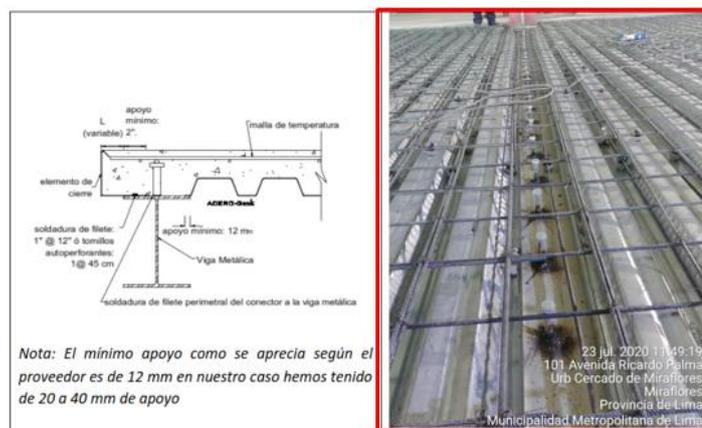
Según los autores, generalmente las fisuras tienen direcciones que coinciden de manera predominante con las zonas donde se encuentra la menor cantidad de armadura de refuerzo y además coinciden con la dirección en la que el viento se mueve durante la puesta en obra. Por otro lado, [6] sustenta que esta situación suele depender de variaciones en el espesor del elemento de concreto.

**Figura 7. Representación típica de fisuración por retracción plástica [5]**



**3. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos de las placas colaborantes y la Fibra de Polipropileno Fibromac 12 se presentan en las figuras 8, 9 y 10, en las que se especifican los tipos de apoyo sobre viga tipo A y B propuesto por SENCICO y ACERODECK.



**Figura 8. Apoyo de placa colaborante sobre viga tipo A**

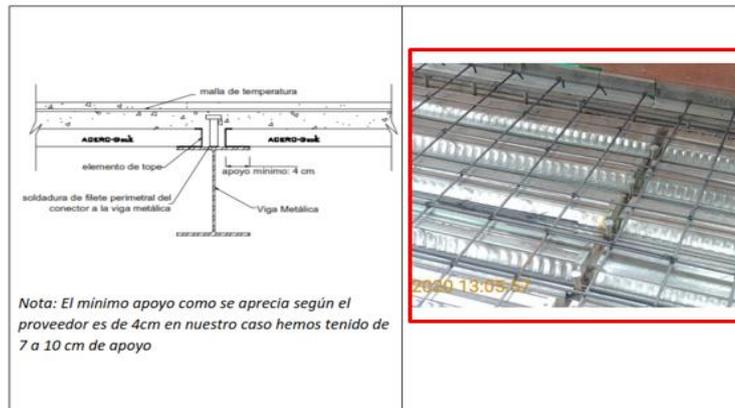


Figura 9. Apoyo de placa colaborante sobre viga tipo B

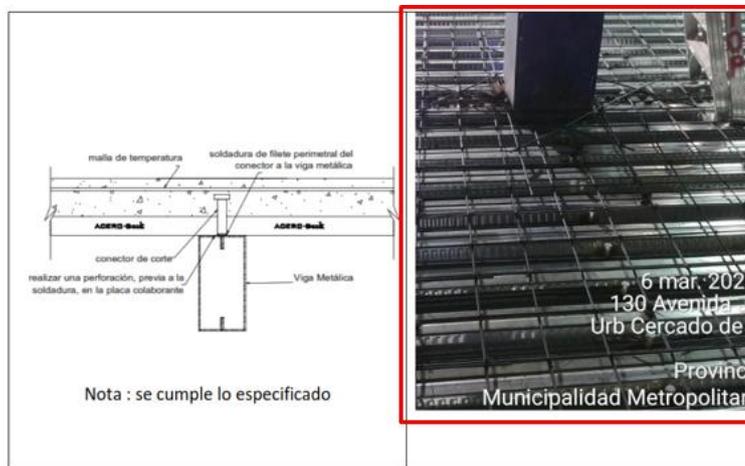
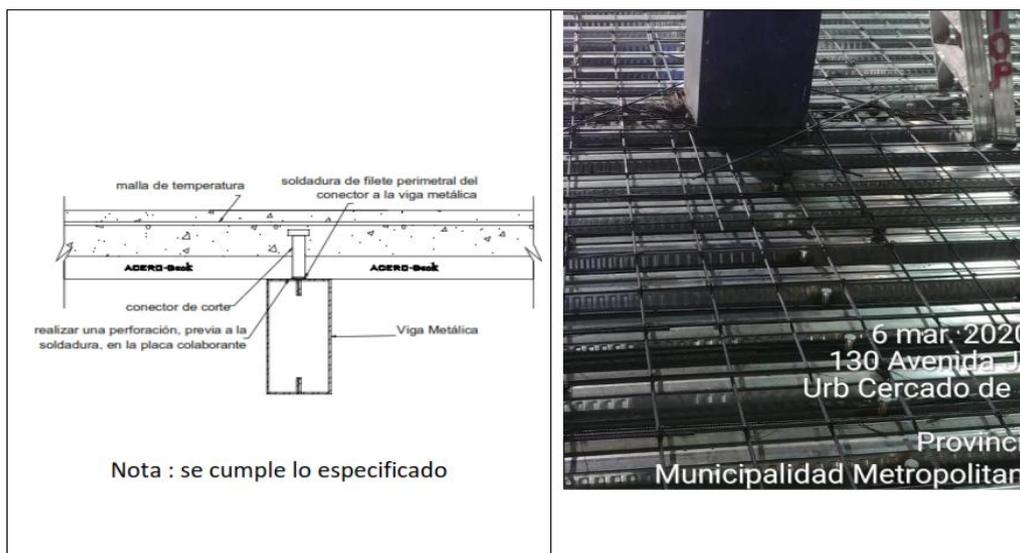


Figura 10. Apoyo de placa colaborante sobre viga tipo C

APOYO TIPO C:



Las figuras mostradas corresponden a la modulación de las planchas metálicas, tal como se muestra en la parte derecha de cada figura, las cuales especifican cómo fue colocada en campo. Esto nos sirvió para verificar si las planchas metálicas tienen la unión correcta a la estructura y poder extrapolar una de las conclusiones de [3], que concluye que la resistencia de la estructura depende de la adecuada conexión entre el concreto y el acero.

Así también, en las figuras 11a y 11b, se muestran un recorte de los informes de diseño de mezcla, en el que se indica la resistencia característica de diseño. Este será comparado con los 3 informes de laboratorio

**INFORME DE ENSAYO N° C015/2020**

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
Método Norma Técnica Peruana 334.034:2015

---

Peticionario: CONTRATISTA TOP CONSULT INGENIERIA  
 Proyecto/Obra: REMODELACION FALABELLA MIRAFLORES  
 Ubicación: MIRAFLORES  
 Elemento: V15N4-01 V15N4-02 V15N4-03  
 Atención: ING. HALDOR SANCHEZ  
 Fecha de ensayo: 24/08/2020  
 Fecha de emisión: 24/08/2020  
 Observaciones:  
 - Muestra proporcionada e identificada por el Cliente.  
 - Los resultados del ensayo se aplican a la muestra como se recibió.  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 - El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

---

DATOS DE LA PRENSA  
 Marca: ELE - INTERNATIONAL    Modelo/ Parte: 39-2690/06    N° de serie: 36-0650-10002

N°	DESCRIPCIÓN	f'c Diseño (kgf/cm2)	GUÍA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIÁMETRO PROMEDIO (mm)	AREA (mm²)	TIPO DE FALLA	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPa)	PROMEDIO	RESISTENCIA (kgf/cm²)	PROMEDIO
1	V15N4-01	280	HECHO EN OBRA	27/07/2020	24/08/2020	28	1508.0	17860.5	2	59910	588	32.9	32.5	335	331
2	V15N4-02						1508.0	17860.5	3	59116	580	32.5		328	
3	V15N4-03						1508.0	17860.5	3	58555	574	32.2		328	

*Informes de laboratorio con resultados de los ensayos en probetas V15*

---

**INFORME DE ENSAYO N° C017/2020**

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
Método Norma Técnica Peruana 334.034:2015

---

Peticionario: CONTRATISTA TOP CONSULT INGENIERIA  
 Proyecto/Obra: REMODELACION FALABELLA MIRAFLORES  
 Ubicación: MIRAFLORES  
 Elemento: V17N6-01 V17N6-02 V17N6-03  
 Atención: ING. HALDOR SANCHEZ  
 Fecha de ensayo: 28/08/2020  
 Fecha de emisión: 28/08/2020  
 Observaciones:  
 - Muestra proporcionada e identificada por el Cliente.  
 - Los resultados del ensayo se aplican a la muestra como se recibió.  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 - El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

---

DATOS DE LA PRENSA  
 Marca: ELE - INTERNATIONAL    Modelo/ Parte: 39-2690/06    N° de serie: 36-0650-10002

N°	DESCRIPCIÓN	f'c Diseño (kgf/cm2)	GUÍA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIÁMETRO PROMEDIO (mm)	AREA (mm²)	TIPO DE FALLA	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPa)	PROMEDIO	RESISTENCIA (kgf/cm²)	PROMEDIO
1	V17N6-01 V17N6-02 V17N6-03	280	HECHO EN OBRA	31/07/2020	28/08/2020	28	1508.0	17860.5	2	69416	681	38.1	38.2	389	390
2							1508.0	17860.5	2	68834	675	37.8		385	
3							1508.0	17860.5	3	70726	694	38.8		396	

*Informes de laboratorio con resultados de los ensayos en probetas V17*

utilizados para realizar el control de calidad y obtener resultados que validen nuestra investigación.

**Figura 11a.** Resultados de la resistencia obtenida en los ensayos de compresión

**Figura 11b.** Resultados de la resistencia obtenida en los ensayos de compresión

Las medidas obtenidas respecto a la resistencia durante los ensayos se presentan en la tabla 1, en la cual se especifican las recomendaciones de [5] y [3] respecto a las unidades de resistencia que nos servirá para evaluar la primera condición de aceptación del concreto

**Tabla 1.** Unidades de resistencia a la compresión equivalentes

1MPa =	10.197	kg/cm <sup>2</sup>
3.5 MPa=	36	kg/cm <sup>2</sup>
35 MPa=	357	kg/cm <sup>2</sup>

Resultados del procedimiento con Fibromac12:

- a. Analizamos que se cumpla la primera condición de aceptación del concreto para lo que se utiliza la siguiente fórmula:

$$R_{prom} \geq f'c$$

donde:

..... (1)

$R_{prom}$ : Promedio de los resultados de 3 probetas correspondientes a un solo vaciado.

$f'c$  : Resistencia característica de diseño del concreto a utilizar.

En la tabla 2, se observa que el promedio obtenido es mayor a  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  en todos los casos. Este resultado se debe a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 2.** Promedios aritméticos de tres ensayos de resistencia consecutivos

PROMEDIOS DE MUESTRAS CONSECUTIVAS					
IDENTIFICACION	EDAD	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE 3	CONDICION
V5N4-07	28	280	294	296	cumple
V5N4-08	28	280	290		
V5N4-09	28	280	303		
V15N4-01	28	280	335	331	cumple
V15N4-02	28	280	331		
V15N4-03	28	280	328		
V17N6-01	28	280	389	390	cumple
V17N6-02	28	280	385		
V17N6-03	28	280	396		

- b. Analizamos que se cumpla la segunda condición para la aceptación del concreto para lo que se utiliza la siguiente fórmula:

donde:

$$R_{indiv} > f'c - 36 \quad \dots\dots\dots (2)$$

R<sub>indiv</sub>: Promedio individual de 2 probetas correspondientes al mismo vaciado.

f'c : Resistencia característica de diseño del concreto a utilizar.

En la tabla 3, se muestra que el promedio individual obtenido es mayor a **f'c=244 kg/cm<sup>2</sup>** en todos los casos, este resultado es debido a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 3.**

*Promedios aritméticos individuales de resistencia consecutivos V5*

PROMEDIOS INDIVIDUALES						
IDENTIFICACION	EDAD	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO	f'c-36 kg/cm <sup>2</sup>	CONDICION
V5N4-07	28	280	294	292	244	cumple
V5N4-08	28	280	290			
V5N4-07	28	280	294	299	244	cumple
V5N4-09	28	280	303			
V5N4-08	28	280	290	297	244	cumple
V5N4-09	28	280	303			

En la tabla 4, se presenta el promedio individual obtenido es mayor a **f'c=244 kg/cm<sup>2</sup>** en todos los casos. Este resultado se debe a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 4.**

*Promedios aritméticos individuales de resistencia consecutivos V15*

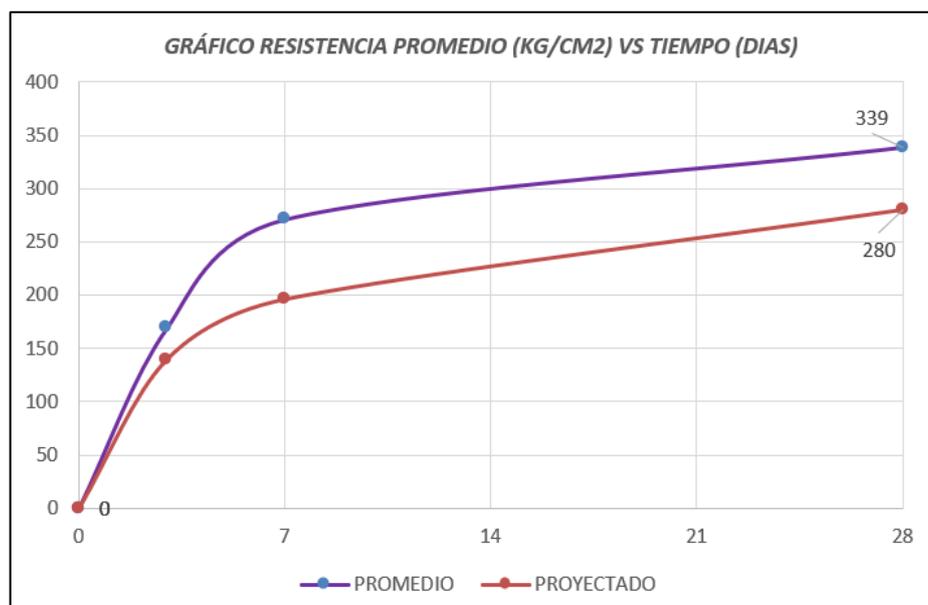
IDENTIFICACION	EDAD	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO	f'c-36 kg/cm <sup>2</sup>	CONDICION
V15N4-01	28	280	335	333	244	cumple
V15N4-02	28	280	331			
V15N4-01	28	280	335	332	244	cumple
V15N4-03	28	280	328			
V15N4-02	28	280	331	330	244	cumple
V15N4-03	28	280	328			

En la tabla 5, se observa que el promedio individual obtenido es mayor a  $f'c=244 \text{ kg/cm}^2$  en todos los casos. Esto se debe a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 5.**  
*Promedios aritméticos individuales de resistencia consecutivos V17*

IDENTIFICACION	EDAD	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO	$f'c-36$ kg/cm <sup>2</sup>	CONDICION
V17N6-01	28	280	389	387	244	cumple
V17N6-02	28	280	385			
V17N6-01	28	280	389	393	244	cumple
V17N6-03	28	280	396			
V17N6-02	28	280	385	391	244	cumple
V17N6-03	28	280	396			

En la figura 12, se muestra el gráfico de las curvas características de la resistencia del concreto en el tiempo, elaborado con los resultados de los ensayos realizados. Este presenta, en promedio, un incremento de 79 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la resistencia proyectada, resultados debido a la incorporación de Fibromac12.



**Figura 12.:** Resistencia del concreto a la edad de 28 días

En la figura 13, se muestra el registro obtenido durante la visita realizada en la obra, de la cual, durante la inspección, se tomaron fotografías que registraron la aparición de fisuras. Estas se compararon con las medidas del ancho de las grietas con la ayuda de una planilla proporcionada por el ACI.

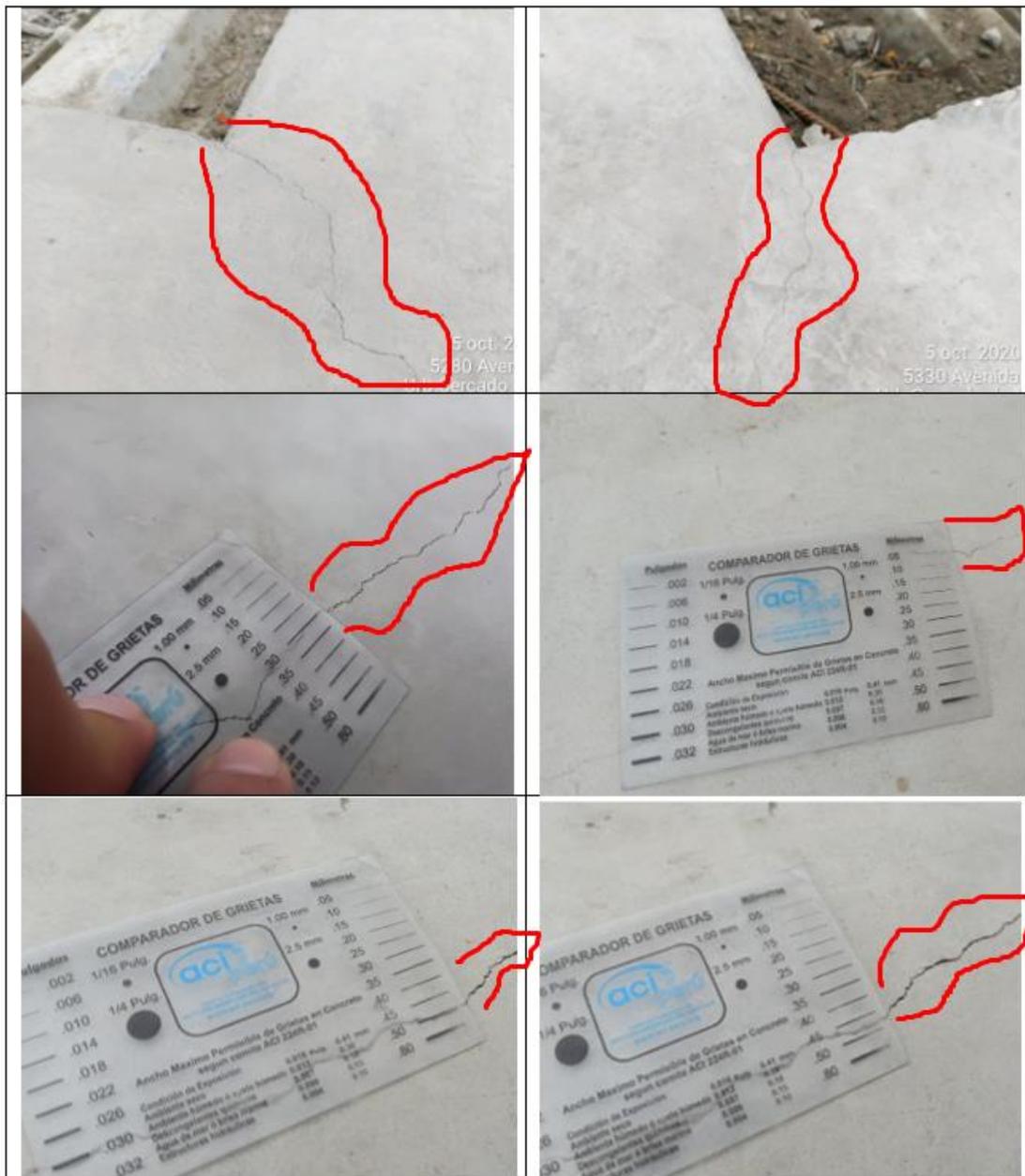


Figura 13. Registro fotográfico de la inspección y medición de fisuras encontradas en las losas

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Fue muy importante estar seguros que las placas colaborantes fueron colocadas correctamente sobre la estructura existente, por lo que, al lograr identificar la forma como se colocaron las placas con los tipos de apoyos típicos indicados en el manual constructivo, y con los resultados de las mediciones, nos dio la seguridad que las losas se iban a comportar correctamente respaldados por las conclusiones de [1] y [3]. Asimismo, [12] nos indica que la incorporación de fibras en la mezcla contribuye a tener mayor resistencia en el concreto. En nuestros resultados, efectivamente, se puede apreciar que el concreto tiene una resistencia superior a la resistencia característica con el que fue diseñado. A partir de esto, podemos reafirmar que la incorporación de fibras en la mezcla contribuye positivamente en la calidad del concreto.

## 5. CONCLUSIONES

Concluida la investigación, podemos afirmar que las placas requieren ser colocadas con un apoyo mínimo de 12 mm en el apoyo tipo A, y de 40 mm en el apoyo tipo B como indica [4], razón para garantizar que las losas se comporten con suficiente rigidez y se considera que la resistencia del sistema es clave para procurar que la conexión sea la adecuada entre el concreto y el acero.

Por otro lado, de los resultados de rotura de probetas realizados en el laboratorio, podemos concluir que el comportamiento del concreto es incluso mejor que el propuesto como se puede verificar con los informes del ensayo de rotura, donde se observa que la resistencia obtenida es alta y se cumplieron con las exigencias de la normativa peruana [10]. Incluso se superó el  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, que es el diseño original. Por tanto, con la incorporación de la Fibromac12, se incrementó la calidad del concreto en un 12%, de acuerdo con las tablas que muestran el promedio de los resultados.

Finalmente, podemos concluir que, a raíz de las mediciones hechas en campo, la Fibromac12 está controlando la fisuración por contracción, ya que no se encontraron patrones de este tipo de fisuramiento como nos explica [6]. Sin embargo, se visualizó fisuramientos en diversos lugares donde se pudo reconocer que las fisuras que aparecieron no eran producto de la retracción del concreto, sino de causas particulares que ameritan una investigación más extensa cuando se regrese a las actividades presenciales, para realizar las pruebas de laboratorio que por el momento no son factibles debido a la pandemia de la COVID19.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Ascencio, J. (2006). *Diseño de losas colaborantes unidireccionales de hormigón usando planchas de Zincalum y sus analogías con el uso de placas de acero galvanizado Instapanel PV6-R*. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil en Obras Civiles]. Universidad Austral de Chile.
- [2] Bayasi Z., Marc M. (2002). *Application of Fibrillated PolyPropylene Fibers for Restraint of Plastic Shrinkage Cracking in Silica Fume Concrete*. ACI Materials Journal.
- [3] Calfee, R.C., & Valencia, R. R. (1991a). *APA guide to preparing manuscripts for journal publication*. Washington, DC: American Psychological Association.
- [4] Dpto. Investigación y Desarrollo Aceros Procesados S.A. (2006). *Manual Técnico: Sistema Constructivo Placa Colaborante Acero-Deck*. Lima: Aceros Procesados S.A.
- [5] Euclid Group Toxement. (2019). *Guía de especificación para el tratamiento de fisuras en el concreto*. Tocancipá: Toxement.
- [6] FOPAE. (2011). *Guía de Patologías Constructivas, Estructurales y No Estructurales (Tercera Ed)*. Retrieved from <http://www.fopae.gov.co/>
- [7] Jack C. Mc Cormac & Russell H. Brown. (2018). *Diseño de Concreto Reforzado*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- [8] Nilson, A. H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- [9] Rodríguez, A. (2015). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas*. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- [10] SENCICO. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.060 Concreto Armado*. [www.gob.pe/sencico](http://www.gob.pe/sencico)
- [11] SIKA. (2010). *Concreto Reforzado con Fibras*. Colombia: Sika Informaciones técnicas.

- [12] Vega, L. (2019). *Aporte de las Fibras sintéticas y metálicas en el módulo de rotura del concreto*. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Militar de Nueva Granada.