



EVALUACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE CONCRETOS MODIFICADOS CON FIBRAS CORTAS PROVENIENTES DE LOS RESIDUOS DE CAMUFLADO

Nelson Fernando Lizarazo Salamanca, Kevin Chaparro Ramírez, Juan Camilo Moncayo Hurtado, Daniel Páez Carvajal

**Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"
Bogotá, Colombia**

Resumen

Las investigaciones que conllevan el uso de materiales de ingeniería, actualmente se centran en buscar aditivos o adiciones que permitan mejorar las propiedades físicas y mecánicas reduciendo costos y contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente.

Evaluar el comportamiento físico y mecánico de un concreto adicionado con fibras provenientes de camuflados que han cumplido su vida útil como uniformes en el Ejército Nacional, permite prescindir de tareas como la incineración, actividad que genera un nivel de contaminación considerable, teniendo en cuenta la generación de vapores y la acumulación. Esta iniciativa pretende otorgarles otro uso a los camuflados mediante la reutilización de las fibras generadas a partir de la desfibración de los uniformes, analizando la viabilidad de concreto reforzado con fibras.

En la ejecución del proyecto de investigación, se utilizó la norma ASTM C39 y C78 para realizar los ensayos de compresión y tensión respectivamente (Rivera 2006). Para el desarrollo de proyecto, se emplearon fibras de uniforme de combate de 10 ± 0.5 cm de longitud, se elaboraron 18 cilindros y 18 vigas, la dosificación propuesta fue de: 0%, 2 y 4% del peso del cemento, las edades evaluadas fueron de 3, 7 y 14 días. Después de realizar los ensayos de compresión y de tensión se realizó la comparación de los especímenes dosificados con fibras frente a la muestra patrón (sin adición de fibras). Al analizar los resultados de las pruebas en esta primera etapa del proyecto, se evidencia que la variación de la resistencia es reducida tanto en la prueba de los cilindros a compresión, como la tensión en las vigas, para las muestras dosificadas con fibras, cuando se comparan con los resultados de la muestra patrón. Sin embargo, se puede concluir que, aunque la resistencia no aumenta significativamente, es posible identificar otras características físicas que las

fibras aportan a la estructura, tales como la adherencia al material mediante la fijación de las fibras al concreto y la aparente ductilidad que le provee a la concreto, lo cual provoca que, aunque existe fractura el material se mantenga compacto y sea difícil separarlo, cualidad que puede generar nuevas aplicaciones en la ingeniería.

Palabras clave: fibras; reutilización; camuflado

Abstract

The researches that involve the use of engineering materials, currently focus on finding additives or additions that allow improving physical and mechanical properties by reducing costs and contributing to the improvement of the environment.

To evaluate the physical and mechanical behavior of a concrete added with fibers from camouflage that have fulfilled their useful life as uniforms in the National Army, allows to do without tasks such as incineration, activity that generates a considerable level of contamination, taking into account the generation of vapors and accumulation. This initiative intends to give another use to the camouflaged ones by means of the reuse of the fibers generated from the fiber extraction of the uniforms, analyzing the viability of concrete reinforced with fibers.

In the execution of the research project, the ASTM C39 and C78 standard was used to perform compression and tension tests respectively. For the development of the project, fibers of combat uniform of 10 ± 0.5 cm in length were used, 18 cylinders and 18 beams were elaborated, the proposed dosage was: 0%, 2 and 4% of the weight of the cement, the ages evaluated They were 3, 7 and 14 days. After performing the compression and tension tests, the comparison of the specimens dosed with fibers against the standard sample (without the addition of fibers) was performed. When analyzing the results of the tests in this first stage of the project, it is evident that the variation of the resistance is reduced both in the test of the compression cylinders, and the tension in the beams, for the samples dosed with fibers, when compare with the results of the standard sample. However, it can be concluded that, although the resistance does not increase significantly, it is possible to identify other physical characteristics that the fibers contribute to the structure, such as adherence to the material by fixing the fibers to the concrete and the apparent ductility that provides to the concrete, which causes that, although there is a fracture, the material remains compact and it is difficult to separate it, a quality that can generate new applications in engineering.

Keywords: fibers; reuse; camouflaged

1. Introducción

La evolución de los medios y métodos de trabajo a través del tiempo, indica un constante crecimiento en las técnicas de desempeño en el sector de la construcción. Tal crecimiento ha generado que las agremiaciones se preocupen por la investigación e innovación en el uso de

elementos para la pega y cimentación de estructuras, especialmente en el uso del cemento portland y sus derivados. Romea (2014) menciona, que el concreto es “probablemente el más usado en el planeta tierra después del agua” (p.15). También menciona que “es un material con sus propiedades gobernables, puede decirse que programables” (p.13), es decir, es un compuesto que permite modificar sus condiciones para efectuar distintos usos y que el empleo de aglomerantes trasciende los dos mil años de antigüedad.

Como antecedentes del proyecto, se tiene el informe realizado por Fernández (1982) indicando que el concreto por sí sólo es un material con un compendio de virtudes, pero todas ellas son contrarrestadas por su peso, tiene una relación baja entre la resistencia a la tracción y su compresión, su relación peso-resistencia es excesivamente alta, su capacidad para absorber energía antes de la rotura es baja y su durabilidad es muy sensible a su proyecto y ejecución. Igualmente se afirma que el concreto convencional tiene algunos inconvenientes, como baja resistencia a la tracción, a la ductilidad y a la capacidad de absorción de energía (Figueroa, 2013). Para mejorar este fenómeno se agregan fibras de ciertos materiales mejorando las características. Puede decirse, que el hormigón armado (Arkiplus 2019) con fibras se trata de un concreto armado a escala local.” (Figueroa, 2014). Sin embargo, el concreto no sólo se fortalece por el tipo de fibra que se use, por su composición o superficie de contacto (Cemex, 2017), sino también por factores como la disposición de las fibras frente a los esfuerzos y al plano de rotura, lo que produce firmeza y resistencia al arrancamiento Aimar (2013), situación que se evidencia en los concretos reforzados con fibras acero (CRFA), quienes además aportan a reducir el tamaño y espaciamiento de las grietas.

Para el año 2013 se realizó una investigación que pretendía plantear una estructura de fibra corta de acero como refuerzo de la matriz de hormigón autocompactante, mediante la modelación en la disposición de las fibras, normalmente conocido como HRFA, lo que al final formaría el conocido hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero (HACRFA) (Orbe, 2015) Se puede concluir que, aunque existen ventajas y desventajas el HACRFA puede resultar igual o más económico y sostenible que un diseño estructural convencional. Según Gallo, González y Carrillo (2013), en Colombia, hay pocas recomendaciones para aproximar el comportamiento del concreto reforzado con fibras de acero (p. 118).

(Figueroa, 2013) en un estudio, compara el hormigón convencional, hormigón reforzado con fibras de acero y hormigón reforzado con fibras de polipropileno. Evidenciando cómo el uso de fibras en el concreto puede aumentar su tenacidad y así mismo otras propiedades del compuesto (Figueroa, 2014. p.13), permitiendo soportar esfuerzos mayores antes de que se efectúe la rotura.

Según Osorio, Varón y Herrera (2007) ya se han utilizado alternativas de fibras para adicionar en el concreto como, fibras de acero, fibras de vidrio, fibras de carbón, fibras minerales y naturales (madera, yute, bambú, coco, henequén, asbesto, lana, entre otros), fibras de polipropileno y muchas otras sintéticas como el nylon. Dentro de las fibras naturales empleadas como fibra, se encuentra la lechuguilla, conocida como una fibra natural no procesada que servía como adicional al concreto para reforzar sus características. Juárez, Rodríguez y Rivera (2003). Quintero y González (2006), hacen uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Determinando que las mezclas con un volumen alto de adición fueron las que

mostraron mayor resistencia. (Gram y Hans, 1988) afirma que las fibras naturales presentan un problema, consistente en la degradación de la fibra con el tiempo, gracias al efecto del agua alcalinizada.

Otros materiales son empleados como aditivos como el usado por Agreda y Moncada (2015) quien usa residuo de demolición de construcción para elaborar un compuesto más fuerte que el normalmente conocido. Robayo, Matthey y Delvasto (2013) evaluaron las propiedades del concreto al adicionarle ceniza de cascarilla de arroz y fibras de acero.

Este proyecto está fundamentado en un compromiso institucional por el crecimiento sostenible de la nación, mediante la innovación, el desarrollo y mejoramiento de las actividades económicas realizadas en cumplimiento a políticas nacionales (Plan Nacional de Desarrollo) e internacionales como lo son los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), propuestos por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que fueron implementados a partir del 2016 (ONU 2016). Ejemplo de esto es la desintegración de material bélico, cuyo fin será la construcción de viviendas en el municipio de Tuta, Boyacá (Diario El Cauca, 2018). Otra de las acciones realizadas por el ejército Nacional según radio Santa Fe (2018) es la construcción del "Centro de Acopio de basuras y material reciclable, con el propósito de optimizar el manejo de desechos sólidos para su reutilización (Fuerzas militares de Colombia Comando General, 2013). A pesar de los esfuerzos realizados por la institución se evidencia la necesidad de emplear más eficientemente los residuos producidos al interior de la fuerza, situación evidenciada por Bohórquez (2012), quien afirmó que de acuerdo a los estudios que realizó en diferentes cantones militares, ninguno contaba con un buen manejo de residuos sólidos.

En la actualidad se han realizado considerables investigaciones sobre el uso del concreto en la construcción y las características o condiciones sobre las que se garantiza su consistencia, la trabajabilidad, la durabilidad, sus propiedades mecánicas y finalmente su aspecto exterior. Para este caso en particular, se evalúa el comportamiento de un concreto adicionado (NTG 41006 2016 Actualización). con fibras de camuflado reutilizado del Ejército Nacional, buscando la implementación de materiales que contribuyan al comportamiento mecánico de productos en la ingeniería, mediante la obtención de: mayores resistencias a la tensión directa, al cortante y a la torsión, incrementando las propiedades de resistencia a impacto y fatiga, mejorando el comportamiento de contracción y flujo plástico, reflejando mayor durabilidad (McCormac & Brown, 2011). De esta manera se evitan malas prácticas, como es la incineración o acumulación de materiales en botaderos o zonas de disposición final, impactando positivamente el cuidado del medio ambiente; Por ello, esta iniciativa propende otorgarles otro uso a los camuflados que han concluido su vida útil como uniformes del personal del Ejército Nacional, empleándolos como material alternativo en concretos, analizando el comportamiento frente a las características mecánicas de tensión y compresión.

1.1 Objetivo de la primera fase

Evaluar la respuesta mecánica a fuerzas de tensión y compresión, que presenta un concreto adicionado con fibras de camuflado generadas a partir de uniformes que han cumplido su vida útil, dosificados al 2 y 4%, comparándola frente a una muestra patrón.

1.2 Metodología

La metodología utilizada está basada en pruebas de ensayo de laboratorio sobre el material elaborado para lograr medir el comportamiento mecánico presente con respecto a las características de compresión y tensión de los especímenes dosificados al 2 y 4%, frente a una muestra patrón (sin adición de fibras). El carácter de la investigación es netamente experimental cuantitativo y cualitativo, basado en pruebas de laboratorio y observaciones, sobre un total de 18 cilindros y 18 vigas de concreto, las cantidades mencionadas guardan relación con los porcentajes de adición de las fibras de ripstop (al 0%, 2% y 4%) y a la medición de la edad de 3, 7 y 14 días establecida para las pruebas. En cada prueba se adiciona los porcentajes de fibras correspondientes y se realizan los ensayos a tensión y compresión. Finalmente, se tabularon los resultados obtenidos.

2. Ejecución del Proyecto

2.1 Obtención de fibras: El material en estudio, se obtuvo mediante desfibrado del camuflado, que se compone de una fibra torcida a dos hilos de 0.3 mm de diámetro por 10 ± 0.5 cm de longitud, cuantificada en función del peso del cemento empleado en la muestra en porcentajes de 2 y 4%. Es de anotar que la tela de rip-top de nylon se diseñó durante la segunda guerra mundial y actualmente se fabrica de acuerdo a la norma técnica NTMD-0144-A5 (tabla 2).

Tabla 1 Composición de las fibras del camuflado

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN
Composición, % Poliamida / Algodón	50/50
Peso en g/m ² (mínimo)	260
Densidad en hilos/cm	45
Resistencia a la tensión en (N)	890
Resistencia al desgarre en (N)	36
Cambio dimensional, en% (máximo)	2
Repelencia al agua en % (mínimo)	90

Fuente. NTMD-0144-A5, 2007

2.2 Elaboración de los cilindros de concreto: este proceso se inició con la preparación de 6 especímenes sin adición de fibras en cilindros de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto (según norma ASTM C39), para ser fallados a los 3, 7 y 14 días. Con base en la cantidad de materiales empleados en la muestra patrón (6 especímenes), se elaboran 6 cilindros para el 2% de fibras y 6 cilindros para la adición de 4% de fibras, para un total de 18 cilindros, con un porcentaje de error del 5%.

Figura 1 Elaboración de cilindros.



Fuente: Elaboración Propia

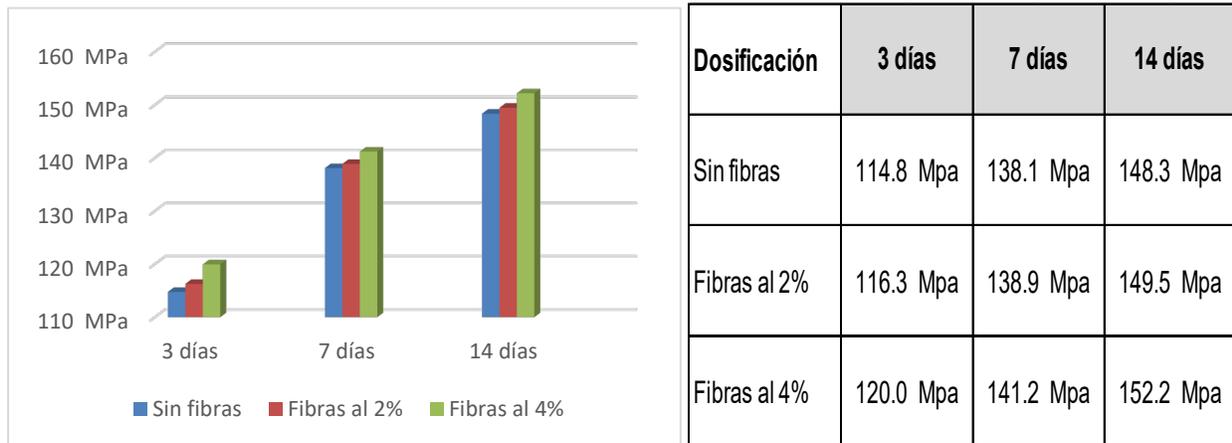
2.3 Elaboración de las vigas de concreto: tiene los mismos rasgos de construcción que los cilindros. Para el cálculo de material se empleó una fórmula empírica en función del peso y volumen de un metro cúbico de cemento, las dimensiones de las vigas son: 45 cm de largo, por 15 cm de ancho y 15 cm de altura, se prepararon un total de 18 que requirieron: 63.59 kg de cemento, 127.28 kg de agregado fino y 190.62 kg de agregado grueso. 6 especímenes fueron para la muestra patrón (sin adición de fibras), 2 para cada edad establecida (3,7 y 14 días); así mismo se realizó el procedimiento para las muestras dosificadas al 2% y 4%, empleando la norma ASTM C 78. La fibra requerida para cada viga fue de: 70.55 g de fibra de ripstop en el caso de la adición al 2%, y 141.1 g para el 4%, el porcentaje de confiabilidad en el empleo de materiales es del 95%.

3. Resultados

3.1 Ensayo de Resistencia a la compresión ASTM C39.

Este ensayo consistió en aplicar una carga de forma axial al cilindro a una velocidad controlada de forma que se pudiese establecer una relación directa y sistematizada entre la carga aplicada y la fractura ocasionada, analizando los valores registrados y las observaciones sobre el espécimen. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

Figura 2 Resistencia a la compresión de los cilindros



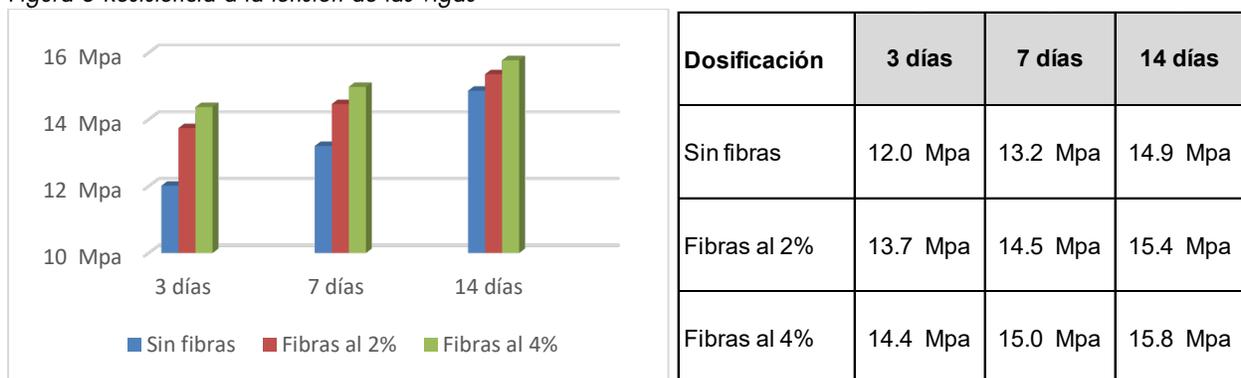
Fuente. Elaboración propia.

Como se observa en la Figura-2, se evidencia que el aumento a la resistencia no es muy marcada, sin embargo en edades tempranas se evidencia una ganancia de resistencia a la compresión superior, la cual va disminuyendo progresivamente, lo que puede significar, menores tiempos en la apertura de las vías al paso vehicular, que se refleja directamente en la economía de un proyecto; de igual forma se evidencia que al aumentar la dosificación de las fibras aumenta la resistencia a la compresión, la máxima ganancia de resistencia se observa a los tres días en la muestra con adición de 4% con una magnitud de 3.2%, la menor se obtiene a los 17 días de madurez de la dosificación del 2%.

3.2 Ensayo de Resistencia a la tensión o módulo de rotura

Las vigas elaboradas bajo las normas ASTM 78, se fallaron a través del método de tercer punto. Es importante aclarar que todas las fracturas sucedidas sobre los elementos ocurrieron sobre el tercio medio de la viga, con lo cual se garantiza la distribución de carga uniforme sobre los elementos probados.

Figura 3 Resistencia a la tensión de las vigas



Fuente. Elaboración propia.

Los valores de la resistencia a la compresión aumentan en forma reducida, especialmente en la dosificación del 2% de fibras, no se evidencia aporte significativo a la resistencia a la tensión, sin embargo, después de fallado el material, los residuos presentan adherencia, manteniendo la muestra estructurada, lo que dificultó que las piezas fracturadas pudiesen ser separadas al momento de aplicada la carga. Así mismo, se observa que los cilindros y vigas fallados tuvieron un especial comportamiento después de la etapa de carga máxima, primero se evidencio que las muestra no tienen una ruptura totalmente súbita, si no que por lo contrario presentan una recuperación de resistencia post falla.

Figura 4 Ensayos en vigas



Fuente. Elaboración propia.

5 Conclusiones primera etapa

De los resultados de laboratorio, se puede evidenciar que la resistencia a la tensión y compresión se incrementa directamente con el aumento del contenido de las fibras en los especímenes; de igual forma se registra una ganancia mayor de la resistencia a edades tempranas especialmente a los 3 días, cualidad que puede tener aplicaciones en elementos prefabricados y en vías, en la apertura del tránsito.

Durante los ensayos se observó que existe una recuperación de la resistencia ejercida por el material, después de soportar el esfuerzo máximo, así mismo la fractura del material no genera una desintegración súbita, como sucedió con la mezcla sin adición de fibras. Posteriormente se evidenció que, gracias a la adherencia de las fibras al concreto, separar la estructura se vuelve una labor complicada. Esta variable es importante estudiarla, debido a que demuestra que es posible encontrar un nivel óptimo de fibras que se puedan adicionar para que a pesar de que exista fractura en material no se desintegre inmediatamente.

En la segunda etapa del proyecto, se recomienda retomar el estudio de adherencia de las fibras al concreto pos-fractura y la recuperación del material frente al esfuerzo máximo, identificando la incidencia que tienen este material al impacto por presiones cíclicas material, con esto poder identificar más claramente las posibles aplicaciones.

6 Referencias

Artículos de revistas

- Agreda, G. _____ Moncada, G. (2015). Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Caballero, K. E. (2017). Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. Revista Prisma Tecnológico - Universidad Tecnológica de Panamá - Facultad de Ingeniería Civil, 18-23.
- Fernández, M. (1982). Hormigones reforzados con fibras de Acero. Informes de la construcción. Vol. 34. Doi: 10.3989/ic.1982.v34.i342.2079.
- Orbe, A., Rojí, E., Cuadrado, J., Losada, R. (2015). Estudio para la optimización de la composición de un HACFRA (hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero) estructural. Informes de la Construcción, 67(537): e061, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.080>.
- Quintero, S. González, L. (junio, 2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Revista Científica Universidad del Norte. No 20.
- Rivera, G. A. (2006). Concreto Simple - Resistencia del Concreto. Popayan: Universidad del Cauca - Facultad de Ingeniería Civil.
- Romea, C. (2014). Hormigón: Breve reseña histórica del material milenario. Departamento de resistencia de materiales y estructuras de ingeniería. Universidad Politécnica de Catalunya.

Tesis

- Aimar, M. (2013). Tesis doctoral. Optimización del uso de Hormigones Autocompactantes Reforzados con Fibras de Acero en Aplicaciones Convencionales de Resistencias Moderadas. Universidad del país vasco. España
- Bohórquez, C. (2012). Tesis de Grado. Diseño del plan integral de residuos sólidos para el cantón caldas del Ejército Nacional de Colombia. Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia
- Figueroa, M. (2013). tesis doctoral, Comparativa de la tenacidad entre hormigón convencional, hormigón reforzado con fibras de acero y hormigón reforzado con fibras de polipropileno. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Normas Técnicas

- ASTM. (2002). ASTM C 78 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). ASTM C 39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. West Conshohocken: American Society of Testing Materials. ASTM.
- NTMD-0144-A5. (2007). Tela Camuflada tejido ripstop 100% algodón. Bogotá. 9 de mayo de 2007.

- Nacional, Ministerio de Defensa. Norma Técnica. 11 de 02 de 2011. https://www.colombiacompra.gov.co/sites/default/files/archivos_amp/amp_intendencia/especificaciones/NTMD-0036-A5.pdf.

Fuentes electrónicas

- Católica Arkiplus. (2019, enero), Hormigón armado. Características. Consultado el 31 de mayo de 2018 en <http://www.arkiplus.com/hormigon-armado-caracteristicas>.

Sobre los autores

- **Nelson Fernando Lizarazo Salamanca:** Ingeniero Civil, Especialista en Diseño y Construcción de Vías y Aeropistas ESING, Docente de Planta Escuela Militar de Cadetes (ESMIC). espinglizarazo@gmail.com
- **Kevin Chaparro Ramírez:** Estudiante de Ingeniería Civil ESMIC. kevyn2898@gmail.com
- **Juan Camilo Moncayo Hurtado:** Estudiante de Ingeniería Civil ESMIC. moncayohurtadoj@gmail.com
- **Daniel Páez Carvajal:** Estudiante de Ingeniería Civil ESMIC. daniel020714@icloud.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)