

INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CARBONO EN EL CONFINAMIENTO DE PILARES CORTOS DE HORMIGÓN ARMADO CON MALA EJECUCIÓN EN EL HORMIGONADO



Daniela Alejandra Brizuela Valenzuela
 Doctora en Innovación en Tecnología en Edificación

En este trabajo se compara el comportamiento de pilares cortos ensayados a compresión axial confinados con fibra de carbono unidireccional que tienen la misma capacidad mecánica pero diferentes módulos de elasticidad. Todos los pilares tienen desplazados al interior su armadura longitudinal y transversal. Los resultados obtenidos muestran que si bien la resistencia a la rotura, la tensión de confinamiento y la ductilidad de los elementos aumenta en todos los casos comparado con los patrones de comportamiento, los valores obtenidos experimentalmente, no necesariamente son equivalentes a los valores que se pueden obtener siguiendo las recomendaciones del código ACI440-2R.17, lo que sugiere que los métodos de falla de este tipo de elementos dependen del tipo de fibra a utilizar y no de la disposición de las armaduras utilizadas.

Introducción

La rehabilitación de estructuras de hormigón reforzado, en la historia ha sido un tema relevante. Las estructuras sufren daños ante un evento sísmico, al estar sometidas a solicitaciones nuevas no consideradas en el cálculo estructural inicial, o por la exposición del concreto a ambientes dañinos para el elemento [1]. Caso típico es el que ocurre en pilares sometidos a alta salinidad [2]. Una de las formas para recuperar el sistema estructural, es utilizando fibras de carbono unidireccional, que se utiliza con adhesivos epoxi de dos componentes, que en conjunto forma un sistema de refuerzo externo aumentando la resistencia estructural del elemento existente [3], en adelante CFRP.

Este material es utilizado en la práctica y despierta interés debido a que la tecnología, del conjunto de materiales que se utilizan para conformar el sistema concreto/epoxi/fibra ha variado a lo

largo de los años y porque, además, los costos asociados a otro tipo de reparación, por lo general son más altos que lo que conlleva reparar con CFRP. Su relación resistencia/peso favorece a las estructuras aumentando su resistencia sin incorporar cargas de peso propio significativas y están presentes como un tejido o pletina, lo cual le permite amoldarse a las distintas configuraciones al incorporarse al elemento estructural utilizando una resina epóxica [4].

Se llama confinamiento al sistema o elemento de uno o varios materiales sobre el perímetro de una estructura o elemento en particular. Esto se puede realizar durante la etapa de construcción o de refuerzo para mejorar la capacidad de la estructura [5]. El estudio experimental sobre elementos confinados de sección cuadrada o rectangular ha sido un proceso investigativo parcelado debido a que la mayor parte de los ensayos de compresión para columnas confinadas se han realizado en probetas cilíndri-

cas de sección transversal circular donde el nivel de efectividad es mucho mayor debido a la uniformidad en su perímetro al momento de transmitir las tensiones desde el hormigón hacia el refuerzo confinante. Debido a esto, es que distintos autores [6-8] han propuesto en base a sus estudios experimentales, coeficientes de reducción en la efectividad del refuerzo según la geometría del elemento confinado, sumando además el concepto de radio de curvatura el cual es aplicado en las aristas de la columna de hormigón a lo largo de toda su altura. Esto debido a que si no existen esquinas marcadas en 90°, la concentración de tensiones en esa zona será menor, por lo que el nivel de confinamiento aumenta a medida que el redondeo de estas sea mayor [9-10].

El diseño de FRP se basa en modelos analíticos desarrollados para confinamiento con barras o perfiles de acero. Sin embargo, los resultados obtenidos experimentalmente no son consistentes con los modelos de confinamiento con acero debido a que el material FRP presenta un comportamiento elástico hasta su rotura [11]. Además, el acero presenta una presión de confinamiento que es constante (activa), no así los FRP, que inicia su comportamiento como refuerzo junto a la expansión lateral del hormigón. A medida que el hormigón se comprime axialmente, por efecto Poisson su deformación lateral se encuentra con el FRP. Esto induce tensiones de tracción en la dirección de la fibra, generando un estado triaxial de tensiones. Por lo tanto su deformación o tensión última es menor que la que se informa por lo fabricantes debido a que los ensayos que estos realizan solo consideran tensión uniaxial. Este aspecto es considerado en modelos de diversos investigadores. Lam & Teng [12-13], proponen distintos coeficientes de reducción para la deformación última del FRP, considerando variables como la aplicación del refuerzo, el ambiente, el tipo de hormigón reforzado y el estado triaxial de tensiones, entre otros.

A partir de resultados experimentales, se propuso la primera expresión analítica que relaciona la resistencia del hormigón confinado con la presión de confinamiento [15]. A partir de este punto se han desarrollado nuevos modelos para predecir el comportamiento de hormigones confinados con elementos de acero [14-15-16-17].

Uno de los modelos más empleados en la práctica para predecir la tensión de rotura de elementos de hormigón confinados con CFRP es el modelo de ACI440 [18]. En la Tabla 1 se muestra el modelo para elementos de sección circular, que también es usado para secciones rectangulares, en donde f_{cc} es la resistencia del hormigón confinado, f_c es la resistencia del hormigón sin confinar, f_i es la tensión efectiva del confinamiento, ϕ_f es un coeficiente reductor que ACI toma como 0.95, E_f es el módulo de elasticidad de la fibra, n el número de capas, t_f el espesor del tejido, D en secciones no circulares es igual a la diagonal de la sección rectangular, y ϵ_{fu} es la deformación última del tejido. Es necesario reducir en los cálculos el valor de la deformación última del tejido obtenida en un ensayo a tracción uniaxial porque el funcionamiento del tejido en un material confinado difiere de la situación ideal del ensayo a tracción debido al estado de tensiones triaxial en que se encuentra, la forma curva de la camisa, los posibles daños durante la ejecución y las concentraciones de tensiones producidas por irregularidades del hormigón. ACI propone un valor que puede variar entre 0.57 y 0.61.

Tabla 1: Modelo ACI 440

ACI 440-17
$f_{cc} = f_c + \phi_f \cdot 3,3 \cdot f_i$
$f_i = \frac{(2E_f \cdot n \cdot t_f \cdot 0.55 \cdot \epsilon_{fu})}{D}$

En este trabajo se compara el comportamiento de pilares cortos de hormigón armado de 650 mm de altura inicial ensayada a compresión axial, de sección rectangular 150 mm por 145 mm, confinadas externamente y completamente con tejidos unidireccionales de CFRP de alto módulo y alta resistencia que poseen capacidad mecánica similares, pero con rigidez distintas, con defectos en la fabricación de los pilares (en la etapa de hormigonado), para evidenciar la carga de rotura, presión de confinamiento, tensión de confinamiento y deformación axial que se generan luego de los ensayos, comparando los resultados con los procedimientos de cálculo del código ACI440.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se elaboraron seis pilares, de hormigón armado, siguiendo la normativa chilena NCh 170 of 2016 [19] y NCh 170 of 85 [20]. Junto con lo anterior se fabricaron tres probetas cilíndricas. Todos los elementos, se elaboraron con la dosificación de la Tabla 2, cumpliendo la normativa chilena NCh 1037 of 2009 [21] de la cual se obtiene la resistencia a la compresión cilíndrica del hormigón obteniendo como resultado un f'_c de 46,54 MPa.

La dosificación del hormigón utilizado es la siguiente:

Tabla 2: Dosificación del hormigón

Material	Dosificación [kg]
Cemento	346
Grava	879
Arena	950
Agua	123

Los ensayos para obtener la tensión a la compresión cilíndrica del hormigón se han realizado en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Central de Chile (LEMUC), utilizando una prensa del tipo Druck-und Biegeprüfmaschine a una velocidad de 1 MPa/s y siguiendo la norma NCh 1037 [23].

En su fabricación, la cual se realizó según las recomendaciones de la NCh 170 of 2016 [19], experimentaron, desplazamiento de las armaduras, lo cual se evidencia realizando cortes transversales. La Figura 1, muestra a modo general los pilares una vez desmoldados, y luego desgastados en sus aristas, siguiendo las recomendaciones del proveedor de la fibra [9-11]. Todos los pilares, que fueron sometidos a los ensayos, tienen bordes que no son redondeados ni en 90°, esto les proporciona una cierta curvatura, que asimila para efectos de cálculo a 20 mm, tal como se muestra en la Figura 1 y 2.



Figura 1

Fabricación de pilares. (a) Pérdida de aristas post desmoldado. (b) Desgaste en pilares. (Fuente propia).



Figura 2

Estimación radio de borde en Pilares (Fuente Propia).

En pilares de hormigón armado (con y sin reforzamiento externo), se evidencia (ver Figura 3) que todos los pilares se vieron afectados posiblemente durante la vibración del concreto, de desplazamientos evidente en la posición de las armaduras.



P1

P16



P4

P7



P8

P9

Figura 3

Corte transversal en Pilares de Hormigón Reforzados (Fuente Propia) /P1-P16 Hormigón armado sin confinamiento/ P4 – P7 confinados fibra HR/ P8-P9 confinados con fibra HM.

Los pilares de hormigón reforzados están constituidos por cuatro barras longitudinales $\Phi 10$, y estribos $\Phi 6$ cada 200 mm. Estos últimos sólo tienen función de amarre de las armaduras y no de confinamiento. La calidad de la armadura es A630-420H, con una fluencia del acero de 420 MPa. En la Figura 4, se observa el esquema de armado de los pilares así como también la sección transversal de esta.

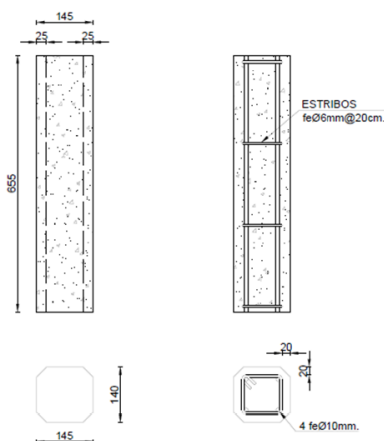


Figura 4

Esquema de la distribución inicial de los pilares de hormigón reforzados. (Fuente Propia).

De los seis pilares fabricados cuatro se han reforzado con tejidos de fibra de carbono unidireccionales suministrados por la empresa MAPEI: un tejido de fibra de carbono de un módulo de elasticidad normal y de alta resistencia (HR) de nombre comercial C-UNI-AX y un tejido de alto módulo de elasticidad (HM) de nombre comercial C-UNI-AX-HM. Las características geométricas y mecánicas de ambos tejidos se indican en la Tabla 3. Donde e es el espesor del tejido, σ_r la tensión de rotura a tracción, E el módulo de elasticidad longitudinal, ϵ_{fu} la deformación última a tracción, F_r la capacidad mecánica de la fibra a tracción por unidad de longitud y K la rigidez de la fibra a tracción por unidad de longitud.

Tabla 3.- Características geométricas y mecánicas de los tejidos empleados

	e (mm)	σ_r (MPa)	E (GPa)	ϵ_{fu} (%)	F_r (N/mm)	K (kN/mm)
C-UNI-AX (HR)	0.166	4830	230	2.1	801.8	38.2
C-UNI-AX-(HM)	0.165	4410	390	1.1	727.6	64.3

Los valores de tensión de rotura y de módulo de elasticidad de ambos tejidos permiten clasificarlos como de alta resistencia y alto módulo [23].

Los ensayos a compresión axial en pilares se realizaron en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales IDIEM en la Universidad de Chile, con la Máquina Universal de Ensayos WAW-300C TIME GROUP, la cual realiza procedimientos rápidos de tracción y compresión. El procedimiento se realizó de la siguiente manera:

- En cada probeta se posiciona un sensor de desplazamiento (LVDT).
- Se colocan cuatro sensores de desplazamiento verticales con una luz de ensayo de 470 mm, en sus cuatro caras, con el objeto de medir la deformación longitudinal de la misma conforme se aplica la carga de compresión axial.
- A continuación, se aplica una carga continua cuasi-estática, a una velocidad nominal de 0.03 mm/s, 1 MPa/s hasta la falla.
- Luego, se registra la carga máxima y el modo de falla.

En la Figura 5 se muestran las imágenes de los pilares una vez finalizado el ensayo. Se aprecia que las fisuras que se producen en los pilares la fallas se producen por tracción del tejido y por compresión del hormigón y del acero en la parte superior del pilar constatando que los métodos de falla dependen del pilar y no del tipo de fibra a utilizar.

En los pilares que se encuentran reforzados con fibra HR la falla del pilar se produce en el primer tercio y la falla de la fibra en las aristas del mismo. Mientras que en los pilares que están confinados externamente con fibra HM la falla de la fibra se produce en los dos tercios superiores del pilar y en una de sus caras.

En ambos casos se observa que el pilar tiene el hormigón aplastado con fisuras y fallas que son acordes al comportamiento de un pilar de hormigón armado sometido a cargas de compresión.

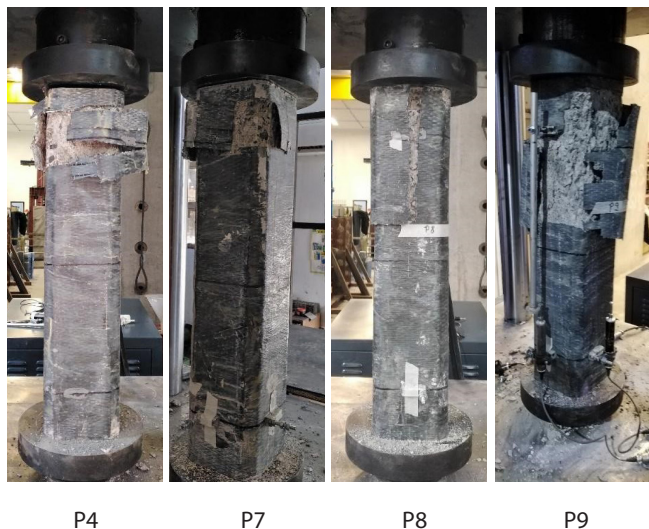


Figura 5

Imágenes de la rotura de pilares de hormigón armado ensayados a compresión Reforzados con fibra HR (P4 y P7)/ de pilares de hormigón armado ensayados a compresión Reforzados con fibra HM (P8 y P9)(Fuente Propia).

3. Resultados

Los resultados obtenidos de los ensayos experimentales son comparados con las predicciones que se pueden obtener de las recomendaciones de diseño que proporciona el código ACI 440-17-2R. En general, se observa que la carga de rotura aumenta significativamente en todos los pilares independientemente del tipo de fibra que lo confine. La tensión de confinamiento y la ductilidad también aumenta en todos los pilares, sin embargo, algunos de los resultados obtenidos difieren de las predicciones que se realizaron con el código ACI440.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los cálculos específicos realizados.

3.1. Resistencia a la rotura máxima axial en Pilares

En la Tabla 4 se muestran la comparación de los resultados obtenidos comparando los valores analíticos v/s los experimentales.

Tabla 4: Comparación de Resistencia máxima axial en pilares

Caracterización Pilares			$P_{m\acute{a}x}$ [kN] (experimental)	$P_{m\acute{a}x}$ [kN] (Teórico)
P1	H° Reforzado - Sin fibra		689	902
P1 6			631	908
P4	HA - Con Fibra	HR	998	1219
P7			991	1214
P8		HM	931	1228
P9			942	1228

La resistencia máxima axial calculada por los métodos analíticos del código ACI 440, P_o , es mayor en todos los pilares sometidos a carga axial, esto se puede deber principalmente en que los métodos de diseño imponen en sus fórmulas de cálculo factores de reducción que funcionan como un factor de seguridad para los elementos diseñados. Sin embargo, se evidencia que ambos tipos de fibra proporcionan un aumento significativo en la carga de rotura de los pilares, esto es independiente del tipo de fibra que se utilice en el confinamiento.

3.2. Presión de Confinamiento

Siguiendo la secuencia del cálculo, a continuación, se muestran en la Tabla 5 los valores obtenidos para la presión de confinamiento en todos los pilares sometidos a carga axial, comparando los resultados teóricos con los experimentales.

Tabla 5: Comparación de presión de confinamiento

Caracterización Pilares			f_i [Mpa] (Experimental)	f_i [Mpa] (Teórico)
hr	HA- Con Fibra	HR	4,382	4,232
P7			4,147	4,232
P8		HM	1,872	3,872
P9			2,348	3,886

De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 5, la presión de confinamiento es mayor en aquellos pilares de hormigón armado confinados externamente con la fibra HR siendo menor en aquellos reforzados con fibra de altísimo módulo de elasticidad (HM).

3.3. Tensión - deformación de Confinamiento en Pilares

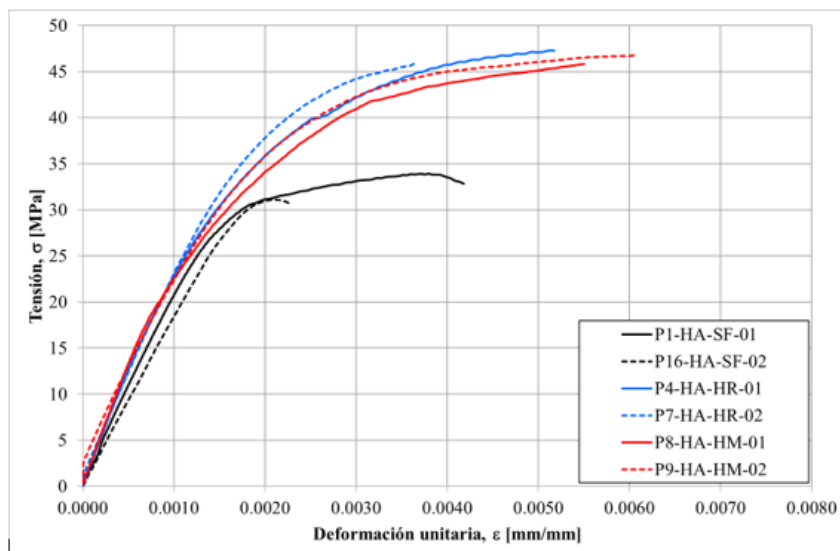
A continuación, se muestran las tensiones de confinamiento de los resultados obtenidos de forma analítica y experimental.

Tabla 6: Tensión de confinamiento en Pilares

Caracterización Pilares			f_{cc}' [Mpa] (Experimental)	f_{cc}' [Mpa] (Teórico)	$\frac{f_{cc}'}{f_c}$
P4	HA- Con Fibra	HR	50,682	54,388	1,1
P7			50,261	54,388	
P8		HM	46,021	53,328	1
P9			46,984	53,640	

De la Tabla 6, se desprende que los valores experimentales de tensión en pilares confinados con fibra HR es de 51 MPa mientras que en aquellos confinados con fibra HM alcanza un promedio de 46 MPa. En ambos casos los valores son coincidentes con las predicciones del código. Mientras que en el gráfico de la figura 6 se observa que ningún pilar llega a una tensión de 51 MPa y son los pilares confinados con fibra HM los que coinciden experimental y analíticamente en resultados.

La máxima deformación a la compresión en pilares eccu, depende principalmente del factor de forma K_b , presión de confinamiento f_i , resistencia a la compresión del hormigón, f_c' , Tensión efectiva en el refuerzo de CFRP alcanzado en la falla, ϵ_{fer} y de la ϵ_c' que corresponde a la deformación a la compresión del concreto confinado. Por una parte, el factor K_b , depende del radio de curvatura del borde de la sección transversal, que tal como se menciona en el punto 2 de este documento, no existe como tal y se asemeja a un radio de 20 mm. Basados en estos resultados y en las imágenes que se observan en la Figura 5, se sugiere que, en los casos en donde el pilar de hormigón se rompe en las aristas, la falta del radio de borde podría influir en las deformaciones



εuc teórica máx Fibra HR
εuc teórica máx Fibra HM

Figura 6

Gráfico tensión deformación experimenta pilares de hormigón armado confinados con CFRP.

reales que se produjeron pues es en esa zona donde se produce la mayor concentración de tensiones.

Para todos los casos analizados anteriormente, se observa que la diferencia de la deformación no depende de la fabricación de los elementos sino del tipo de fibra que proporcionan el confinamiento externo alcanzando tensiones más altas aquellos pilares reforzados con fibra de alto módulo de elasticidad (HR).

Al comparar los resultados obtenidos experimentalmente v/s los obtenidos a partir del código ACI440, se obtiene que los valores están influenciados por la fibra que se utiliza para confinar, por la forma que tenga el pilar y no por los defectos o posición de las armaduras que dispongan estos elementos.

4. Conclusiones

Se han ensayado a compresión hasta la rotura pilares de sección rectangular de hormigón armado de altura 650 mm y de sección transversal 145 mm por 150 mm, confinados con tejidos de fibra de carbono unidireccionales de módulos de elasticidad muy distintos y los resultados obtenidos se han comparado con los criterios de diseño que sugiere el código ACI 440-2R-17. A partir de esto se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En elementos de hormigón simple y hormigón reforzado, confinados con CFRP, la resistencia máxima axial en pilares es menor a la resistencia obtenida en forma analítica. Sin embargo, se debe tener presente que, en este cálculo, las variables empíricas son constantes, mientras que, en la realidad, no lo son.

Los métodos de falla dependen del tipo de fibra a utilizar. Los pilares luego de estar sometidos a cargas de compresión se les observa el hormigón aplastado y con el tejido llevado a la rotura en la parte superior de los pilares.

A pesar de que los pilares tienen desplazamientos de las armaduras longitudinales y transversales todos aumentaron su resistencia, presión de confinamiento y deformación última.

Con respecto a la tensión de confinamiento en pilares confinados, se sugiere, que, para el confinamiento de pilares de hormigón armado, no es necesario instalar fibras de rigidez elevada, y que la armadura no influye significativamente en los resultados.

Referencias

- [1] Hill Jr, L. A.; Fundamentos de diseño estructural, Ed. Alfaomega, México, 2005.
- [2] Jorquera, P.; Análisis de efectos de salinidad en estructuras de hormigón mediante prueba de imperismo acelerado, Universidad de Valparaíso de Chile, Valparaíso, Chile, 2014.
- [3] MAPEI., Retrieved from Mapei.com: <https://www.mapei.com/us/es-us/productos-y-soluciones/productos/detalle/mapewrap-c-uni-ax-300> , Enero 7, 2021.
- [4] Gil, L.; Aplicaciones avanzadas de los materiales compuestos en la obra civil y la edificación. OmniaScience, 2004.
- [5] Villalón, A. D.; Comportamiento de pilares de hormigón armado confinados con materiales compuestos sometidos a compresión centrada. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, 2015.
- [6] Mirmiran, A., Shahawy, M., Samaan, M., El Echary, H., Mastrapa, J., Pico, O.; Effect of Column Parameters on FRP-Confined Concrete. Journal of Composites for Construction, 11, 1998.
- [7] Pham, T., Haidi, M.; Stress Prediction Model for FRP Confined Rectangular Concrete Columns with Corners. Journal of Composites for Construction, 18, 2014.
- [8] Toutanji, H.; Stress-Strain Characteristics of Concrete Columns Externally Confined with Advanced Fiber Composite Sheets, ACI Materials Journal, 1999, 397-404.
- [9] Wang, L.-M., Wu, Y-F; Effect of corner radius on the performance of CFRP - Confined square concrete columns: Test, Sciencia-Direct - Engineering Structures, 2008, 493-505. doi:10.16/j.engstruct.2007.04.016
- [10] Wu, Y.-F., Wei, Y-Y; Effect of cross - sectional aspect ratio on the strength of CFRP - Confined rectangular concrete columns, Engineering Structures, 2008, 32. doi:10.1016/j.engstruct.2009.08.012
- [11] Mander, M., Priestley, N., Park, R.; Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. Journal of Structural Engineering, 1988.
- [12] Lam, L., Teng, J.; (2003). Desing - oriented Stress - Strain Model For - Confined concrete in rectangular columns. Journal of Reinforced Plastics and composites, 2003, 22, (13). doi:10.1177/073168403035429
- [13] Lam, L., Teng, J.; Desing - Oriented Stress- Strain Model For FRP - Confined Concrete In Rectangular Columns. Journal Of Reinforced Plastics and Composites, 2003b, 22(13). doi:10.1177/073168403035429

- [14] Richart, F., Brandtzaeg, A., Brown, R.; A Study of The Failure of Concrete Under Combined compressive Stresses. Bulletin N°185 - Engineering Experiment Station, 1928, 26,(12).
- [15] Ozbakkaloglu, T., Lim, J. C., Vincent, T.; FRP-confined concrete in circular sections: review and assessment of stress-strain models. Eng Struct, 2013, 49: 1068–88.
- [16] Benzaid, R., Mesbah, H., Chikh, NE.; FRP-confined concrete cylinders: axial compression experiments and strength model. J Reinf Plast Compos, 2010, 29(16):2469–88.
- [17] Ozbakkaloglu, T., Lim, JC.; Axial compressive behavior of FRP-confined concrete: experimental test database and a new design-oriented model. Compos Part B, 2013b, 55:607–34
- [18] ACI 440.2R-17; Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete

- structures. Reported by ACI Committee 440. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, USA, 2017
- [19] Comité Técnico CL035. Norma Chilena NCh 170 of 2016. Santiago : Instituto Nacional de Normalización, 2016.
- [20] Comité Técnico, NCh 170 of 85 – Hormigones requisitos generales . Instituto de Normalización INN-Chile, Santiago, 1985.
- [21] Comité Técnico Hormigón y Morteros, NCh 1037 of 2009 - Ensayos de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas . Santiago : Instituto de Normalización INN – Chile, 2009.
- [22] Comité Técnico, NCh 1172 of 2010 – Hormigón – Re-pretado de Probetas. Instituto de Normalización INN-Chile, Santiago, 2010.
- [23] D, Feldman.; Polymeric building materials, Elsevier Science Publishers Ltd., UK. 1989.

NOTICIAS

Investigadores pertenecientes a FINARQ y CIIMAT visitan la Universidad de California en Santa Cruz, California, Estados Unidos buscando formar redes de colaboración para futuros programas de intercambio para estudiantes de nuestra universidad



Los académicos e investigadores de la FINARQ Juan Luis Palma y Alejandro Riveros, miembros del Centro de Investigación en Ingeniería de Materiales (CIIMA) de la universidad visitaron la Universidad de California de Santa Cruz (UCSC) en California, Estados Unidos. Los académicos fueron invitados por el Doctor David Lederman director del programa de Ciencia de Materiales e ingeniería, de la UCSC. Durante la estancia los investigadores realizaron presentaciones al equipo de investigadores de la UCSC, visitaron las dependencias de la universidad, y tuvieron reuniones con secretarios de la NSF (National Science Foundation USA) para la creación de redes para programas de intercambio dirigidos a estudiantes de la UCEN. Al respecto el Doctor Juan Luis Palma menciona:

“Conozco al Profesor Lederman hace más de 5 años, él siempre ha sido muy gentil en invitarnos y dedicar su tiempo para nuestra visita mostrándose siempre susceptible a iniciar proyectos de colaboración científica entre la UCSC y nuestra universidad. Más aún pude tener reuniones con miembros de la National Science Foundation (NSF) y directivos de la UCSC para lograr futuros programas de intercambio entre nuestra universidad y la Universidad de California. Estos programas permitirán el financiamiento para que estudiantes de programas doctorales de la UCEN puedan realizar estadias de investigación en los laboratorios de las sedes de Universidad de California junto con poder disfrutar de un maravilloso entorno universitario ya que, en especial, el campus de la UCSC está ubicado en un ambiente nativo muy especial, en medio de los bosques y rodeada de costa en la ciudad de Santa Cruz”.