

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON FRP Y ENCAMISADO DE
CONCRETO ARMADO PARA LA REPARACIÓN DE VIGAS Y
COLUMNAS DEGRADADAS EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES,
PUCALLPA 2021**

**PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PUCALLPA - PERÚ

2021

PROYECTO DE INVESTIGACION

I. TITULO

Reforzamiento estructural con FRP y encamisado de concreto armado para la reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales, Pucallpa 2021.

II. RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto de investigación propone comparar los diseños y el comportamiento estructural (refuerzo a flexión, esfuerzo cortante, resistencia al concreto y capacidad de deformación) de dos alternativas de reforzamiento estructural, siendo el primer método de reforzamiento con la fibra de carbono (FRP) y el segundo método tradicional que es el encamisado de concreto armado con el fin de evaluar cuál de los métodos es el más conveniente para reparar las vigas y columnas de concreto armado degradadas de las edificaciones residenciales de la ciudad de Pucallpa. Se tomarán en cuenta los sustentos teóricos de reforzamiento estructural, tipos de intervención en estructuras, ensayos realizados con fibra de carbono y el marco normativo; también se estudiará la información de ensayos realizados con encamisado de concreto armado y su marco normativo. En ambos casos se tendrá en cuenta el diseño a flexión y a corte en vigas y el diseño a flexo compresión en columnas.

La investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño preexperimental tomando como muestra las vigas y columnas degradadas que presentan fallas y requieren reforzamiento estructural de 3 viviendas de 3 pisos de uso familiar construidas por maestros empíricos. Las elecciones de los elementos de estudio dependen de la necesidad del investigador por ello el método de muestreo corresponde al no probabilístico de tipo conveniencia.

Con los resultados se espera comprobar que existe diferencias significativas entre el reforzamiento estructural entre FRP y encamisado de concreto armado en la reparación de las vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa, de manera que el reforzamiento estructural con fibra de carbono es más eficiente por sus propiedades mecánicas y costo beneficio.

III. PALABRAS CLAVE (KEYWORDS)

Reforzamiento, estructuras, fibra de carbono, encamisado, reparación.

IV. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Los edificios son grandes espacios construidos generalmente con ladrillos, concreto y otros elementos, donde el ser humano desarrolla una diversidad de actividades.

En la ciudad de Pucallpa, muchas personas evitan contratar profesionales en ingeniería por ahorrarse dinero recurriendo a la informalidad con maestros empíricos por lo que las construcciones carecen de sustento técnico debidamente calculados y planificadas que se deben considerar en un proyecto constructivo unifamiliar y multifamiliar.

Con el paso del tiempo surgen problemas en la estructura y en los elementos que lo conforman relacionados a las violaciones de las especificaciones, códigos o regulaciones del reglamento nacional de edificaciones E.060 durante el proceso constructivo que generan costos altísimos de reparación.

El uso de la fibra de carbono surge en los años 80, siendo un método con propiedades de resistencia superiores al acero y a otros métodos de reforzamiento estructural como el encamisado de concreto o con perfiles y placas de acero que son las más frecuentes (Moncayo y Rodríguez, 2016). Estos métodos producen cambios en la arquitectura y

requieren de hasta 8 días de aplicación como refiere

En el Perú, existen pocas investigaciones como las de Estrada y Yoplac (2019), Guillermo & Silva (2019), Ramos (2019) y Cutti (2015) en las que se analiza los beneficios técnicos económicos para su uso en el reforzamiento estructural de vigas y columnas cuyos resultados son favorables en el incremento de cargas; sin embargo, su empleo en la ciudad de Pucallpa es nulo, debido a la falta de información y especialistas que pongan en práctica este método.

En ese sentido, la presente investigación propone evaluar el incremento de la resistencia que aporta la aplicación de FRP en las vigas y columnas y compararlas con el método tradicional de encamisado de concreto armado. Las vigas y columnas a evaluar serán de las edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa que presentan deficiencias constructivas y afectan la resistencia a la flexión, esfuerzo cortante y flexo compresión para compararlas con el método tradicional en los aspectos técnicos y económicos, teniendo en cuenta que en nuestro medio existen factores que podrían influir en su aplicación y en los resultados finales.

Con los resultados se podría ofrecer de manera acertada al cliente el uso de este elemento como un método alternativo innovador que contribuye con la rehabilitación y reforzamiento estructural permitiendo dar viabilidad a la recuperación de su vivienda garantizando la seguridad de las personas que lo habiten.

V. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Entre los principales estudios, investigaciones o tesis encontradas, y tomadas como referentes en esta propuesta de investigación se tiene:

Internacionales

En Ecuador, Calderón y Donoso (2017) en su investigación propone 6 alternativas de fibras de polímeros para el reforzamiento de la estructura de una edificación de 6 plantas cuyo primer piso cambiara de uso de oficina a parqueadero. Las normas ACI 440, ACI 318 y ACI 216 se emplearon para los cálculos. Los resultados evidencian que los costos con fibra son considerablemente 21 % menores que el tradicional. La fibra tipo UHS (ultra alta resistente) es la más óptima obteniendo un incremento máximo de refuerzo a flexión de 31 % en vigas. Sabiendo que la cantidad de capas incrementa el costo de la mano de obra por el tiempo de instalación y que, en el sistema de refuerzo debe ser mínima ya que en algunos casos el peso volumétrico incide en la selección y al usar una fibra de mayor densidad reduce la cantidad de capas, para cumplir con los requerimientos de diseño no se excedió la máxima recomendada en ningún elemento estructural. En el aspecto social y ambiental, el impacto causado al entorno es menor con el uso de sistemas FRP en comparación a los reforzamientos tradicionales con hormigón armado.

Jácome (2016) en su investigación de tipo aplicativa y diseño correlacional, realiza la evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono en el Edificio Multifamiliar Huaraz de Breña. La información se obtuvo a partir de la aplicación de Sika CarboDur S. a las vigas siguiendo lo establecido a la norma ACI 440.2R – 08, E020, E030, E060. La evaluación económica mediante software ETABS 2017.

En México, Moncayo y Rodríguez (2016) en su investigación refieren el encamisado de concreto o con perfiles de acero y refuerzo mediante placas de acero son las técnicas más frecuentes para el reforzamiento de estructuras y que a la actualidad la fibra de carbono es una técnica innovadora de materiales compuestos. Concluye que la fibra de carbono es la manera más práctica de restaurar la capacidad de una estructura ya que cuenta con características excelentes para la asimilación de esfuerzos y es poco vulnerable a ataques externos.

Así mismo, Dueñas (2015) en su investigación plantea demostrar el incremento de la

resistencia a flexión de las vigas metálicas mediante la aplicación del FRP. Los resultados demuestran que la resistencia en la viga solo incrementó en un 3 % presentando fallas por inestabilidad, además de pandeo local de la aleta o patín superior. A mayor rigidez del FRP se necesita menor espesor del refuerzo. La aplicación de la resina de saturación de alta resistencia generó que los tejidos unidireccionales de refuerzo resistan mejor el esfuerzo de flexión.

Nacionales

En Lima, Estrada & Yoplac (2019) plantean en su investigación el objetivo general evaluar técnica y económicamente el reforzamiento estructural con fibras de carbono en vigas de concreto armado en un edificio multifamiliar en Huaraz. El análisis modal espectral del edificio multifamiliar se realizó en el software ETABS 2017 (v.17.0.1) evidenciando que el acero empleado en las vigas no cumple con el mínimo requerido por lo que la estructura está esforzada, vulnerable y presenta irregularidad extrema. El edificio con deficiencias constructivas presenta un valor de S/. 8,722,979.39 soles, se realiza una inversión de S/. 3,654,755.67. Los costos de inversión son hasta un 10.67 % más económico que el reforzamiento convencional encamisado de vigas. Los resultados evidencian que la fibra de carbono fue la mejor alternativa técnica de reforzamiento estructural aumentando la capacidad de flexión de $133.25 \text{ kN-m} \geq 112.53 \text{ kN-m}$ a $156.12 \text{ kN-m} \geq 141.78 \text{ kN-m}$ cumpliendo con las tensiones de servicio bajo las cargas deseables; así mismo aporta 39.56 kN (Sin refuerzo = 209.49 kN, con refuerzo 249.05 kN) de la capacidad cortante sin alterar el dimensionamiento, distribución estructural.

Guillermo & Silva (2019) en su investigación para realizar una evaluación técnico-económica de las técnicas de reforzamiento estructural de polímero reforzado con fibra de carbono y el encamisado de concreto reforzado aplicado a vigas y columnas de los pisos 3 y 4 de un edificio de hotel por cambio de uso a partir del RNE del Perú 8E20, E030, E060 y de normas internacionales ACI440.2R, ACI369, ACI318 y, el programa ETABS para el análisis de comportamiento estructural. Al agregar las nuevas cargas se evidencia fallas por flexión en 4 vigas peraltadas cuyo resultado promedio fue 9.96 ton.m, fallas de flexo compresión en 3 columnas y fallas por esfuerzo cortante críticas de 4 vigas peraltadas con promedio de 20.79 tonf. En cuanto al esfuerzo a flexión, las vigas peraltadas resultaron con promedio 26.66 ton.m en el método de encamisado y 17.12 ton.m en CFRP. En esfuerzo cortante, el reforzamiento encamisado resultó 30.3 tonf vs 27.46 tonf en CFRP. Económicamente, la alternativa más factible es el refuerzo por encamisado de concreto reforzado. Sin embargo, el tiempo de duración de las actividades y el aporte en los esfuerzos es mucho más significativo para el reforzamiento con CFRP. Así mismo, con el refuerzo CFRP el hotel podría iniciar su funcionamiento en un 58% de tiempo menor que el encamisado por lo que la inversión realizada la podría recuperar en un menor tiempo.

Ramos (2019) realizó una investigación aplicada de nivel explicativa y diseño experimental para evaluar el reforzamiento estructural con encamisado de fibras de carbono en columnas de una vivienda multifamiliar de 3 niveles ubicado en Santa Anita en la ciudad de Lima. Se emplearon las normas NTE. E.020, E060 y al reglamento ACI 318-08, y el programa Etabs para el análisis. Los resultados evidencian que el uso aceptablemente ante un evento sísmico en desplazamientos máximos, distorsión de entrepiso y momento de volteo por su resistencia a la corrosión, peso ligero sin influencia en la estructura original lo cual su instalación es muy fácil y es rentable en comparación con otro método de reforzamiento.

En Huancavelica, Cutti (2015) propone en su investigación de tipo aplicativo y nivel descriptiva y explicativa, determinar la influencia del uso de las fibras de carbono en el reforzamiento exterior de una viga peraltada tras el incremento de cargas en una edificación de la ciudad de Lircay. La investigación emplea el diseño cuasi experimental con post test y grupos intactos a dos vigas rectangulares de concreto ($L=69\text{cm}$ $A=15,50\text{cm}$ $E=15,45\text{cm}$), una con reforzamiento y otra sin reforzamiento, la evaluación se realizó según norma ACI 440.2R-08 del Instituto Americano de Concreto. Los resultados demuestran que el uso de fibras de carbono SIKACARBODUR S 1012 y el epóxido

SIKADUR 30 en la viga permite incrementar su resistencia en 1000Kg. Las desventajas son los costos del material de fibra de carbono por la mano de obra calificada. Las ventajas refieren al método de diseño no es exclusivo para edificaciones sino para estructuras en general, el impacto visual del elemento reforzado, no modifica ni incrementa el área de la sección reforzada evitando carga muerta, resistencia a tracción y facilidad de colocación.

VI. HIPOTESIS DEL TRABAJO

Hipótesis general

Ha: Existe diferencias significativas entre el reforzamiento estructural entre FRP y encamisado de concreto armado en la reparación de las vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa, 2021.

Ho: No existe diferencias significativas entre el reforzamiento estructural entre FRP y encamisado de concreto armado en la reparación de las vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa, 2021.

Hipótesis específicas

- a) Es posible diseñar el reforzamiento estructural con FRP y encamisado de concreto armado como propuesta de reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- b) Las diferencias son significativas entre el reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en cuanto a la resistencia nominal a flexión en la reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- c) Las diferencias son significativas entre el reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en cuanto al esfuerzo cortante en la reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- d) Las diferencias son significativas del reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en cuanto a la resistencia al concreto y la capacidad de deformación en columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- e) Existe diferencias significativas de costo y tiempo del reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en la reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa

VII. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las diferencias entre el reforzamiento estructural con FRP y encamisado de concreto armado para la reparación de las vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa, 2021.

VIII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Diseñar el reforzamiento estructural con FRP y encamisado de concreto armado como propuesta de reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- b) Determinar las diferencias entre el reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en cuanto a la resistencia nominal a flexión en la reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- c) Determinar las diferencias entre el reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en cuanto al esfuerzo cortante en la reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- d) Determinar las diferencias del reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en cuanto a la resistencia al concreto y la capacidad de deformación en columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.
- e) Determinar las diferencias de costo y tiempo del reforzamiento estructural con FRP y el encamisado de concreto armado en la reparación de vigas y columnas degradadas en edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa.

IX. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

La investigación es de tipo aplicada puesto que propone identificar las diferencias entre dos métodos de reforzamiento estructural y proponer la más adecuada para reparar vigas y columnas de concreto armado degradadas de edificaciones residenciales en la ciudad de Pucallpa (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El nivel es descriptivo, la cual busca especificar las propiedades y características de la variable de estudio. El diseño es pre experimental de tipo descriptivo transversal.

El universo lo conformarán las viviendas de 3 pisos de uso familiar ubicados en el distrito de Calleria. La población lo conforma 10 viviendas de 3 pisos de uso familiar cuya estructura con deficiencias constructivas afecten la resistencia a la flexión y esfuerzo cortante y sean viables al reforzamiento estructural. La muestra lo conforman las vigas y columnas que presenten fallas en la resistencia a la flexión y esfuerzo cortante de 3 viviendas de 3 pisos de uso familiar construidas por maestros empíricos. Se empleará el método de muestreo no probabilístico de tipo conveniencia por cuanto la elección de los elementos de estudio dependen de la necesidad del investigador.

La técnica a emplear será la observación estructurada y estandarizado. El instrumento a emplear será la ficha de observación basada en el ACI 562 la cual está basada en 5 procesos con la cual se establecerá la viabilidad de la reparación y reforzamiento estructural que clasifica el grado de intervención en: No hacer nada, reevaluar, reparar, reforzar, reconstruir, remodelar.

Los valores obtenidos de los cálculos de resistencia a flexión, esfuerzo a corte, resistencia al concreto, capacidad de deformación se ordenarán en el programa SPSS donde se efectuará el análisis descriptivo para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de varianza. Las hipótesis serán contrastadas mediante la estadística inferencial para determinar si las medias obtenidas presentan diferencias estadísticamente significativas.

X. REFERENCIAS

Baca, W. (s.f.). Experiencia Peruana en el diseño y aplicación de reforzamiento estructural con fibra de carbono.

Calderón, L. P., & Donoso, D. A. (2017). Mejoramiento de las condiciones estructurales en edificios de hormigón armado aplicando FRP (Fiber reinforced polymer). Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra, Guayaquil.

Cutti, K. (2015). Análisis experimental del uso de las fibras de carbono para el reforzamiento de una viga peraltada, de concreto armado para una edificación en la ciudad de Lircay-Angaraes-Huancavelica. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental, Lircay.

Dueñas, J. Á. (2015). Reforzamiento de estructuras con FRP (Fiber Reinforced Polymers), aplicación al caso de refuerzo a flexión de vigas metálicas. Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Sangolquí.

Estrada, M. A., & Yoplac, J. (2019). Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono en el edificio multifamiliar Huaraz Breña-Lima 2019. Lima.

Guillermo, A. D., & Silva, S. (2021). Evaluación y diseño de dos propuestas de reforzamiento para vigas y columnas de concreto armado en una edificación de hotel. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de

Ingeniería, Lima.

Jácome, P. J. (2016). Determinación de las técnicas de reforzamiento para mejorar el desempeño estructural de un edificio mixto. Informe de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ámbato.

Moncayo, M., & Rodríguez, J. (2016). Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras. Revista Académica de la FI-UADY, 57-62. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750927006.pdf>

Ramos, I. B. (2019). Reforzamiento estructural con encamisado de fibra de carbono en columna para vivienda de 3 pisos en Santa Anita, 2019. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.

XI. USO DE LOS RESULTADOS Y CONTRIBUCIONES DEL PROYECTO

Desde el aspecto teórico el proyecto sistematiza y analiza información científica de conceptos relacionados a la evaluación y reforzamiento estructural, fibra de carbono sus propiedades, componentes; reparación de edificaciones, marco normativo aplicadas a las cargas, diseño sismo resistentes, concreto armado, los cuales sustentan la investigación, este aspecto es un aporte que contribuye en la reflexión académica sobre el conocimiento existente ya que permitirá confrontar o aseverar las teorías existentes del reforzamiento estructural.

Desde el aspecto metodológico, las técnicas e instrumentos que se emplearán serán confiables y válidas para la evaluación de las necesidades de reforzamiento estructural de edificaciones residenciales de 3 pisos y su diseño tanto con FRP como con el encamisado de concreto armado.

En lo práctico, el proyecto desarrollará una investigación que ayudará a definir entre dos métodos de reforzamiento estructural cual es el más adecuado para solucionar problemas de reparaciones estructurales que necesiten reforzarse.

XII. IMPACTOS ESPERADOS

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

La fibra de carbono es un material que abarco aplicaciones comerciales más generales en los años 70 y 80 y que hoy en día se usa para las reparaciones y reforzamientos en obras de construcción civil por sus propiedades físicas y mecánicas. La investigación a través de la metodología de investigación pondrá a prueba el reforzamiento, un tipo de intervención en estructura que sirve para incrementar la capacidad de resistencia de los elementos estructurales y de la estructura en su conjunto a través de dos métodos: fibra de carbono y encamisado de concreto armado. Los resultados serán evidencia de las ventajas del uso de este material como reforzamiento frente al método tradicional del encamisado

ii. Impactos económicos

Los resultados en cuanto a costos y tiempo serán de importante conocimiento para la población en general puesto que el bajo costo de inversión para la reparación de fallas en la estructura con fibra de vidrio está vinculada a un método eficiente en comparación con el método tradicional de encamisado.

iii. Impactos sociales

La fibra de carbono como elemento de reforzamiento estructural en la construcción civil no es conocido en la ciudad de Pucallpa y existe una fuerte costumbre por emplear lo conocido. Al demostrar que la fibra de carbono es

una opción de reforzamiento estructural más eficiente que mantiene el diseño arquitectónico y cuyos beneficios de la resistencia a la corrosión, el bajo costo de instalación y la información técnica económica cambiará la mentalidad de las personas que quieran solucionar los problemas estructurales en su vivienda.

iv. Impactos ambientales

El empleo de la fibra de carbono en el reforzamiento estructural reduce el impacto ambiental ya que los materiales residuales de su instalación son pocos a comparación del método tradicional.

XIII. RECURSOS NECESARIOS:

Recursos humanos

- Investigadores
- Asesor
- Estadista

Recursos materiales

- Útiles de escritorio
- Útiles de campo

Recursos financieros

El proyecto cuenta con los recursos para ejecutar la investigación y será autofinanciado por los autores.

XIV. LOCALIZACION DEL PROYECTO

La localización del proyecto será en el distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

XV. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

[illegible]

XVI. PRESUPUESTO

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
USB	Unidad	1	30.00	30.00
Materiales de escritorio	Global	1	20.00	20.00
Cámara fotográfica	Unidad	1	250.00	250.00
Computadora personal	Unidad	1	2,500.00	2,500.00
Asesoría	Global	1	2,500.00	2,500.00
Estadista	Global	1	1000.00	1000.00
Consultas web	Global	1	30.00	30.00
Fotocopias	Millar	1	0.10	100.00
Impresiones	Unidad	300	0.50	200.00
Encuadernación	Unidad	7	30.00	300.00
Pasajes	Global	1	350.00	450.00
Imprevistos	Global	1	200.00	500.00
				S/.7850.00