

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Uso de fibra de carbono como reforzamiento  
estructural en vigas de concreto armado**

Diego Hasch Olivera Palomino

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Abancay, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	3%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
5	<a href="https://repositorio.utea.edu.pe">repositorio.utea.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="https://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

10	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	annualreport15.swissnex.org Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	doku.pub Fuente de Internet	<1 %

21	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.ensingerplastics.com Fuente de Internet	<1 %
26	btdt.ibict.br Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	b2b.partcommunity.com Fuente de Internet	<1 %
29	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.utfpr.edu.br Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, doy gracias a Dios que me dio la vida y me permite cada día cumplir mis metas y en especial por dejarme llegar a este momento importante en mi vida.*

*Agradezco a mis seres queridos y a las personas que siempre me apoyaron desde el principio en cada paso de mi vida, gracias a todas estas personas por ayudarme a conseguir cada uno de mis objetivos.*

*Agradezco a mis profesores por haberme guiado y enseñado con dedicación durante todo este proceso de formación universitaria.*

*Agradezco también a mis asesores, que con su colaboración y tiempo me ayudaron a finalizar mi proyecto de tesis y de esta manera llegar a cumplir uno de mis objetivos el de ser ingeniero civil.*

## DEDICATORIA

*Dedicado a mis seres queridos gracias a ellos por ayudarme a lograrlo, gracias por su confianza y su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Por eso yo les dedico esta tesis en honor a su cariño y colaboración constante.*

## Índice

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	ix
CAPÍTULO I:.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
Planteamiento y formulación del problema .....	1
FORMULACION DEL PROBLEMA.....	3
Objetivos.....	3
Justificación e importancia .....	3
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	4
CAPÍTULO II:.....	6
MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Bases teóricas .....	6
2.3. Definición de términos básicos.....	21
CAPÍTULO III:.....	23
METODOLOGÍA .....	23
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación .....	23
3.2. Diseño de la investigación .....	23
3.3. Población y muestra .....	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
CAPÍTULO IV: .....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras) .....	26
4.2. Contratación de hipótesis.....	39
4.3. Discusión de resultados.....	43
CONCLUSIONES .....	46
RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS.....	51

## Contenido de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Cantidad de muestra para el ensayo.....	24
<b>Tabla 2</b>	Muestra patrón a los 7 días.....	26
<b>Tabla 3</b>	Muestra patrón a los 14 días.....	26
<b>Tabla 4</b>	Muestra patrón a los 21 días.....	27
<b>Tabla 5</b>	Muestra patrón a los 28 días.....	27
<b>Tabla 6</b>	Muestra con fibra de carbono a los 7 días.....	28
<b>Tabla 7</b>	Muestra con fibra de carbono a los 14 días.....	28
<b>Tabla 8</b>	Muestra con fibra de carbono a los 21 días.....	29
<b>Tabla 9</b>	Muestra con fibra de carbono a los 28 días.....	29
<b>Tabla 10</b>	Muestra con fibra de carbono a los 7 días.....	30
<b>Tabla 11</b>	Muestra con fibra de carbono a los 14 días.....	30
<b>Tabla 12</b>	Muestra con fibra de carbono a los 21 días.....	31
<b>Tabla 13</b>	Muestra con fibra de carbono a los 28 días.....	31
<b>Tabla 14</b>	Muestra con fibra de carbono a los 7 días.....	32
<b>Tabla 15</b>	Muestra con fibra de carbono a los 14 días.....	32
<b>Tabla 16</b>	Muestra con fibra de carbono a los 21 días.....	33
<b>Tabla 17</b>	Muestra con fibra de carbono a los 28 días.....	33
<b>Tabla 18</b>	Consolidado de muestra patrón.....	34
<b>Tabla 19</b>	Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con una capa.....	35
<b>Tabla 20</b>	Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con dos capas.....	36
<b>Tabla 21</b>	Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con dos capas.....	37
<b>Tabla 22</b>	Consolidado de muestra con fibra de carbono.....	37
<b>Tabla 23</b>	Consolidado general.....	38
<b>Tabla 24</b>	Prueba de hipótesis general.....	39
<b>Tabla 25</b>	Prueba de hipótesis específica 1.....	40
<b>Tabla 26</b>	Prueba de hipótesis específica 2.....	41
<b>Tabla 27</b>	Prueba de hipótesis específica 3.....	42

## Contenido de figuras

<b>Figura 1</b>	Comparación esquemática de tipos de estructuras de carbono .....	9
<b>Figura 2</b>	Filamentos de fibra de carbono .....	10
<b>Figura 3</b>	Valores característicos de la fibra de carbono .....	11
<b>Figura 4</b>	Mezcla de concreto .....	15
<b>Figura 5</b>	Patologías típicas en vigas de concreto afectadas por corrosión .....	18
<b>Figura 6</b>	Fisuras observadas en vigas de concreto armado.....	19
<b>Figura 7</b>	Pórtico típico .....	19
<b>Figura 8</b>	Consolidado muestra patrón.....	34
<b>Figura 9</b>	Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con una capa .....	35
<b>Figura 10</b>	Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con dos capas.....	36
<b>Figura 11</b>	Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con tres capas .....	37
<b>Figura 12</b>	Consolidado general.....	38

## RESUMEN

En los últimos años, con la aparición de nuevas metodologías de refuerzo para elementos estructurales de hormigón armado, más soluciones alternativas han surgido. Estas soluciones nos permiten "reforzar" elementos de hormigón armado que son sometidos a mayores cargas después de haber alcanzado su vida útil, lo que nos permite comparar las diversas alternativas que están disponibles en el mercado en términos de sus costos. Saber de antemano que las estructuras de hormigón armado presentan con frecuencia ciertas patologías estructurales que pueden ser causadas por errores de diseño, fallas de construcción, mala calidad de los materiales, cambio en el uso de la estructura, falta de mantenimiento, y otros factores; Todo esto puede conducir a un aumento en la carga final que la estructura está diseñada para soportar. Estas patologías aun aumentado la demanda de servicios de rehabilitación y mantenimiento de estructuras que sumados a los efectos ambientales han conllevado a optar por el reforzamiento de la estructura. , debido al elevado índice de ocurrencia de sismos, el reforzamiento estructural se viene utilizando desde varias décadas atrás.

Es por ello que, surge la necesidad de realizar esta investigación con el objetivo de determinar de qué manera el uso de fibra de carbono influye en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado. Para tal fin, se optó por una metodología aplicada, con nivel explicativo y diseño experimental, los datos fueron recolectados aplicando la técnica del fichaje y de la observación a una muestra conformada por 24 diseños con distintas áreas de refuerzo de fibra, el control se realizó en cuatro ocasiones a los 7,14,21 y 28 días.

La investigación demostró que el refuerzo de estructuras haciendo uso de materiales compuestos por fibras de carbono aumenta considerablemente la resistencia a la flexión del elemento estructural. Llegándose a concluir que utilizar este material influye positivamente en el reforzamiento de un importante elemento estructural: las vigas de concreto, lo que quiere decir que esta aplicación aumentara las propiedades mecánicas y físicas del concreto armado.

**Palabras clave:** Fibra de carbono, vigas, concreto armado, flexión, grietas.

## ABSTRACT

In recent years, with the appearance of new reinforcement methodologies for reinforced concrete structural elements, more alternative solutions have emerged that allow us to "reinforce" reinforced concrete elements that are subjected to greater loads after having reached their service life, thus allowing us to compare in terms of cost the various alternatives that exist in the market. Knowing beforehand that reinforced concrete structures frequently present certain structural pathologies caused by design errors, construction failures, poor quality of materials, change of use of the structure, lack of maintenance, among others; which can cause an increase in the ultimate load of the structure. These pathologies have increased the demand for rehabilitation and maintenance services for structures, which, added to the environmental effects, have led to the option of reinforcing the structure. In Peru, due to the high rate of occurrence of earthquakes, structural reinforcement has been used for several decades.

For this reason, the need arises to carry out this research with the objective of determining how the use of carbon fiber influences the structural reinforcement of reinforced concrete beams. For this purpose, an applied methodology was chosen, with an explanatory level and experimental design, the data were collected by applying the punching technique and observation to a sample of 24 designs with different areas of fiber reinforcement, the control was carried out on four occasions at 7, 14, 21 and 28 days.

The research showed that the reinforcement of structures using carbon fiber composite materials considerably increases the flexural strength of the structural element. It was concluded that the use of this material positively influences the reinforcement of an important structural element: concrete beams, which means that this application will increase the mechanical and physical properties of reinforced concrete.

**Keywords:** Carbon fiber, beams, reinforced concrete, bending, cracks.

## INTRODUCCIÓN

El aumento de cargas proyectadas puede provocar una deformación de la estructura, siendo necesario aplicar una opción segura y fácil como el reforzamiento estructural, ya que de no ser solucionado oportunamente podría conllevar a problemas de durabilidad sobre todo si se han utilizado materiales deficientes, En la mayoría de las situaciones, es importante llevar a cabo intervenciones de refuerzo y reparación. Una de las diversas técnicas es el refuerzo externo mediante fibras de carbono, que consiste en cubrir el elemento a base de en el estado de falla, que podría ser doblado o cortante.

Los materiales compuestos se utilizaron por primera vez durante la Segunda Guerra Mundial y son materiales heterogéneos que consisten en un Matriz plástica (polímeros) asociada con una fibra de refuerzo, que generalmente está hecha de vidrio o carbono y puede ser de una variedad de formas, incluyendo partículas, fibras cortas, largas o continuas (Iras, 2013). Los materiales compuestos se desarrollaron en respuesta a la necesidad de materiales más fuertes, ligeros y duraderos. Ante lo anteriormente expuesto, se reafirma además la importancia de contar con la participación de un profesional en ingeniería civil que domine los materiales y métodos de reforzamiento estructural que pueden aminorar los errores estructurales, como el reforzamiento utilizando fibra de carbono (FC) (Contreras, 2011).

Históricamente, en el Perú se optado por el reforzamiento estructural de manera convencional por muchos años, empleando elementos como placas o columnas, instalando elementos metálicos o incrementando el tamaño de las secciones transversales; todo esto a fin de que contribuyan a soportar las cargas no estimadas. Aunque, en la última década, se ha popularizado el uso de materiales de alta tecnología para el reforzamiento estructural, dado que presentan grandes ventajas y beneficios a posteriori; como la FC, el cual es un polímero 10 veces más resistente a la tracción que el acero ( $35\ 500\ \text{kg/cm}^2$  vs.  $4\ 200\ \text{kg/cm}^2$ ) y mucho más liviano (Flores, 2013).

Como resultado de esta demanda de proyectos de refuerzo estructural de diversos tipos de estructuras, como vigas de puentes y muelles, así como paredes, losas, columnas y vigas de edificios; el uso de sistemas compuestos

CFRP (polímero reforzado con fibra de carbono) da como resultado una metodología versátil, que es ideal debido a su fácil aplicación, que no contempla la demolición de los elementos, así como a su bajo peso, como así como el hecho de que es capaz de soportar temperaturas extremas (no modifica la masa total del sistema estructural).

En el futuro de la construcción se divisa a la fibra de carbono como un material prometedor. Este, es un polímero compuesto por finos (incluso más que el cabello del ser humano) y largos filamentos de átomos de carbono que se han unido en una formación de cristal; los cuales además son más livianos, resistentes y rígidos que el acero. La Fibra de Carbono es un material que puede ser empleado en distintos elementos estructurales como las columnas a fin de incrementar su rigidez, en las vigas para aumentar su ductilidad o en los muros para elevar su rigidez limitando la ocurrencia de deformaciones. (Castro, 2019). Y a su vez incrementar sus propiedades de resistencia a la flexión y a cortante, pero no siempre su aplicación es beneficiosa, ya que, en vigas poco dúctiles, puede originar un indeseable comportamiento frágil

Las fibras de carbono son materiales extremadamente flexibles, son altamente resistentes, son elementos ligeros y de baja densidad En comparación con el acero , son resistentes a altas temperaturas y tienen baja expansión térmica, tienen una instalación baja costo y una rápida puesta en marcha; Estos beneficios los hacen muy conocidos en una variedad de industrias, incluyendo la aeronáutica, la construcción y la automotriz. industrias, entre otras. Las fibras de carbono tienen una baja expansión térmica y son resistentes a altas temperaturas. Las fibras de carbono también son elementos ligeros y de baja densidad en comparación con el acero (Ojeda, 2011).

Las recomendaciones y la metodología de diseño de los refuerzos CFRP se describen en los diversos manuales de los fabricantes de fibras poliméricas. También están descritos por el Comité ACI 440.2R-08 (Guía para el Diseño y Construcción de Bonded externamente) Sistemas FRP para el refuerzo de Hormigón Structures, EE.UU.), que se presenta más como una guía o manual, que como un código o estándar para el diseño de refuerzo con composites FRP (Fiber Reinforced Polymer).

## **CAPÍTULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **Planteamiento y formulación del problema**

En el mercado global, hay una variedad de métodos para el refuerzo estructural, algunos de los cuales requieren una cantidad significativa de tiempo para realizar dicho refuerzo, mientras que otros piden la limpieza y la inhabilitación del área para ser reparado, lo que resulta en pérdidas financieras debido a la cantidad de tiempo que tomará completar las reparaciones; Por esta razón, deseamos verificar la efectividad del uso de fibra de carbono como método de refuerzo para el refuerzo Vigas de hormigón, porque este método tiene beneficios como ser rápido. La fibra de carbono es un material que está hecho de carbono siendo uno de los AFRP de fibra de aramida más utilizados, GFRP de fibra de vidrio y, lo que es más importante, CFRP de fibra de carbono (Castro, 2019).

Dado que la costa peruana está ubicada en el Cinturón de Fuego del Pacífico, presenta un potencial sísmico elevado, siendo importante que las edificaciones sean diseñadas y ejecutadas siguiendo normativa sismorresistente, aunque no siempre se cumple en la realidad dado que muchas veces gana la informalidad y se obvia al personal en los proyectos de edición de manera que no se garantiza el cumplimiento de la normativa; también sucede que las edificaciones terminan siendo utilizadas para un fin diferente al contemplado elevando su vulnerabilidad, siendo el reforzamiento estructural, la solución más adecuada y menos invasiva.

Existen diversos materiales que se utilizar para reforzar los elementos estructurales, aunque la fibra de carbono es una de las más utilizadas dado que, comparado con otros, es uno de los más ventajosos como, por ejemplo, su resistencia en exteriores, uso de pocos equipos que además no son de gran tamaño, fácil intervención y el corto periodo de tiempo que requiere su aplicación. Entre sus desventajas, resalta dos principalmente siendo que en nuestro país todavía no se cuenta con una normativa específica y, su costo elevado aunque existen algunas estrategias para abaratar en la medida de lo posible este aspecto, por lo que podría ser costeadado en proyectos de baja envergadura (Manrique, y otros, 2019).

En un proyecto de obra civil, el refuerzo estructural debe completarse de una manera rápida y suficiente. Sin embargo, los métodos de refuerzo que ahora se usan ampliamente son laboriosos y difíciles de establecer, como los siguientes:

Las paredes de corte se pueden agregar o rellenar entre marcos existentes para hacer que la estructura sea más rígida y aumentar su resistencia final. Revestimiento o revestimiento de la estructura con hormigón armado. Las columnas existentes se modifican mediante la adición de paredes laterales o alas. Aumentar el grosor o ancho de los componentes. La incorporación de marcos adicionales que tienen un vínculo directo o indirecto con la estructura.

Para conseguir un aumento tanto de la capacidad de deformación como de la ductilidad: Hormigón o protector mortero, reforzado con malla de acero. Revestido con láminas de acero para su protección. revestidos con ángulos y placas de acero, o cubiertos de acero.

La capacidad de deformación, la ductilidad y la resistencia lateral del material: Adición y llenado mediante un sistema de arriostramiento fabricado en acero

dúctil Por lo tanto, el sistema de refuerzo con Elementos Fabricado en fibra de carbono es un sistema que ha sido muy bien recibido y que permite mitigar todos los factores que se han mencionado anteriormente mediante la disposición de la fibra de carbono, de acuerdo con el efecto que se va a mitigar ( flexión, cizallamiento, torsión o sismicidad), con el fin de prevenir o corregir el efecto (Beltrán, 2011).

Debido a las razones que se expusieron anteriormente, es necesario llevar a cabo una investigación en Orden de puesta en acción y llevar a cabo un refuerzo que sea práctico y sencillo de instalar, que suministre y mitiga de manera adecuada, el deterioro de los elementos estructurales y la influencia de su uso en el refuerzo de vigas, lo que plantea los siguientes problemas.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **Problema general**

¿De qué manera el uso de fibra de carbono influye en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado?

### **Problemas específicos**

1. ¿De qué manera el uso de una capa de fibra de carbono influye en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado?
2. ¿De qué manera el uso de dos capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado?
3. ¿De qué manera el uso de tres capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado?

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar de qué manera el uso de fibra de carbono influye en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado

#### **Objetivos Específicos**

1. Determinar de qué manera el uso de 1 capa de fibra de carbono influye en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado.
2. Determinar de qué manera el uso de 2 capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.
3. Determinar de qué manera el uso de 3 capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado

### **Justificación e importancia**

Se justifica teóricamente por que el presente trabajo de investigación nos permitirá poner en práctica todos los conocimientos sobre la fibra de carbono aplicados para el reforzamiento de estructuras , puntualmente para reforzar la estructura de las vigas, aportando así nuevos resultados que servirán para estudios posteriores , por lo que además será de antecedente en estudios que

tengan las mismas variables de estudio y puedan contribuir a un más al conocimiento de este importante tema.

Tiene Justificación practica por que los resultados obtenidos, podrán comprobar y dar a conocer las ventajas sobre el uso de este material en el reforzamiento estructural en una importante estructura elaborada a base de concreto armado sabiendo que gran parte de las construcciones a nivel nacional y en nuestra localidad necesitan nuevas y mejores formas de reforzamiento estructural.

Se justifica socialmente porque se considera que el estudio es importante, ya que desde hace muchos años se presentan varios problemas en las construcciones por la falta de reforzamiento en las estructuras, que se encuentran vulnerables por los sismos que suceden en nuestro país o el paso del tiempo. Además, que brindará mayor conocimiento en nuestra población y será de importancia científica aportando de esta manera a los profesionales de Ingeniería Civil. También tiene relevancia, porque existe muy pocos estudios al respecto realizados en nuestra localidad

Ante lo expuesto, se concluye que esta investigación es importante tanto para incrementar el conocimiento del profesional en ingeniería civil, como para la población en general que al tener edificaciones reforzadas tendrá la tranquilidad de habitar edificaciones más seguras para sí mismo y para su familia, sin preocuparse por las fallas estructurales de su vivienda o de los lugares que visita.

#### **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

##### **1.4.1 Hipótesis**

###### **Hipótesis general:**

El uso de fibra de carbono influye positivamente en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado

###### **Hipótesis Específicas**

1. El uso de una capa de fibra de carbono influye positivamente en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado.
2. El uso de fibra de dos capas de fibra de carbono influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.
3. El uso de fibra de tres capas de fibra de carbono influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.

#### **1.4.2 Descripción de variables**

##### **Variable independiente: FIBRA DE CARBONO**

Es una fibra ampliamente empleada para reforzar estructuras elaboradas a base de concreto, ya que en su mayoría contribuye a mejorar las características mecánicas del material de construcción. Borrel (2015) señala que las fibras de carbono se forman a partir de un copolímero (poliacrilonitrilo) y a través de un considerable aporte de energía en forma de calor, este material genera grandes beneficios al incrementar las características de resistencia y de desplazamiento de elementos de concreto reforzado la cual es alta rigidez, alta resistencia a la tracción, bajo peso, alta resistencia química, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica. es cinco veces más resistente que el acero y el doble de rígida. por eso que el uso de fibra de carbono es cada vez más común como sistema de reforzamiento adicional.

##### **Variable dependiente: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS**

Consiste en aplicar una intervención para reforzar la estructura de unas vigas, con el propósito de adaptarlo a los niveles de seguridad y resistencia exigidos, según lo señalado por la ley y la normativa vigente, ya que junto con las columnas, las vigas representan uno de los principales elementos en la edificación de obras públicas y privadas; cuyas patologías están generalmente asociadas al exceso de flexión, por lo que con frecuencia deben ser reparadas o reforzadas (Structuralia, 2017).

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

**Silva, P. (2016)** quien llevó a cabo la investigación titulada “Refuerzo estructural empleando fibras de carbono (FC)”, que tuvo el **objetivo** realizar una comparación de estructuras reforzadas con acero y con FC, para determinar cuál es el reforzamiento más útil para resistir las cargas estimadas. Llegando a **concluir** que, los ensayos de tracción demostraron que la resistencia otorgada por la FC es mayor que el acero, siendo beneficioso su empleo ya que además considerar otros aspectos que benefician al servicio de la estructura como la protección ante el fuego. Aunque su uso todavía contempla ciertas limitaciones, dado que la legislación ecuatoriana no ha implementado protocolos de uso y control.

**Yauli, J. (2014)** en su tesis titulada “Desempeño Sísmico de una viga reforzada con fibras de carbono (FC)”, que tuvo por **objetivo** evaluar como varia el desempeño de una viga tras un último refuerzo con FC. La **conclusión** del estudio fue que gran parte de los profesionales de la rama desconocen que este material puede ser utilizado en el reforzamiento y reparación de las vigas. Luego de las pruebas respectivas, se determinó que la FC disminuye en un 50% las fisuras en el concreto, otorgando un incremento en la resistencia de las vigas bastante elevado, sobre todo al utilizar fibra de mayor espesor. El autor recomienda que si antes de utilizar fibra de carbono como material de refuerzo se debería preparar y tratar el hormigón a fin de obtener óptimos resultados.

**Sandoval, P. (2014)** quien realizó el estudio titulado “Evaluación del comportamiento mecánico de la fibra de (FC) con matriz cementícea” llevado a cabo con el **objetivo** evaluar cómo se comporta la FC variando las matrices cementicias. Para la adherencia al concreto el autor trabajó con resina epóxica y con materiales inorgánicos. Se **concluye** que, las vigas reforzadas presentaron mayor resistencia después de que se alcanzó el punto de fisuración, de forma integral para otorgar un mayor potencial se recomienda utilizar el mortero geopolimérico como matriz de la fibra de carbono, dado que también se observa mayor adherencia disminuyendo las fallas por adherencia.

**Manrique, D. y Berrocal M. (2019)** en su estudio titulado “Fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones” donde se planteó el **objetivo** de evaluar las FC usadas en las vigas de un centro comercial. La **metodología** fue aplicada de tipo experimental. Los **resultados** reflejaron que aplicando las FC en el reforzamiento estructural se produce un aumento en dos propiedades mecánicas importantes que son la capacidad de carga y la resistencia a la tensión, observándose también una reducción del 20% en los plazos de ejecución. La conclusión fue que, el reforzamiento con FC otorga mayores beneficios en cuanto a sus propiedades mecánicas y ligereza, además es un material que puede ser transportado, no presenta corrosión y es menos invasivo que otros métodos convencionales.

**Castro, C. (2019)** quien realizó el estudio titulado “Reforzamiento estructural con fibra de carbono para aumentar la resistencia a la compresión” cuyo **objetivo** fue determinar cómo la FC eleva la resistencia una importante característica mecánica del concreto. Se demostró a través de los **resultados** que este material de refuerzo producía una mayor resistencia a compresión del elemento estructural. El reforzamiento con FC aumenta la resistencia de las columnas del concreto, presentando además otras ventajas como una menor generación y es un material que puede ser almacenado en espacios reducidos. Como **conclusión** la investigación, logró demostrar que la FC incrementaba la resistencia, por lo que puede ser utilizado en el reforzamiento de las columnas de la galería, son entorpecer o paralizar el funcionamiento de esta. Además se determinó que este material da lugar a un ahorro significativo, dado que fue de un 58.4%.

**Campos, H. (2018)** cuyo estudio se tituló “Reforzamiento con bandas y anclajes de fibra de carbono en columnas” planteada con el **objetivo** de determinar cómo influyen la FC que se utiliza en columnas de concreto armado. Llegándose a la **conclusión** que, la FC utilizada en el reforzamiento, incrementa en un 20% la resistencia en las columnas, comparada con su capacidad original; siendo importante utilizar una capa como máximo, ya que al incrementar el reforzamiento no se apreciarían mayores niveles de resistencia, y solo se estaría incurriendo en mayores gastos económicos. El autor

recomienda colocar los refuerzos en zonas libres de polución, para una adecuada adherencia.

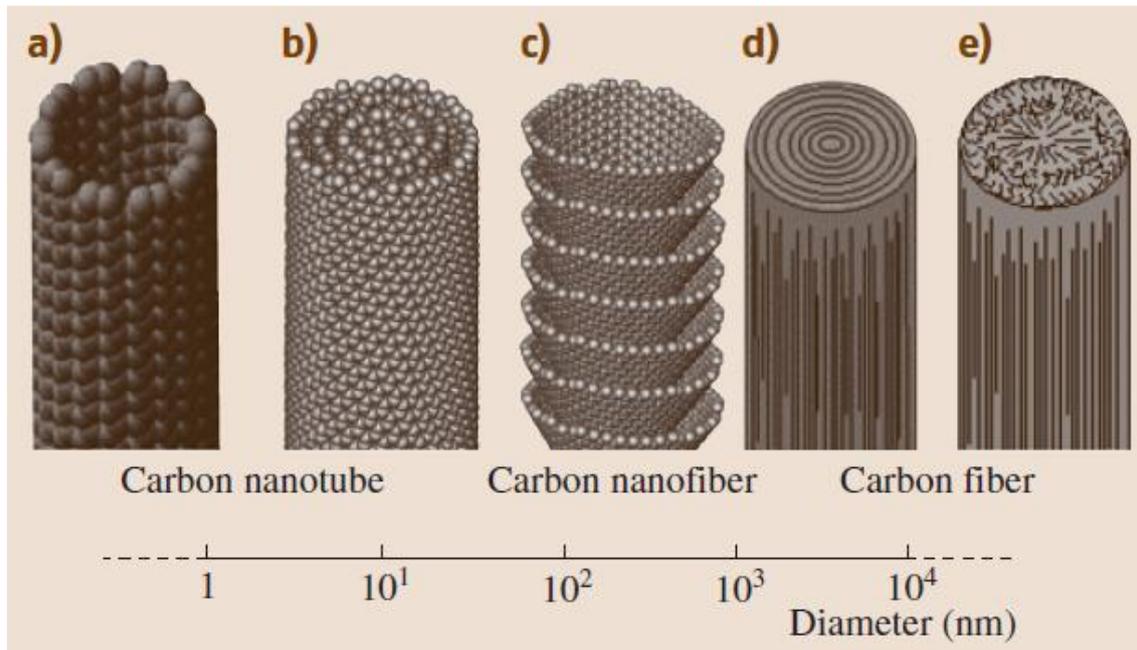
**Santo A. (2019)** "Variación de la resistencia a la flexión de vigas de hormigón armado reforzadas con láminas de fibra de carbono (CFRP)", fue el tema del estudio de pregrado que realizado. Cuyo objetivo era averiguar cómo la resistencia a la flexión de las vigas de hormigón armado que fueron reforzadas con fibra de carbono Las hojas varió con el tiempo. El enfoque que se adoptó: Se desarrollaron dos tipos diferentes de vigas: las vigas de tipo I tenían un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , y las vigas tipo II tenían un  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ . Ambos tipos de vigas medían 1,20 metros de longitud, 15 centímetros de ancho y 20 centímetros. en Camber. Las vigas también fueron reforzadas con 8 milímetros de acero longitudinal y 6 milímetros de transversal, acero. De manera similar, se demostró que las fibras de carbono son particularmente efectivas para aumentar la resistencia a la flexión en la re información. Vigas de hormigón RCED. Esto se debió al hecho de que las fibras de carbono mejoran la ductilidad de las vigas, lo que les permite Evite las deflexiones excesivas.

**Alegre G. (2017)** En su estudio titulado "Estudio de la influencia sobre la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como refuerzo de vigas de hormigón armado", pretende investigar el comportamiento elástico e inelástico de vigas de hormigón armado reforzado con fibras de carbono cuando Las vigas están dobladas. Metodología: Para ello se analizarán vigas de hormigón armado reforzadas con acero y fibra de carbono (CFRP), utilizando diferentes cantidades de cada uno. Se estudiará el comportamiento de cada caso mediante diagramas de flexión de momentos, y la contribución del uso de La fibra CFRP se comparará tanto por la ductilidad como por la resistencia de las vigas de hormigón armado que han sido sometido a flexión. Los hallazgos y sugerencias que se obtuvieron del estudio que se utilizó, que proporcionó los factores fundamentales a considerar sobre el uso de CFRP para el refuerzo de componentes estructurales. Fibra de Carbono (FC)

Definida como una fibra sintética compuesto por átomos de carbono alineados en paralelo o unidos entre sí, sus fibras finas miden entre 50 y 10  $\mu\text{m}$  de diámetro normalmente. La resistencia de la fibra obedece a la alineación de

crystal, que será más fuerte si el volumen es mayor. Para formar un hilo se deben trenzar miles de fibras de carbono, este hilo puede utilizarse para tejer una tela o también solo. Algunos expertos afirman que este material es más ligero que el aluminio pero mucho más fuerte que el acero.

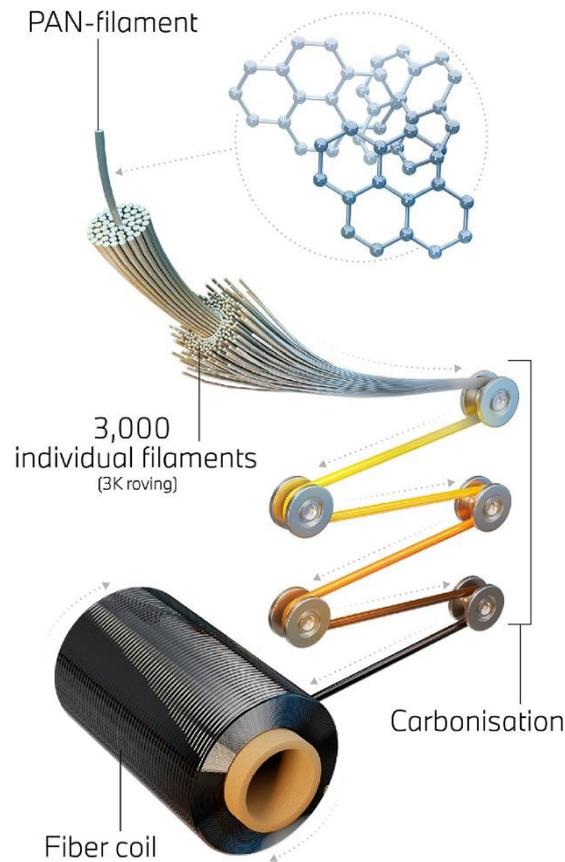
**Figura 1** Comparación esquemática de tipos de estructuras de carbono



Fuente: Cornejo (2015)

Entre sus propiedades principales destacan su bajo peso, elevada resistencia y flexibilidad, baja expansión térmica y una increíble resistencia a altas temperaturas. Motivos por el que las FC son muy utilizadas en distintas industrias como la ingeniería, aeroespacial, automotriz, así como para aplicaciones militares y en disciplinas motorizadas.

**Figura 2** *Filamentos de fibra de carbono*



Fuente: Silva (2019)

### **Estructura y propiedades de la Fibra de Carbono**

Son miles los filamentos de carbono que forman los hilos, muchos de los cuales están compuestos casi en su totalidad por carbono cuyo diámetro mide menos de 6 micrómetros. Años atrás las fibras de carbono median 7.8 micrómetros, pero desde inicios de la última década se pueden encontrar fibras con diámetros incluso miden 5 micrómetros.

La fibra de carbono posee una estructura atómica similar al grafito, ya que la disposición de las láminas sigue un patrón hexagonal, aunque se diferencian por cómo están vinculadas estas láminas pues las láminas del grafito están apiladas paralelas entre sí con débiles fuerzas intermoleculares por lo que tiende a ser un material quebradizo y blando.

El precursor que se emplea para elaborar la fibra define si su estructura será gráfica, turbostrática o híbrida. En caso de las segundas que derivan del poliacrilonitrilo, presenta una apelación irregular de las láminas de átomos de carbono, su resistencia a la tracción es mucho más elevada. Las fibras gráficas son aquellas que derivan de la brea de meso fase obtenidas luego de un tratamiento térmico sobre los 2.200°C, por lo que tienden a tener una alta conductividad térmica y una baja elasticidad (Carbosystem, 2019).

### Características de la Fibra de Carbono

- Alto módulo
- Peso ligero
- Flexibilidad
- Vida útil prolongada
- Tenacidad elevada
- Instalación sencilla
- Buena resistencia
- Buena tolerancia a las altas temperaturas
- Ecomigable
- Buena resistencia a la flexión, al cizallamiento y al confinamiento.

**Figura 3** Valores característicos de la fibra de carbono

Propiedad	Fibras SM <sup>a</sup>	Fibras IM <sup>a,b</sup>	Fibras HM <sup>b</sup>	Fibras *LM <sup>b</sup>	Fibras *UHM <sup>b</sup>
Contenido en carbono (%)	95	95	>99	>97	>99
Diámetro (µm)	6-8	5-6	5-8	11	10
Densidad (g/cm)	1,8	1,8	1,9	1,9	2,2
Resistencia a la tracción (mpa)	3.800	3450 - 6200	3450 - 5520	1380 - 3100	2410
Alargamiento a la rotura	1,6	1,3 - 2,0	0,7 - 1,0	0,9	0,4 - 0,27
Resistencia eléctrica (µ <sub>cm</sub> )	1650	1450	900	1300	220 - 130
Conductividad térmica (w/m.k)	20	20	50-80	-	-

Fuente: Sánchez (2020)

## **FIBRA DE CARBONO Y SU UTILIDAD EN EL REFORZAMIENTO**

:La alineación paralela hacia el eje longitudinal a través de cristales que entrelazan las partículas de carbono es la propiedad esa le da al FC su alta resistencia. El diámetro de las pequeñas fibras que componen el FC oscila entre 50 y 10 micras (m), que es lo que lo constituye. Esta propiedad le da al FC su alta resistencia, que es proporcional a su tamaño (Ojeda, 2011).

### **Reforzamiento con fibra de carbono**

Es un método que se emplea para reforzar las estructuras de las edificaciones, que ha alcanzado gran notoriedad en la actualidad, debido principalmente a factores asociados a su instalación como la facilidad y rápidas. Además su eficiencia radica en que para lograr una alta resistencia de las láminas de fibra de carbono se utiliza resina epóxica para su adhesión, de manera que se obtiene un elemento resistente a la torsión, flexión y efectos sísmicos.

Generalmente, este método se utiliza en estructuras deterioradas a causa del empleo de materiales de baja calidad o inapropiados, que han terminado perjudicando su vida útil. Otros factores que suscitan un reforzamiento estructural son las deficiencias en el diseño o en el método constructivo, por el incremento de carga estimada y por la agresividad ambiental.

#### **Fibra de carbono usada como refuerzo en la construcción**

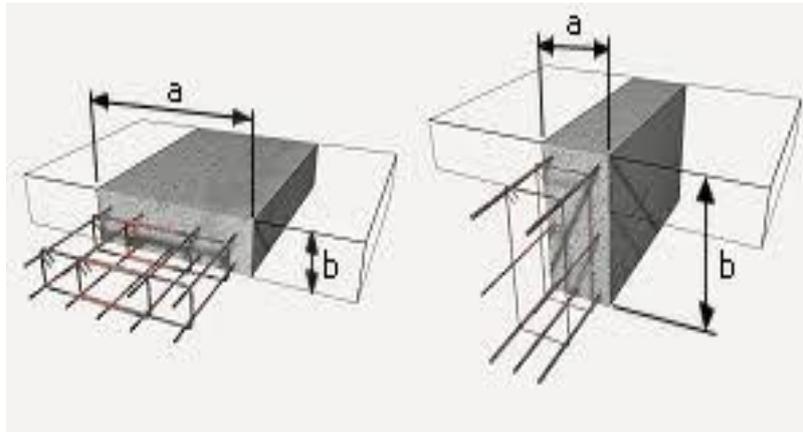
El reforzamiento basado en platinas y textiles de fibra de carbono, es técnica usada para incrementar la resistencia de la estructura de una edificación. La FC se compone por miles de filamentos sintéticos de carbono. Se asemeja al acero ya que cuenta con similares propiedades mecánicas, aunque su peso llega a ser tan ligero, incluso como el plástico.

Entre los materiales compuestos, la FC es uno de los más recientes, que consiste en la unión de fibras sintéticas utilizando varias resinas permitiendo obtener materiales duraderos, altamente resistentes y de baja densidad. Lo que lo vuelve apto para ser utilizado en lugar del acero, siendo más económico y rápido de instalar (ANCLAF, 2020).

### **¿Qué son las vigas?**

Son elementos estructurales que se ubican en posición horizontal elaborados a base de concreto armado, que en conjunto con las columnas otorgan mayor rigidez a los muros. Son asentadas encima de apoyos verticales para trasladar la carga hacia los muros o columnas.

#### *Vigas de concreto armado*



#### **Tipos de vigas**

Las vigas se clasifican en base a su función y espesor, siendo las siguientes:

- **Vigas Chatas**

Se consideran vigas de amarre porque sirven de articulación entre los, otorgando rigidez a las losas y confinando los muros, su altura es igual al espesor de la losa aligerada. Precisan un recubrimiento de 2 cm.

- **Vigas Soleras**

De igual manera presentan una altura semejante a la losa aligerada, se colocan entre las columnas y sobre los muros permitiendo la repartición de la carga en los muros portantes, requieren de un recubrimiento de 3 cm. Son muy comunes en las viviendas.

- **Vigas Peraltadas**

Su altura es mayor que la losa aligerada, podemos encontrar vigas peraltadas invertidas que sobresalen por encima de la losa aligerada; mientras que las vigas peraltadas colgantes sobresalen por debajo de la misma. Dada su altura, estas vigas deben construirse después del encofrado, se elaboran

utilizando de concreto armado y generalmente no se ubican sobre un muro. Requiere un recubrimiento de 4 cm (Construyendo Seguro, 2018).

### **Aplicación del sistema FRP en vigas**

La aplicación de este sistema en vigas, eleva considerablemente la capacidad de la estructura para resistir el corte y la flexión; incluso en casos donde una viga ha sido sometida a intensas cargas que la han terminado por agrietar, logrando sobrepasar su capacidad de carga si se refuerza de extremo a extremo, ya que el FRP aplicado en la viga provocará un mejor control de deflexión; pero si se busca aumentar su resistencia al corte el sistema debe aplicarse en las caras laterales (Flores, 2017).

### **Refuerzo estructural en vigas**

La FC utilizada en el reforzamiento estructural puede utilizarse en la mayoría de elementos estructurales edificados con concreto reforzado, como por ejemplo en vigas T, I, rectangulares; como en estribos, muros, columnas cuadradas y circulares. El sistema FRP contribuye a elevar la capacidad a torsión, cortante, confinamiento y flexión; permitiendo cumplir con las especificaciones normativas en materia de construcción (Beltran, 2011).

### **Concreto**

De acuerdo a la definición de Solecio (1984), el termino concreto se origina del latín “concret-us” cuyo significado es formación de masa y del latín “Crescere”, que se refiere solido o compacto. El concreto es un producto muy utilizado en la construcción y se obtiene de la mezcla del cemento (aglomerante) y de agregados como la piedra, arena, agua y ciertos aditivos, los cuales se agregan dependiendo del diseño de mezcla.

La primera cementera peruana, Cementos SOL (2013) señala para obtener un concreto resistente es importante mezclar siguiendo proporciones adecuadas, el cemento, agua, agregados y aditivos. La reacción química de hidratación que posee el cemento se activa solo al mezclarlo con el agua, dando lugar a un producto trabajable y altamente adherente, que tras el fraguado se convertirá en un material tan sólido como la piedra. El cemento tiene la capacidad de adoptar la forma que el proyectista desea, ya que la mezcla plástica que se

obtiene es llenada en los encofrados, los cuales son construidos de acuerdo a la forma demandada.

**Figura 4** Mezcla de concreto



### **Tipos de concreto**

Según las especificaciones de Cementos Sol (2013) estos son:

- Simple: Donde la dosificación de los componentes define la resistencia del material final, se obtiene de mezclar cemento, agua, piedra y arena.
- Armado: Requiere de al menos 4 varillas de acero para el refuerzo longitudinal, que junto a varillas transversales se amarraran con un alambre para formar una canastilla denominada estribos.
- Ciclópeo: Se obtiene al agregar piedras grandes a la mezcla de concreto simple, en general se utiliza para cimiento dado que no posee armadura.
- Premezclado: Concreto elaborado en concreteiras, que son transportados en camiones mezcladores a la obra.
- Prefabricado: Concreto fabricado en una zona diferente a su ubicación final en la obra.
- 

### **Componentes del concreto**

En base a lo mencionado por Cementos Sol (2013), podemos señalar a los siguientes:

- Cemento: Componente básico, aglomerante y necesario e para obtener el concreto.
- Agua: Componente diluyente
- Agregados: Se utiliza piedra y arena de tamaños diferentes, dependiendo del diseño de mezcla.

### **Rehabilitación de estructuras de concreto armado**

En el pasado, los peruanos han construido sus casas con adobe. En otros lugares, se han visto diseños utilizando materiales como la madera. Sin embargo, debido al hecho de que nuestra nación se encuentra en un área altamente sísmica, se ha descubierto que el material más adecuado es el hormigón armado. Este material permite la construcción de edificios seguros debido a sus propiedades físicas y su soporte mecánico en sísmico Movimientos. Esto contrasta con otros materiales, que son muy propensos al colapso o agrietamiento de su estructura.

Durante los períodos de actividad sísmica, es importante tener en cuenta que la estructura de hormigón armado juega un papel en el mantenimiento del nivel de seguridad de la población. Cabe señalar que el tiempo es un tirano porque disminuye la capacidad máxima de la propiedad de cualquier estructura. Esto se debe a que </B52>La intemperie y la exposición natural durante largos períodos de tiempo dañan las propiedades físicas y químicas del material. En consecuencia, la capacidad máxima de la propiedad disminuye (Helene, 2003).

De acuerdo con la Ley del Sitter, que establece que el tiempo y el costo relativo son directamente proporcionales a Entre sí , cuanto más tiempo se deja una estructura abierta a los elementos, mayores son los costos de Diseño y ejecución de la estructura, así como el mantenimiento preventivo y correctivo del material.

Por ello, es fundamental contar con un plan preventivo que pueda detectar deterioros y fallos en un de manera oportuna. Esto se debe a que cuanto antes se lleven a cabo el mantenimiento y las correcciones, más rentables, duraderos y duraderos serán eficientes serán . Esto se debe al hecho de que la progresión geométrica de la imagen demuestra la ley de la evolución de los costes, y dado

que la rehabilitación siempre es necesaria, es importante tener un plan que pueda detectar deterioros y fallas de manera oportuna (Helene, 2003).

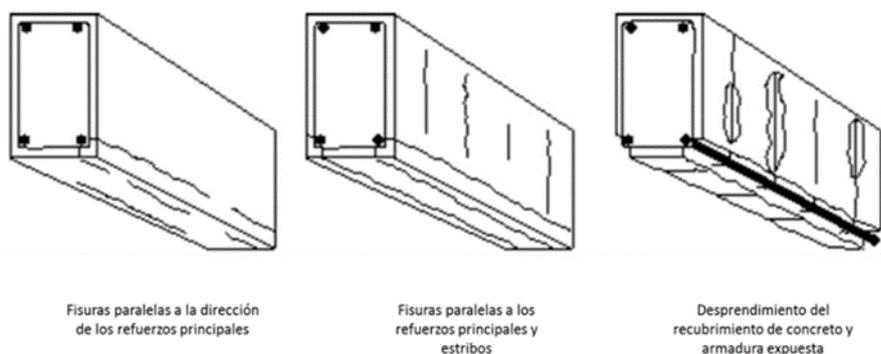
Porque los costos aumentan si el mantenimiento es correctivo y disminuyen significativamente en el mantenimiento preventivo, de cualquier daño físico al material, el hormigón armado requiere un control constante desde el comienzo del proceso de diseño. hasta el final. Esto se debe a que vivimos en un país que es propenso a los terremotos, y también porque la naturaleza de las diferentes regiones Varía.

Podemos encontrar daños irreversibles por corrosión en hormigón armado , como grietas o corrosión de refuerzos, desprendimiento del revestimiento, deterioro de la adherencia del hormigón y del acero, daños paralelos a la dirección del refuerzo laminación, todo lo cual conduce al deterioro, ya sea por el paso del tiempo en los edificios como en su hormigón armado Estructuras o por un alto contenido de humedad. El daño por corrosión en el hormigón armado se puede encontrar de las siguientes maneras: grietas o corrosión de refuerzos; desprendimiento de (Helene, 2003).

### **Acción de las Cargas Exteriores**

En otros casos, podemos observar manifestaciones o apariciones de grietas en vigas, simples o compuestas, en estructuras de hormigón armado, o desprendimiento de la cubierta y su consiguiente exposición del refuerzo, dependiendo sobre el tipo de carga cambiante, sobrecargas importantes o cambios en el uso del edificio. También puede deberse al hecho de que las cargas no se anticiparon en ese momento, que el diseño permitió por la omisión de algún estado de carga, o que se estimaron incorrectamente. También se representa una combinación de cizallamiento y flexión, así como una aplicación de plegado puro en un marco de portal. Esto se puede entender ya que la aplicación de la carga distribuida crea momentos negativos y momentos positivos en las bisagras elásticas como resultado de la fuerza que se crea. Esta definición puede ser expandido según la dependencia de la propiedad del material conocido como acero, desde la inclinación o posición de una fractura corresponderá a la adherencia del material, y el acero puede tener una variedad de propiedades (Helene, 2003).

**Figura 5** *Patologías típicas en vigas de concreto afectadas por corrosión*

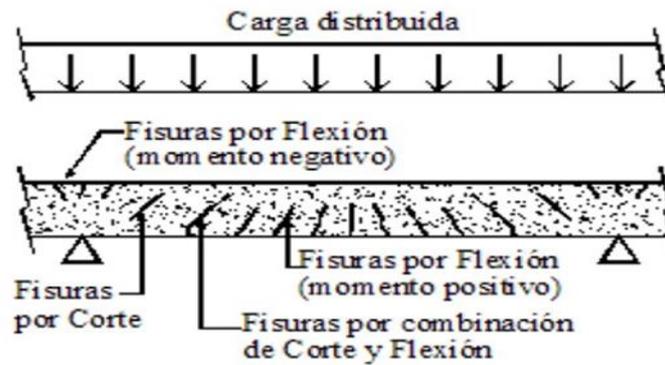


Fuente: Helene (2003)

### **Acción de las Cargas Exteriores**

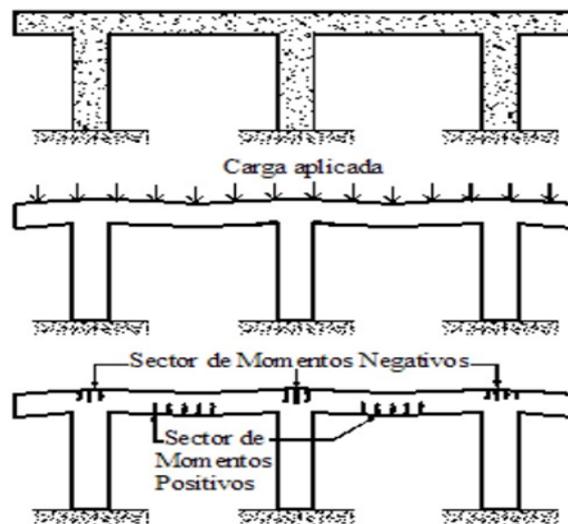
En otros casos, podemos observar manifestaciones o apariciones de grietas en vigas, simples o compuestas. (Figura 8) en estructuras de hormigón armado, o desprendimiento de la cubierta y su consiguiente exposición de la refuerzo dependiendo del tipo de carga cambiante, sobrecargas importantes, cambios en el uso del edificio; También puede deberse a cargas que no se anticiparon en ese momento, que permitieron durante el diseño el omisión de algún estado de carga o que se estimaron incorrectamente y OT; o puede deberse a cargas La figura 9 también muestra las grietas más comunes causadas por un variedad de factores, como una combinación de cizallamiento y flexión, una solicitud de flexión pura en un marco de portal, que también se puede ver cómo la aplicación de la carga distribuida provoca momentos negativos y positivos momentos en las bisagras elásticas debido a la fuerza que se genera; Esta definición puede ampliarse según la dependencia de la propiedad del material llamado acero, ya que el La inclinación o posición de la grieta está determinada por el ángulo en el que la grieta se agrieta primero (Helene, 2003)..

**Figura 6** Fisuras observadas en vigas de concreto armado



Fuente (Helene, 2003)

**Figura 7** Pórtico típico



Fuente: Helene (2003)

### El sistema de reforzamiento estructural

Se realiza utilizando láminas de FC es uno de los más utilizado ya que cuenta con múltiples ventajas. Se realiza colocando varias capas debajo o alrededor de las secciones a reforzar, utilizando un adhesivo especial para alcanzar una adherencia total a la superficie de concreto antigua, lo que dará

como resultado una capa de reforzamiento que contribuirá al soporte de las cargas previniendo deflexiones futuras. Este sistema es único, ya que además de su buena relación peso/rigidez dado su bajo costo y rápida aplicación permite obtener una alta resistencia prolonga la vida útil de la edificación.

Son cada vez más las construcciones edificadas a nivel nacional que optan por utilizar este sistema por diversos factores como su costo altamente competitivo y excelente comportamiento estructural. Aunque, cabe mencionar que en el Perú todavía no existen suficientes empresas especializadas en FC que actúen siguiendo las normas del ACI y las instrucciones de los fabricantes. Pese a todo, dado lo innegable de sus beneficios, los usuarios y propietarios de las edificaciones reforzadas con este material se encuentran conformes, junto a los proyectistas quienes aceptan con agrado trabajar con este material dada su versatilidad, capacidad para cambiar el servicio de las estructuras, adecuación y rápida aplicación (Alegre, 2017).

### **Como funciona el sistema FRP**

Para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema FRP es importante que se realice una correcta adherencia al concreto, ya que ante severas condiciones ambientales es posible que la superficie del concreto presente un deficiente contacto, dificultando el proceso. Siendo fundamental que se encuentre a cargo de mano de obra especializada, que se lleve un estricto control de calidad y considerar factores relevantes que se mencionan a continuación:

- Capa de adhesivo uniforme y de buen espesor
- Resistencia a la tracción.
- Optima reacción química del adherente.
- Conocer la geometría del elemento estructural que se busca reforzar.
- Aspectos ambientales presentes durante la aplicación.

Previamente a la instalación del sistema, realizar un tratamiento de las imperfecciones y grietas, limpiando la superficie en caso de que las barras de refuerzo presenten óxido. Es preciso señalar que el diseño del reforzamiento estructural no tiene la capacidad de soportar grandes fuerzas expansivas originadas por la corrosión (Alegre, 2017).

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Fibra de carbono:** Fibra sintética obtenida del polímero poliacrilonitrilo, en general se compone por carbono, cuyos filamentos tienen un diámetro que mide entre 5 – 10  $\mu\text{m}$  (kitfibradecarbono, 2019).
- **Viga:** Estructura horizontal que soportan el peso y la presión ejercida por las estructuras de una construcción, soportando la flexión y tensión. La viga debe soportar una carga ejercida entre dos soportes sin provocar un empuje hacia los laterales (Arcus-Global, 2020).
- **Concreto:** Se obtiene de la mezcla de cemento, grava, gravilla y arena. El endurecimiento de este material se puede realizar solo utilizando agua durante el mezclado, motivo por el que pueda usarse en estructuras bajo el agua. El concreto es moldeable, por lo que si se vierte en los moldes adecuados puede tomar cualquier forma (Budenheim, 2018).
- **Estructura:** Elementos estables y equilibrados encargados de resistir las cargas, evitando derrumbes a causa de factores externos y garantizando la inmovilidad o alteraciones en la forma de la construcción.
- **Refuerzo Estructural:** Actividades orientadas a modificar, remodelar o adicionar la estructura de una edificación ya culminada, a fin de elevar su rigidez y resistencia (Horlasa, 2017).
- **Falla Estructural:** Colapso de una edificación que en su forma más drásticas puede provocar el derrumbe total de la estructura conllevando a grandes pérdidas económicas (Civilgeeks, 2016).
- **Falla frágil:** Consiste en la flexión de la viga provocada por un incremento de las cargas, ejerciendo una compresión que acortara la cara superior y dependiendo del acero podría ocurrir una trituración repentina del concreto. El fenómeno también se manifiesta a través de grietas y fisuras a  $45^\circ$  (SIDETUR, 2017).

- **Falla dúctil:** Ocurre por una flexión que provoca el alargamiento de la cara inferior de la viga sometida a tracción que no ha podido ser soportada por el concreto, de manera que el acero absorbe estas fuerzas de tracción. Es posible predecir estas fallas en base al incremento en el número de fisuras, antes de que se conviertan en grietas y pongan en riesgo la seguridad de la estructura (SIDETUR, 2017).
  
- **Defecto de construcción:** Toda deficiencia presentada en el planeamiento, diseño, supervisión, cimentación u observación que impida el buen uso de la nueva edificación; influye también la identificación de un problema razonable que impida la construcción (Abogado, 2018).
  
- **CFRP:** Compuestos poliméricos que han sido reforzados con FC principalmente, para la creación de un material ampliamente resistente (Greelane, 2019).
  
- **RESISTENCIA:** Capacidad de los elementos estructurales para soportar los esfuerzos sin romperse, por lo que para lograrlo depende de diversos factores como la calidad del material, tipo de unión y geometría de los elementos (Xunta, 2014).
  
- **TRACCION:** Esfuerzo interno al que se somete a un cuerpo al aplicar dos fuerzas en sentido opuesto, que intentan alargarlo. Includ cualquier tensión ejercida en sentido opuesto a las fuerzas buscan estirar dicha estructura(Xunta, 2014).

## **CAPÍTULO III:**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método, tipo y nivel de la investigación**

##### **Método**

El método es inductivo es inductivo porque a través de razonamiento será posible partir de situaciones particulares para arribar en conclusiones, que podrán ser generalizadas. De manera que, este método se entiende como aquel que inicia con el análisis particular de los hechos para llegar a interpretaciones generales, que permitan generar teorías, principios y leyes (Cerdea 2000).

##### **Tipo**

El presente es de tipo aplicado, dado que está enfocada en el uso del conocimiento científico a través de medios (metodologías, protocolos y tecnologías) que se emplean para dar solución específica y práctica a una necesidad identificada (Cerdea 2000).

##### **Nivel**

El presente estudio corresponde al nivel Explicativo, ya que se busca una explicación y determinación del fenómeno, a través de un experimento en el que se puede manipular la variable independiente de manera intencionada, permitiendo comprobar la hipótesis formulada que se planteó a fin de que explique cómo se comporta el fenómeno estudiado (Hernández et al. 2014).

#### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño aplicado en el estudio desarrollado fue de índole experimental, pues la variable independiente fue manipulada, elaborando una muestra patrón y tres muestras reforzadas con encamisados de una capa, de dos capas y tres capas la muestra reforzada con fibra de carbono, para evaluar aspectos como la geometría del material y la resistencia a cargas. Así mismo, el estudio de la variable dependiente involucro esfuerzos y deformaciones; que en conjunto permitieron determinar el comportamiento de las vigas reforzadas.

Hernández et al. (2014) señalan que: “Un experimento se realiza para evaluar si la variable independiente afecta a la variable dependiente, y explicar porque ocurre esta afectación”.

### 3.3. Población y muestra

#### Población

Basándonos en lo mencionado por Hurtado y Toro (1998) la población se conforma por todos los elementos o individuos a quienes esta referida es estudio, es decir, aquellos que se van a analizar (p.79). Así mismo, De Barrera (2008) definió a la población como el conjunto de sujetos u objetos que presentan características comunes, las cuales se enmarcan bajo los criterios de inclusión definidos por el investigador (p.141).

Para efectos de la actual investigación se elaboraron 24 diseños con distintas áreas de refuerzo de fibra.

#### Muestra

La muestra se selecciona con el propósito de generar información y datos que permitirán identificar las fallas a lo largo del proceso. Para Tamayo y Tamayo (1997) la muestra se conforma por el grupo de individuos tomados de una población para analizar el fenómeno estudiado” (p.38). Nuestra muestra estuvo integrada por la población total que equivale a 24 diseños, siendo una muestra de tipo censal.

**Tabla 1** Cantidad de muestra para el ensayo

Muestra	Cantidad
patrón	12
Diseño reforzamiento con una fibra de carbono	12
Diseño reforzamiento con dos fibras de carbono	12
Diseño reforzamiento con tres fibras de carbono	12
total de muestra	48

Fuente: Elaboración propia

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En este estudio, la técnica que se empleó fue el fichaje, el cual es calificado como un recurso valioso que permite el registro de los datos originados en los ensayos. Así mismo se empleó la técnica de la Observación, para observar atentamente el fenómeno, tomar y registrando la información para su posterior análisis.

En cuanto al instrumento, se utilizó la ficha de registro de datos donde se consignaron los resultados obtenidos tras aplicar el ensayo de flexión, para su posterior análisis. También los instrumentos utilizados fueron los resultados del laboratorio de suelos: Informe técnico de Resistencia a la flexión y Informe del diseño de mezcla de concreto.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.089/ASTM C 78/ AASHTO T 97

##### ENSAYOS MUESTRA PATRÓN

**Tabla 2** *Muestra patrón a los 7 días*

Muestra patrón a los 7 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga	Diseño	Esfuerzo	Resistencia	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L	kg-f	Kg/Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>	%		
1	7	15	15	54.2	3447	210	45.76	21.9	44.94	21.37
2	7	15	15	54.2	3253	210	43.37	20.7		
3	7	15	15	54.2	3426	210	45.68	21.5		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 2 evidencian una resistencia a flexión promedio de 44.94 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 21.37 % a los 7 días de edad del concreto patrón.

**Tabla 3** *Muestra patrón a los 14 días*

Muestra patrón a los 14 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga	Diseño	Esfuerzo	Resistencia	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L	kg-f	Kg/Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>	%		
1	14	15	15	54.2	3803	210	50.71	24.1	51.15	24.10
2	14	15	15	54.2	3830	210	51.07	23.9		
3	14	15	15	54.2	3801	210	50.68	24.3		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 3 evidencian una resistencia a flexión promedio de 51.15 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 24.10 % a los 14 días de edad del concreto patrón.

**Tabla 4** *Muestra patrón a los 21 días*

Muestra patrón a los 21 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm2	Esfuerzo Kg/Cm2	Resistencia %	Promedio (Kg/cm2)	Promedio (%)
		H	A	L						
1	21	15	15	54.2	4250	210	56.67	27	56.1	26.83
2	21	15	15	54.2	4167	210	55.56	26.5		
3	21	15	15	54.2	4206	210	56.07	26.7		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 4 evidencian una resistencia a flexión promedio de 56.10 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 26.83 % a los 21 días de edad del concreto patrón.

**Tabla 5** *Muestra patrón a los 28 días*

Muestra patrón a los 28 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/Cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L						
1	28	15	15	54.2	4501	210	60.01	28.6	60.42	28.77
2	28	15	15	54.2	4487	210	59.83	28.5		
3	28	15	15	54.2	4531	210	61.41	29.2		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 5 evidencian una resistencia a flexión promedio de 60.42 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 28.77 % a los 28 días de edad del concreto patrón .

**ENSAYOS MUESTRA CON FIBRA DE CARBONO CON UNA CAPA**

**Tabla 6** *Muestra con fibra de carbono a los 7 días*

Muestra con fibra a los 7 días										
N. °	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/Cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L						
1	7	15	15	54.2	3567	210	88.4	26.6	88.4	26.50
2	7	15	15	54.2	3369	210	88.8	26.4		
3	7	15	15	54.2	3542	210	88	26.5		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 6 evidencian una resistencia a flexión promedio de 88.4 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 26.50 % a los 7 días de edad del concreto reforzado con una capa de fibra de carbono .

**Tabla 7** *Muestra con fibra de carbono a los 14 días*

Muestra con fibra a los 14 días										
N. °	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/Cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L						
1	14	15	15	54.2	3919	210	96.1	29.9	96.37	29.63
2	14	15	15	54.2	3946	210	96.6	29.1		
3	14	15	15	54.2	3917	210	96.4	29.9		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 7 evidencian una resistencia a flexión promedio de 96.37 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 29.63 % a los 14 días de edad del concreto reforzado con una capa de fibra de carbono .

**Tabla 8** *Muestra con fibra de carbono a los 21 días*

Muestra con fibra a los 21 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/Cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L						
1	21	15	15	54.2	4366	210	105.8	32.7	106.13	32.43
2	21	15	15	54.2	4283	210	106.5	32.2		
3	21	15	15	54.2	4321	210	106.1	32.4		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 8 evidencian una resistencia a flexión promedio de 106.13 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 32.43 % a los 21 días de edad del concreto reforzado con una capa de fibra de carbono

**Tabla 9** *Muestra con fibra de carbono a los 28 días*

Muestra con fibra a los 28 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/Cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L						
1	28	15	15	54.2	4617	210	114.1	37.3	114.20	37.33
2	28	15	15	54.2	4603	210	113.8	37.2		
3	28	15	15	54.2	4647	210	114.7	37.5		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 9 evidencian una resistencia a flexión promedio de 114.20 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 37.33 % a los 28 días de edad del concreto reforzado con una capa de fibra de carbono

## ENSAYOS MUESTRA CON FIBRA DE CARBONO CON DOS CAPAS

**Tabla 10** *Muestra con fibra de carbono a los 7 días*

Muestra con fibra a los 7 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/Cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L						
1	7	15	15	54.2	3567	210	103.7	31.5	103.97	31.73
2	7	15	15	54.2	3369	210	104.3	32		
3	7	15	15	54.2	3542	210	103.9	31.7		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 10 evidencian una resistencia a flexión promedio de 103.97 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 31.73 % a los 7 días de edad del concreto reforzado con dos capas de fibra de carbono

**Tabla 11** *Muestra con fibra de carbono a los 14 días*

Muestra con fibra a los 14 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/Cm <sup>2</sup>	Resistencia %	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
		H	A	L						
1	14	15	15	54.2	3919	210	113.1	38.06	113.10	38.03
2	14	15	15	54.2	3946	210	112.8	37.9		
3	14	15	15	54.2	3917	210	113.4	38.13		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 11 evidencian una resistencia a flexión promedio de 113.10 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 38.03 % a los 14 días de edad del concreto reforzado con dos capas de fibra de carbono

**Tabla 12** Muestra con fibra de carbono a los 21 días

Muestra con fibra a los 21 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm2	Esfuerzo Kg/Cm2	Resistencia %	Promedio (Kg/cm2)	Promedio (%)
		H	A	L						
1	21	15	15	54.2	4366	210	127	46.16	127.20	46.18
2	21	15	15	54.2	4283	210	127.2	46.18		
3	21	15	15	54.2	4321	210	127.4	46.21		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 12 evidencian una resistencia a flexión promedio de 127.20 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 46.18 % a los 21 días de edad del concreto reforzado con dos capas de fibra de carbono

**Tabla 13** Muestra con fibra de carbono a los 28 días

Muestra con fibra a los 28 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm2	Esfuerzo Kg/Cm2	Resistencia %	Promedio (Kg/cm2)	Promedio (%)
		H	A	L						
1	28	15	15	54.2	4617	210	139.9	53.17	143.70	53.23
2	28	15	15	54.2	4603	210	145.9	53.28		
3	28	15	15	54.2	4647	210	145.3	53.23		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 13 evidencian una resistencia a flexión promedio de 143.70 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 53.23 % a los 28 días de edad del concreto reforzado con dos capas de fibra de carbono

**ENSAYOS MUESTRA CON FIBRA DE CARBONO CON TRES CAPAS**

**Tabla 14** *Muestra con fibra de carbono a los 7 días*

Muestra con fibra a los 7 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm2	Esfuerzo Kg/Cm2	Resistencia %	Promedio (Kg/cm2)	Promedio (%)
		H	A	L						
1	7	15	15	54.2	3567	210	133.6	41.6	133.90	41.93
2	7	15	15	54.2	3369	210	133.9	41.9		
3	7	15	15	54.2	3542	210	134.2	42.3		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 14 evidencian una resistencia a flexión promedio de 133.90 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 41.93 % a los 7 días de edad del concreto reforzado con tres capas de fibra de carbono

**Tabla 15** *Muestra con fibra de carbono a los 14 días*

Muestra con fibra a los 14 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm2	Esfuerzo Kg/Cm2	Resistencia %	Promedio (Kg/cm2)	Promedio (%)
		H	A	L						
1	14	15	15	54.2	3919	210	147	50.39	143.70	53.23
2	14	15	15	54.2	3946	210	146.7	50.33		
3	14	15	15	54.2	3917	210	146.7	50.37		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 15 evidencian una resistencia a flexión promedio de 143.70 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 53.23 % a los 14 días de edad del concreto reforzado con dos capas de fibra de carbono

**Tabla 16** Muestra con fibra de carbono a los 21 días

Muestra con fibra a los 21 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm2	Esfuerzo Kg/Cm2	Resistencia %	Promedio (Kg/cm2)	Promedio (%)
		H	A	L						
1	21	15	15	54.2	4366	210	166.3	59.51	166.33	59.52
2	21	15	15	54.2	4283	210	166.6	59.57		
3	21	15	15	54.2	4321	210	166.1	59.48		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 16 evidencian una resistencia a flexión promedio de 166.33 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 59.52 % a los 21 días de edad del concreto reforzado con dos capas de fibra de carbono

**Tabla 17** Muestra con fibra de carbono a los 28 días

Muestra con fibra a los 28 días										
N°	Edad	Medidas			Dial de carga kg-f	Diseño Kg/Cm2	Esfuerzo Kg/Cm2	Resistencia %	Promedio (Kg/cm2)	Promedio (%)
		H	A	L						
1	28	15	15	54.2	4617	210	194	72.06	193.83	72.06
2	28	15	15	54.2	4603	210	193.7	72.01		
3	28	15	15	54.2	4647	210	193.8	72.1		

Fuente: Datos de laboratorio

Los resultados mostrados en la tabla 17 evidencian una resistencia a flexión promedio de 193.83 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión en porcentaje de 72.06 % a los 28 días de edad del concreto reforzado con dos capas de fibra de carbono

## CONSOLIDADOS

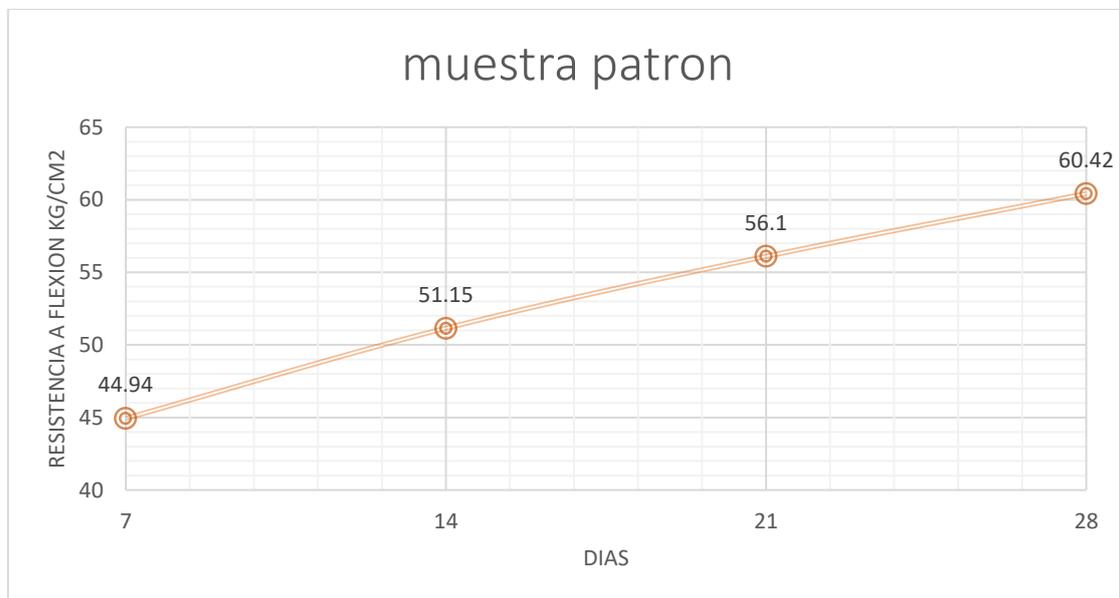
**Tabla 18** Consolidado de muestra patrón

N°	Edad	Muestra					
		Medidas			Diseño	Esfuerzo	Resistencia
		H	A	L	Kg/Cm2	Kg/Cm2	%
1	7	15	15	54.2	210	44.94	21.37
2	14	15	15	54.2	210	51.15	24.10
3	21	15	15	54.2	210	56.1	26.73
4	28	15	15	54.2	210	60.42	28.77

Fuente: Datos de laboratorio

Con respecto a la tabla 18 la muestra patrón con un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se observa que a los 7 días, la resistencia a la flexión en la viga de concreto fue del 21.37%, este porcentaje ha ido incrementándose conforme transcurrieron los días, ya que a los 14 días se registró una resistencia a la flexión del 24.10%, a los 21 días una resistencia 26.73% y a los 28 días la muestra patrón llegó a alcanzar una resistencia a la flexión del 28.77%.

**Figura 8** Consolidado muestra patrón



Fuente: Datos de laboratorio

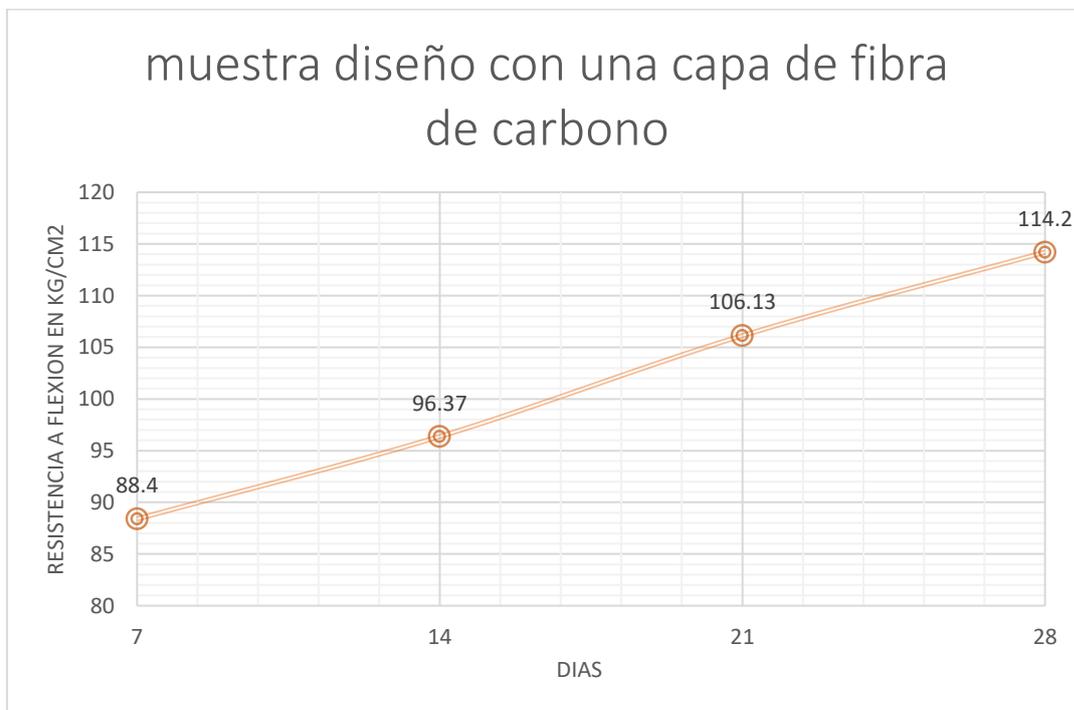
**Tabla 19** Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con una capa

N°	Edad	Muestra					
		Medidas			Diseño	Esfuerzo	Resistencia
		H	A	L	Kg/Cm2	Kg/Cm2	%
1	7	15	15	54.2	210	88.4	26.5
2	14	15	15	54.2	210	96.37	29.63
3	21	15	15	54.2	210	106.13	32.43
4	28	15	15	54.2	210	114.20	37.33

Fuente: Datos de laboratorio

Con respecto a la tabla 19 la muestra con reforzamiento de una capa de fibra de carbono con un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se observa que a los 7 días, la resistencia a la flexión en la viga de concreto fue del 26.5%, este porcentaje ha ido incrementándose conforme transcurrieron los días, ya que a los 14 días se registró una resistencia a la flexión del 29.63%, a los 21 días una resistencia 32.43% y a los 28 días la muestra patrón llegó a alcanzar una resistencia a la flexión del 37.33 %.

**Figura 9** Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con una capa



Fuente: Datos de laboratorio

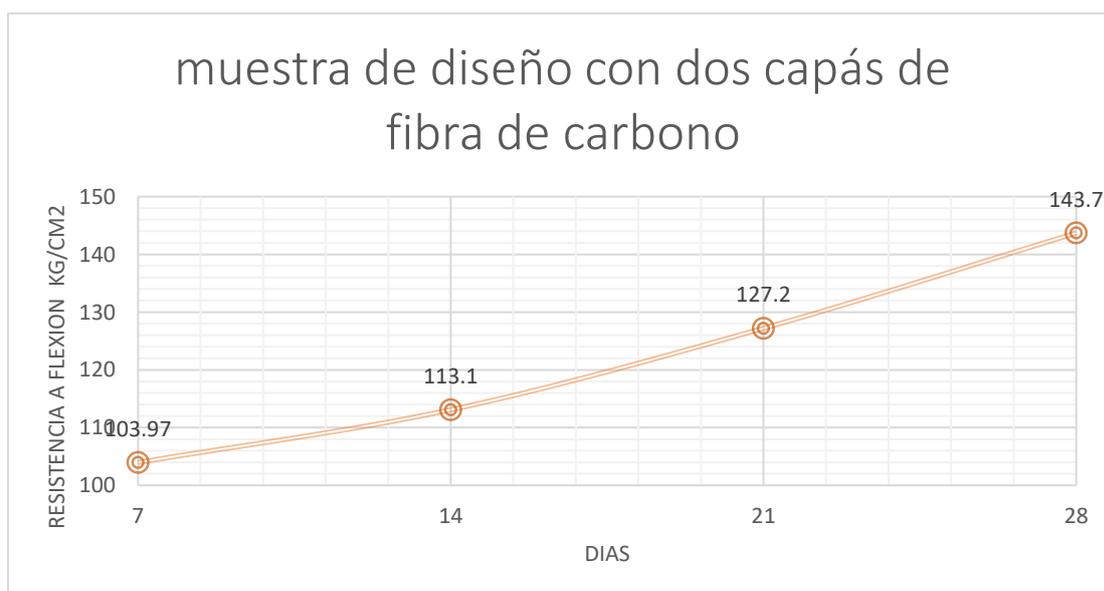
**Tabla 20** Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con dos capas

N°	Edad	Muestra					
		Medidas			Diseño	Esfuerzo	Resistencia
		H	A	L	Kg/Cm2	Kg/Cm2	%
1	7	15	15	54.2	210	103.97	31.73
2	14	15	15	54.2	210	113.10	38.03
3	21	15	15	54.2	210	127.2	46.18
4	28	15	15	54.2	210	143.70	53.23

Fuente: Datos de laboratorio

Con respecto a la tabla 20 la muestra con reforzamiento de dos capas de fibra de carbono con un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se observa que a los 7 días, la resistencia a la flexión en la viga de concreto fue del 31.73%, este porcentaje ha ido incrementándose conforme transcurrieron los días, ya que a los 14 días se registró una resistencia a la flexión del 38.03%, a los 21 días una resistencia 46.18% y a los 28 días la muestra patrón llegó a alcanzar una resistencia a la flexión del 53.23 %.

**Figura 10** Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con dos capas



Fuente: Datos de laboratorio

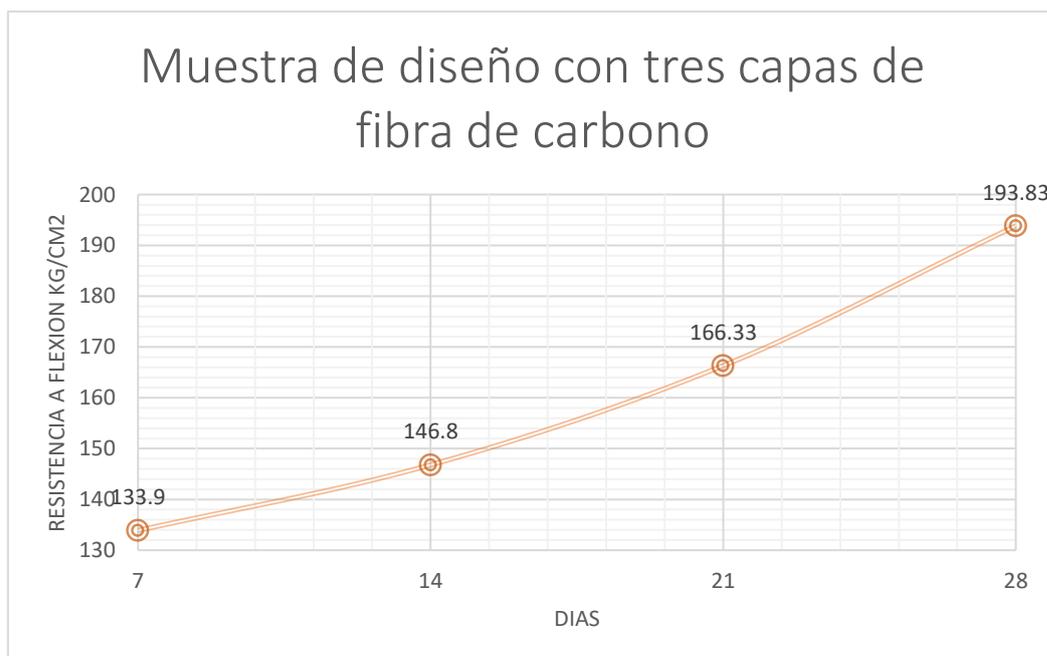
**Tabla 21** Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con tres capas

N°	Edad	Muestra					
		Medidas			Diseño	Esfuerzo	Resistencia
		H	A	L	Kg/Cm2	Kg/Cm2	%
1	7	15	15	54.2	210	133.90	41.93
2	14	15	15	54.2	210	146.80	50.36
3	21	15	15	54.2	210	166.33	59.05
4	28	15	15	54.2	210	193.83	72.06

Fuente: Datos de laboratorio

Con respecto a la tabla 21 la muestra con reforzamiento de tres capas de fibra de carbono con un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se observa que a los 7 días, la resistencia a la flexión en la viga de concreto fue del 41.93%, este porcentaje ha ido incrementándose conforme transcurrieron los días, ya que a los 14 días se registró una resistencia a la flexión del 50.36%, a los 21 días una resistencia 59.05% y a los 28 días la muestra patrón llegó a alcanzar una resistencia a la flexión del 72.06 %

**Figura 11** Consolidado de muestra diseño con fibra de carbono con tres capas



Fuente: Datos de laboratorio

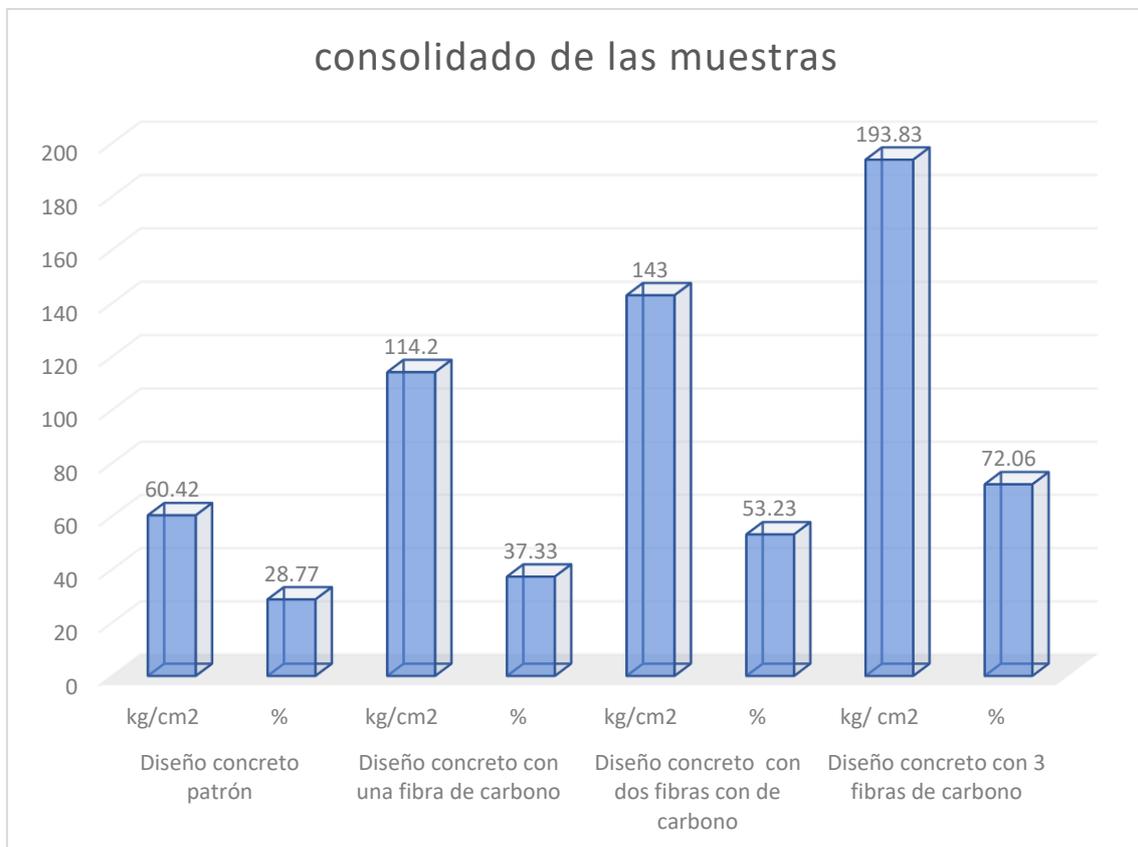
**Tabla 22** Consolidado general

Edad (días)	Diseño concreto patrón	Diseño concreto con una fibra de carbono	Diseño concreto con dos fibras con de carbono	Diseño concreto con 3 fibras de carbono
28	60.42 kg/cm <sup>2</sup>	114.20 kg/cm <sup>2</sup>	143 kg/cm <sup>2</sup>	193.83 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Datos de laboratorio

Para la muestra patrón se obtuvo una resistencia 60.42 kg/cm<sup>2</sup> mientras que la reforzada con una fibra de carbono se obtuvo una resistencia de 114.20 kg/cm<sup>2</sup> seguido de la muestra reforzada con dos fibras de carbono se obtuvo una resistencia de 143 kg/cm<sup>2</sup> y por último la muestra reforzada con 3 fibras de carbono alcanzo una resistencia a flexión de 193.83 143 kg/cm<sup>2</sup> en la viga de concreto transcurrido 28 días siendo esta ultima la que mejores resultados arrojó

**Figura 12** . Consolidado general



Fuente: Datos de laboratorio

## 4.2 Contrastación de hipótesis

### Hipótesis general:

**Ho:** El uso de fibra de carbono no influye positivamente en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado

**H1:** El uso de fibra de carbono influye positivamente en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado

Nivel de Significancia (alfa)  $\alpha = 0,05$ .

Hipótesis nula (Ho)  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H1)  $\mu_1 > \mu_2$

**Tabla 23** Prueba de hipótesis general

Prueba de hipótesis general resistencia a flexión					
t tabulado					
Reforzamiento Estructural con fibra de carbono	Tc (t calculada)	g.l	sig. al (5%) unilateral	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				límite Inferior	límite Superior
	3.2524	3.00	0.0356	2.3534	+ $\infty$

**Decisión:** Rechazo de hipótesis nula, por ser t hallada mayor que t tabular.

**Conclusión:** Con evidencia afirmo que reforzar la estructura con fibra de carbono influye en el comportamiento de la resistencia a flexión de las vigas de concreto armado

### Prueba de hipótesis específica 1

**Ho:** El uso de una capa de fibra de carbono no influye positivamente en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado.

**H1:** El uso de una capa de fibra de carbono influye positivamente en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado.

Nivel de Significancia (alfa)  $\alpha = 0,05$ .

Hipótesis nula ( $H_0$ )  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa ( $H_1$ )  $\mu_1 > \mu_2$

**Tabla 24** Prueba de hipótesis específica 1

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a flexión					
Reforzamiento Estructural con 1 fibra de carbono	Tc (t calculada)	g. l	sig. al (5%) unilateral	t tabulado	
				95% de intervalo de confianza de diferencia	
				límite Inferior	limite Superior
	4.2389	3.00	0.0012	2.3534	+ $\infty$

**Decisión:** Rechazo de hipótesis nula, por ser t hallada mayor que t tabular.

**Conclusión:** Con evidencia afirmo que reforzar la estructura con una fibra de carbono influye en el comportamiento de la resistencia a flexión de las vigas de concreto armado

## Prueba de hipótesis específica 2

**Ho:** El uso de fibra de dos capas de fibra de carbono no influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.

**H1:** El uso de fibra de dos capas de fibra de carbono influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.

Nivel de Significancia (alfa)  $\alpha = 0,05$ .

Hipótesis nula (Ho)  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H1)  $\mu_1 > \mu_2$

**Tabla 25** Prueba de hipótesis específica 2

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a flexión					
Reforzamiento Estructural con 2 fibras de carbono	Tc (t calculada)	g. l	sig. al (5%) unilateral	t tabulado	
				95% de intervalo de confianza de diferencia	
				límite Inferior	límite Superior
				2.3534	+ $\infty$

**Decisión:** Rechazo de hipótesis nula, por ser t hallada mayor que t tabular.

**Conclusión:** Con evidencia afirmo que reforzar la estructura con dos fibras de carbono influye en el comportamiento de la resistencia a flexión de las vigas de concreto armado

### Prueba de hipótesis específica 3

**Ho:** El uso de fibra de tres capas de fibra de carbono influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.

**H1:** El uso de fibra de tres capas de fibra de carbono influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.

Nivel de Significancia (alfa)  $\alpha = 0,05$ .

Hipótesis nula ( $H_0$ )  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa ( $H_1$ )  $\mu_1 > \mu_2$

**Tabla 26** Prueba de hipótesis específica 3

Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a flexión					
Reforzamiento Estructural con 3 fibras de carbono	tc(t calculada)	g.l	sig. Al (5%) unilateral	t tabulado	
				95% de intervalo de confianza de diferencia	
				límite Inferior	límite Superior
	3.8569	3.00	0.0025	2.3534	+ $\infty$

**Decisión:** Rechazo de hipótesis nula, por ser t hallada mayor que t tabular.

**Conclusión:** Con evidencia afirmo que reforzar la estructura con dos fibras de carbono influye en el comportamiento de la resistencia a flexión de las vigas de concreto armado

### 4.3. Discusión de resultados

Se realizaron pruebas para determinar si la fibra de carbono podría ser utilizada para este fin, obteniendo resultados que demostraron que es Posibilidad de diseñar vigas reforzadas con fibras de carbono, ya que después de 28 días, la resistencia a la flexión alcanzada fue superior a la muestra convencional, obteniendo en la muestra convencional una resistencia a la flexión media. El objetivo de este trabajo de investigación es determinar cómo influye el uso de fibra de carbono en el refuerzo estructural. de Vigas de hormigón armado. 42 kg/cm<sup>2</sup> mientras que con la adición de fibras de carbono con una capa su resistencia a la flexión promedio fue de 114.20 kg/cm<sup>2</sup>, con dos capas de fibra de carbono de 143,70 kg/cm<sup>2</sup>, y finalmente con tres capas de fibra de carbono promedio de 193.83 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo mayor resistencia con la adición de más fibras de carbono.

Según el trabajo de investigación realizado por el autor de Santo A. (2019), se encontró que la variación de la resistencia a la flexión de vigas de hormigón armado reforzado con fibra de carbono las chapas, con respecto a las vigas estándar de hormigón armado, fueron 63,6% y 59,8% para Tipo I ( $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) y Tipo II ( $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente. Este fue el caso del Tipo I ( $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) y del Tipo II ( $f'_c= 8\%$  para el Tipo I ( $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) y Tipo II ( $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente, obteniendo en la presente investigación superior Resultados cuando se refuerza con fibra de carbono en un tiempo de curación de 28 días hasta un aumento del 72,06% en su resistencia con respecto a la muestra estándar, que muestra que este aumento está lejos de los resultados obtenidos por el autor mencionado anteriormente. 8% para Tipo I ( $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) y Tipo II ( $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>)

Investigadores como Alegre (2016) han demostrado que la adición de refuerzo de fibra de carbono a las secciones de hormigón armado aumenta la resistencia del material a tensiones de flexión. Cuando se trata de porciones más pequeñas, el aumento en la resistencia a la flexión alcanza un valor del 58.9%, sin embargo, cuando Se trata de secciones más grandes, el aumento de la fuerza alcanza un valor del 18,4%. Es posible sacar la conclusión, en base a los resultados obtenidos con el refuerzo que contiene diferentes porcentajes de fibra de carbono en vigas de hormigón simples, que este material tiene efectos positivos

sobre la resistencia del hormigón. En la presente investigación, con dos capas de refuerzo de fibra de carbono en un tiempo de 28 días de curación, hacia arriba a un aumento del 53,23% en su fuerza fue en comparación con la muestra estándar.

Utilizando un área de refuerzo de 60 mm, investigadores como Aquino y Mosquera investigaron la influencia de la externo Refuerzo de tiras de fibra de carbono sobre la resistencia a la flexión de vigas de hormigón armado. Encontraron que hubo un aumento en la resistencia de entre 59.80% y 63.60 % para dos resistencias de concreto diferentes; Si se interpolan los resultados de la referencia más reciente, se produciría un aumento de entre el 24,67% y 26,24%. Cuando se compara con los hallazgos del presente estudio, se puede observar que el porcentaje de 53.23% (adición de dos capas) y con tres capas un total de 72.06% son resultados mayores que la investigación que se presentó. Esto se debe a que el presente estudio solo analizó una capa.

Del mismo modo, autores como Vásquez muestran que el uso de hormigón reforzado con fibra es muy limitado en nuestro país (Perú) y específicamente en la región de Cajamarca. Esto se debe a que no hay suficiente evidencia experimental y requisitos reglamentarios a este respecto. Sin embargo, sobre la base de los resultados obtenidos mediante el uso de fibra de carbono como refuerzo, es posible llegar a la conclusión de que éste La fibra debe usarse con más frecuencia debido al aumento significativo que proporciona a la resistencia a la flexión de hormigón. Una de las limitaciones era que solo podíamos obtener la fibra de carbono en cantidades al por mayor, lo que hizo que el material fuera prohibitivamente caro.

Así mismo, otro estudio cuyos resultados coinciden con los alcanzados en la presente, fue el realizado por **Castro** en Lima para la Universidad Privada del Norte, quien llegó a concluir que aplicando un reforzamiento con fibra de aumenta la resistencia del concreto, lo cual depende de aspectos como el diseño de la muestra o el gramaje de la FC, además determino que este material menos costoso que el acero. La investigación llevada a cabo por Campos también llegó a concluir que el reforzamiento con FC en concreto armado aumenta la resistencia a la flexión incluso un 20% de su capacidad original.

Estos resultados obtenidos por diversas investigaciones, permiten reforzar los obtenidos en la presente, siendo factible afirmar que la FC es un material apto para el reforzamiento de estructuras como vigas y columnas elaboradas a base de concreto armado, dado que aumenta considerablemente la capacidad de carga.

## CONCLUSIONES

1. En cuanto al objetivo general, se logró comprobar que utilizar la fibra de carbono influye de forma positiva en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado, lo que quiere decir que esta aplicación aumento en un 72.06 % sus propiedades mecánicas y físicas del concreto armado, ya que se obtuvieron resultados beneficiosos en las pruebas ensayadas a los días 7,14,21 y 28.
2. Respecto al primer objetivo específico, se logró comprobar que utilizar una fibra de carbono influye de forma positiva en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado, lo que quiere decir que esta aplicación aumento en un 8.53 % o 53.78 kg/ cm<sup>2</sup> respecto a la muestra patrón incrementando sus propiedades mecánicas y físicas del concreto armado, ya que se obtuvieron resultados beneficiosos en las pruebas ensayadas a los días 7,14,21 y 28.
3. Respecto al segundo objetivo específico, se logró comprobar que utilizar dos fibras de carbono influye de forma positiva en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado, lo que quiere decir que esta aplicación aumento en un 15.9 % o 82.58 kg/ cm<sup>2</sup> respecto a la muestra patrón incrementando sus propiedades mecánicas y físicas del concreto armado, ya que se obtuvieron resultados beneficiosos en las pruebas ensayadas a los días 7,14,21 y 28.
4. Respecto al tercer objetivo específico, se logró comprobar que utilizar dos fibras de carbono influye de forma positiva en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado, lo que quiere decir que esta aplicación aumento en un 43.29 % o 133.41 kg/ cm<sup>2</sup> respecto a la muestra patrón incrementando sus propiedades mecánicas y físicas del concreto armado, ya que se obtuvieron resultados beneficiosos en las pruebas ensayadas a los días 7,14,21 y 28.

## RECOMENDACIONES

1. Para reforzar las propiedades mecánicas del concreto armado, se recomienda utilizar la fibra de carbono pues aporta una mayor capacidad a los esfuerzos de tensión y corte además es un material que provee mayor resistencia a los impactos y al fuego, así como un mejor aislamiento terminado.
2. Se recomienda también, promover la realización de estudios sobre la influencia en las propiedades del concreto armado reforzado con fibras de carbono, aplicando diversos ensayos comparativos con concreto armado reforzado por medio de Enchaquetado o zunchado con malla de acero y/o; ya que se podrían generar resultados más definitivos.
3. Para minimizar costos asociados al uso de fibra de carbono, se recomienda adquirirlos directamente del fabricante, aunque cabe mencionar que comparado con materiales similares, la fibra de carbono es relativamente más cara pero aporta mejores propiedades físicas.
4. Se recomienda, reforzar los resultados obtenidos en el presente estudio con la opinión de expertos calificados en el tema, que pueda contribuir con su experiencia y conocimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Abogado. 2018.** abogado.com. *abogado.com*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Marzo de 2022.] <https://www.abogado.com/recursos/propiedades-inmobiliarias/tipos-de-defectos-de-construccion.html>.

**Alegre, Gianfranco. 2017.** *Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado*. Lima : s.n., 2017.

**Amoviblesio. 2015.** amoviblesio.blogspot. *amoviblesio.blogspot*. [En línea] 22 de Noviembre de 2015. [Citado el: 8 de Marzo de 2022.] <http://amoviblesio.blogspot.com/2015/11/compresion-traccion-flexion-torsion.html>.

**ANCLAF. 2020.** ANCLAF. ANCLAF. [En línea] 14 de Septiembre de 2020. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] <https://anclaf.com/fibra-de-carbono-en-la-construccion/#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20reforzamiento%20en,filamento s%2C%20compuesto%20principalmente%20por%20carbono>.

**Arcus-Global. 2020.** Arcus-Global. *Arcus-Global*. [En línea] 8 de Diciembre de 2020. [Citado el: 14 de Marzo de 2022.] <https://www.arcus-global.com/wp/que-son-las-vigas-y-para-que-sirven/>.

**Beltran, Arturo. 2011.** *Uso de fibras de carbono como reforzamiento a flexión en vigas de concreto reforzado*. Bogota : s.n., 2011.

**BORREL, Amparo. 2015.** *Materiales de carbono de grafito al grafeno*. 2015.

**Budenheim. 2018.** Budenheim. *Budenheim*. [En línea] 13 de Mayo de 2018. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] <https://www.budenheim.com/es/soluciones/construccion/concreto>.

**Campos, Himler. 2018.** *Reforzamiento con bandas y anclajes de fibra de carbono tyfo sch-41 en columnas de sección rectangular*. Lima : s.n., 2018.

**carbosystem. 2019.** carbosystem. *carbosystem*. [En línea] 16 de Junio de 2019. [Citado el: 6 de Marzo de 2022.] <https://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>.

**Castro, Carlos. 2019.** *Reforzamiento estructural con fibra de carbono como alternativa económica para aumentar la resistencia a la compresión de las columnas en la galería comercial fullmarketen el 2019*. Lima : s.n., 2019.

**Cementos Sol. 2013.** *Cementos Sol*. Lima : s.n., 2013.

**Civilgeeks. 2016.** Civilgeeks. *Civilgeeks*. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Marzo de 2022.] <https://civilgeeks.com/2014/08/03/que-es-una-falla-estructural/>.

**concepto. 2018.** concepto.de. *concepto.de*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Marzo de 2022.] <https://concepto.de/estructura/#ixzz7NnMAo63C>.

**Concepto.de. 2013.** Concepto.de. *Concepto.de*. [En línea] 22 de Marzo de 2013. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] <https://concepto.de/tenacidad/#ixzz7Mym1q3Sa>.

**Conceptodefinicion. 2021.** Conceptodefinicion. *Conceptodefinicion*. [En línea] 5 de Febrero de 2021. [Citado el: 8 de Marzo de 2022.] <https://conceptodefinicion.de/elongacion/>.

**construyendoseguro. 2018.** construyendoseguro. *construyendoseguro*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Marzo de 2022.] <https://meet.google.com/jie-ytpv-fne?pli=1>.

**Contreras, Rafael. 2011.** *Uso de fibras de carbono como reforzamiento a corte en vigas de concreto reforzado*. Bogota : s.n., 2011.

**Flores. 2013.** *Reforzamiento estructural*. 2013.

**Flores, Luis. 2017.** *Reforzando edificaciones con fibras de carbono*. Lima : s.n., 2017.

**greelane. 2019.** greelane. *greelane*. [En línea] 1 de Abril de 2019. [Citado el: 10 de Marzo de 2022.] <https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnolog%c3%ada-matem%c3%a1ticas/ciencia/understanding-cfrp-composites-820393/>.

**Helene. 2003.** *Estructuras de concreto*. Lima : s.n., 2003.

**Horlasa. 2017.** horlasa. *horlasa*. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de Marzo de 2022.] <https://horlasa.com/blog/tipos-refuerzo-estructural-rehabilitacion-edificios/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20un%20refuerzo%20estructural,de%20la%20estructura%20del%20edificio..>

**IMCYC. 2004.** *Propiedades del cemento*. Lima : s.n., 2004.

**kitfibradecarbono. 2019.** kitfibradecarbono. *kitfibradecarbono*. [En línea] 15 de Mayo de 2019. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] <https://kitfibradecarbono.com/fibra-de-carbono/>.

**Manrique , Diego. 2019.** *Uso de fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones, centro empresarial Camino Real, San Isidro*. Lima : s.n., 2019.

**Manrique, Diego y Paucar, Miguel. 2019.** *Uso de fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones, centro empresarialcamino reaL, SAN ISIDRO*. Lima : s.n., 2019.

**Miarco. 2018.** BlogdeMiarco. *BlogdeMiarco*. [En línea] 12 de Junio de 2018. [Citado el: 8 de Marzo de 2022.] <https://www.miarco.com/blog/que-son-la-adhesion-y-la-cohesion/>.

**Morales. 2014.** *Propiedades Mecánicas del concreto*. Lima : s.n., 2014.

**Ortiz, Luis. 1991.** *Resistencia de Materiales*. Madrid : s.n., 1991.

**Perez, Julián y Gardey, Ana. 2017.** Definicion.de. *Definicion.de*. [En línea] 12 de Febrero de 2017. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] <https://definicion.de/espesor/#:~:text=Se%20denomina%20espesor%20al%20grosor,la%20densidad%20de%20una%20sustancia..>

**Quimica.es. 2015.** Quimica.es. *Quimica.es*. [En línea] 24 de Junio de 2015. [Citado el: 8 de Marzo de 2022.] <https://www.quimica.es/enciclopedia/Ductilidad.html>.

**Sandoval, Pablo. 2014.** *Valuación experimental del comportamientomecánicode refuerzos de fibra de carbono con matriz cementícea (frcm), influencia del tipo de matriz*. Chile : s.n., 2014.

**SIDETUR. 2017.** *El acero de refuerzo en las vigas de concreto*. Bolivia : s.n., 2017.

**Significados. 2017.** Significados. *Significados*. [En línea] 12 de Abril de 2017. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] <https://www.significados.com/estructural/>.

**Silva, Pedro. 2016.** *Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono*. Quito : s.n., 2016.

**Sologremios. 2013.** Sologremios. *Sologremios*. [En línea] 13 de Enero de 2013. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] <http://sologremios.com/post/4--que-son-los-materiales-epoxicos->.

**Structuralia. 2017.** Materiales y procedimientos de construcción. *5 formas de reforzar una viga que todo ingeniero debe conocer*. [En línea] 29 de marzo de 2017. [Citado el: 15 de febrero de 2022.] <https://blog.structuralia.com/5-formas-de-reforzar-una-viga-que-todo-ingeniero-debe-conocer>.

**Xunta. 2014.** edu.xunta.gal. *edu.xunta.gal*. [En línea] 30 de Abril de 2014. [Citado el: 9 de Marzo de 2022.] [https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/51\\_resistencia.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/51_resistencia.html).

**Yauli, José. 2014.** *Desempeño sísmico de una viga reparada con fibras*. Ecuador : s.n., 2014.

# **ANEXOS**

## Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Fuente
<p><b><u>Problema general</u></b></p> <p>¿De qué manera el uso de fibra de carbono influye en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado?</p> <p><b><u>Problemas Específicos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera el uso de una capa de fibra de carbono influye en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado?</li> <li>¿De qué manera el uso de dos capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado?</li> <li>¿De qué manera el uso de tres capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado?</li> </ol>	<p><b><u>Objetivo General</u></b></p> <p>Determinar de qué manera el uso de fibra de carbono influye en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado</p> <p><b><u>Objetivos Específicos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar de qué manera el uso de 1 capa de fibra de carbono influye en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado.</li> <li>Determinar de qué manera el uso de 2 capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.</li> <li>Determinar de qué manera el uso de 3 capas de fibra de carbono influye en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado</li> </ol>	<p><b><u>Hipótesis General</u></b></p> <p>El uso de fibra de carbono influye positivamente en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado</p> <p><b><u>Hipótesis Específicas</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El uso de una capa de fibra de carbono influye positivamente en los requerimientos mínimos exigidos en vigas de concreto armado.</li> <li>El uso de fibra de dos capas de fibra de carbono influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.</li> <li>El uso de fibra de tres capas de fibra de carbono influye positivamente en la resistencia a la flexión en vigas de concreto armado.</li> </ol>	<p><b>FIBRA DE CARBONO</b></p>	<p>Especificaciones técnicas</p>	<p>Informe técnico de Resistencia a la flexión</p> <p>y</p> <p>Informe del diseño de mezcla de concreto</p>
			<p><b>REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS</b></p>	<p>Requerimientos mínimos exigidos</p>	
				<p>Resistencia a la flexión</p>	
<b>Metodología</b>	<b>Población y muestra</b>		<b>Técnicas e Instrumentos</b>		
<p><b>Método:</b> Inductivo</p> <p><b>Tipo:</b> Aplicado</p> <p><b>Alcance:</b> Descriptivo</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental</p>	<p><b>Población:</b> diseños con distintas áreas de refuerzo de fibra</p> <p><b>Muestra:</b> 48 diseños</p> <p><b>Muestreo no probabilístico:</b> Censal</p>		<p><b>Técnica:</b></p> <p>Fichaje y Observación</p> <p><b>Instrumento:</b></p> <p>Ficha de registro de datos</p> <p>Informes entregados por el laboratorio de suelos</p>		

### Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION OPERACIONAL		
		DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTE
<b>FIBRA DE CARBONO</b>	Es un tipo de fibra ampliamente utilizada para el reforzamiento estructural, debido a que goza de elevada resistencia a la tensión y módulo de elasticidad	<b>Especificaciones técnicas</b>	Módulo de elasticidad	Informe técnico de Resistencia a la flexión
			Ancho de capa	
			Espesor	
			Deformación de ruptura	
<b>REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS</b>	Intervención o reforzamiento de la estructura de unas vigas, con el objeto de acondicionarlos a niveles adecuados de seguridad y resistencia de acuerdo con los requisitos de la le	<b>Requerimientos mínimos exigidos</b>	Análisis granulométrico	Informe del diseño de mezcla de concreto
			Peso unitario y específico	
			Contenido de humedad	
			Tamizado	
			Abrasión los ángeles	
		<b>Resistencia a la flexión del concreto</b>	Patrón	
			1 capa de fibra	
			2 capas de fibra	
			3 capas de fibra	

# Informe de laboratorio

## LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO



### DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO HIDRÁULICO INFORME TECNICO N° 325 – 2021 – CCA

PROYECTO:  
"USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL  
EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"



$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**CANTERA** : Agregado grueso : MURILLO  
: Agregado fino : MURILLO

**SOLICITANTE** : BACH. DIEGO H. OLIVERA PALOMINO

**RESPONSABLE** : SAUL J. CHIPA CAHUANA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 193001

**UBICACIÓN** : Lugar : ABANCAY  
: Distrito : ABANCAY  
: Provincia : ABANCAY  
: Región : APURIMAC

NOVIEMBRE DEL 2021



1 Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
Oficina – Jr. Arica N°720 – Abancay – Abancay  
[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

## LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO



### Contenido

1. Memoria Descriptivo.....	3
2. Características del Proyecto.....	3
3. Ubicación.....	3
4. Objetivos y Fines .....	4
5. Normas Aplicadas al Presente Estudio.....	4
5.1 Listado de Normas Utilizadas .....	4
6. Requisitos de los Materiales .....	4
6.1 De los agregados .....	4
6.2 Control y Tolerancias.....	5
7. Ensayos Ejecutados .....	5
7.1 Resultados de los Ensayos.....	7
8. Diseño de Mezcla .....	7
8.1 Dosificación en Baldes.....	8
9. Conclusiones y Recomendaciones .....	9
Anexos.....	11



2 Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
Oficina – Jr. Arica N°720 – Abancay – Abancay  
[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

INFORME DEL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

1. Memoria Descriptivo

El presente informe del **DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO** se ha desarrollado en concordancia con el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y la norma del American Concrete Institute (ACI) con el objetivo de determinar la correcta dosificación de los materiales componentes del concreto.

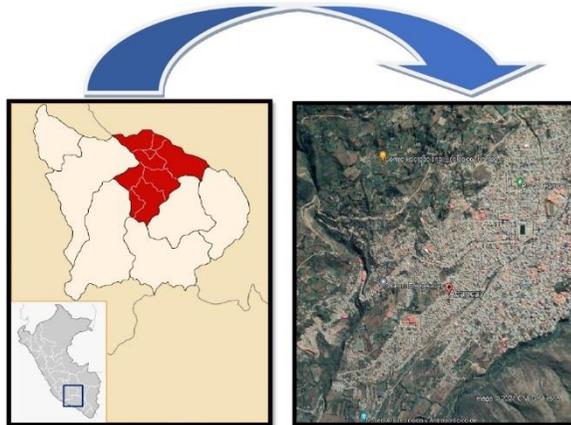
2. Características del Proyecto

El proyecto consiste en el **"USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"**

\*Referencia: Información proporcionada por el solicitante.

3. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Abancay del distrito de Abancay, provincia de Abancay, región Apurímac, tal como se muestra en la imagen adjunta.



4. Objetivos y Fines

El objetivo del **DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO** es determinar la correcta dosificación del concreto con los agregados proveídos de la cantera Murillo y Cemento Yura Tipo I para la mezcla de concreto hidráulico a usarse en elementos estructurales que según especificaciones técnicas se tiene un slump de 4" de esta manera llegar a la resistencia óptima según el expediente de la obra.

5. Normas Aplicadas al Presente Estudio

El Estudio de las Canteras se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRITERAS EM-2016, APROBADO MEDIANTE DS N° 034-2008-MTC que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), para la realización de los ensayos y análisis de Laboratorio.

5.1 Listado de Normas Utilizadas

- Muestreo para Materiales de Construcción MTC E 201 – 2016
- Peso Unitario y Vacíos de los Agregados MTC E 203 – 2016
- Análisis granulométrico de Agregados Gruesos y Finos MTC E 204 – 2016
- Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos MTC E 205 – 2016
- Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos MTC E 206 – 2016
- Método de ensayo para contenido de humedad total MTC E 215 – 2016
- Standard Specification for Concrete Aggregates ASTM C 33

6. Requisitos de los Materiales

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos que se dan a continuación. Los materiales que incumplan estos requisitos y sus tolerancias, serán rechazados por la supervisión y serán restituidos por el contratista a su costo, en los plazos que indica la supervisión.

6.1 De los agregados

Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en las siguientes Tablas:

Para el agregado fino

CARACTERÍSTICAS	REQUISITO		UNIDAD
	MIN.	MAX.	
Módulo de finura	2.3	3.1	---
Absorción	---	4.0	%
Material más fino que pasa la malla N°200	---	5.0	%

Para el agregado grueso

CARACTERÍSTICAS	REQUISITO		UNIDAD
	MIN.	MAX.	
Material más fino que pasa la malla N°200	---	1.0	%
Desgaste de los Angeles	---	40.0	%

### 6.2 Control y Tolerancias

El constructor y la supervisión de la obra son los responsables por la ejecución de las pruebas y por el cumplimiento de las exigencias de la norma.

Se efectuarán los ensayos de control y con las frecuencias indicadas en las normas técnicas peruanas:

NTP 339.935	Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto.
NTP 339.036	Practica muestreo de mezclas de concreto fresco.
NTP 339.033	Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.
NTP 339.034	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Las cuales indican las frecuencias de ensayos de control para el concreto. La frecuencia de los ensayos puede incrementarse en opinión del Supervisor.

### 7. Ensayos Ejecutados

**Muestreo para Materiales de Construcción.** - Establecer los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento.
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales.

**Peso Unitario y Vacíos de los Agregados.** - Determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos. Se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto. También se utiliza para determinar la relación masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra donde se desconoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte (que usualmente contienen humedad superficial absorbida) y los llevados a cabo por este ensayo que determina el peso unitario seco.

**Análisis granulométrico de Agregados Gruesos y Finos.** - Determinar por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada la distribución de partículas de agregados grueso y fino en una muestra seca de peso conocido. Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

**Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Finos.** - Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado fino. El peso específico (gravedad específica) es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. También es usado en el cálculo de vacíos en el agregado del ensayo MTC E 203.

**Peso Específico y Absorción de los Agregados Gruesos.** - Establecer un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este modo operativo no es aplicable para agregados ligeros. Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y fórmulas en este modo operativo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción.

**Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado.** - Establecer un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este modo operativo no es aplicable para agregados ligeros. Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y fórmulas en este modo operativo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción.

**Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste - abrasión los ángeles.** - Esta es la prueba que más se aplica para averiguar la calidad global estructural del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste, por abrasión, del agregado grueso, menor de 1½" (38 mm), utilizando la máquina de Los Ángeles

### 7.1 Resultados de los Ensayos

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas y mecánicas de los materiales de las canteras se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayo de Laboratorios del MITC (vigente).

Los ensayos de los materiales fueron realizados del conjunto de los materiales de la cantera, por personal calificado, instalaciones convenientes para la ejecución correcta de los ensayos siguiendo Normas de Ensayos del MITC y/o normas internacionales como ASTM o AASHTO, equipos debidamente calibrados asegurando la calidad de los resultados de los ensayos.

Para el MATERIAL DE USO COMO AGREGADO EN MEZCLAS DE CONCRETO, una vez culminado los ensayos de laboratorio se obtuvo las siguientes propiedades físicas y mecánicas del material que se emplearan para la fabricación de concreto con cemento Yura, tienen las siguientes propiedades:

CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO
Porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 (%)	0.47
Humedad natural (%)	0.95
Tamaño máximo nominal (Pulg)	1
Módulo de fineza	7.48
Huso	467
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1414.78
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1640.54
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.69
Absorción (%)	0.88
Desgaste del agregado (%)	26.99

CARACTERISTICAS	AGREGADO FINO
Porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 (%)	4.89
Humedad natural (%)	3.18
Módulo de fineza	3.10
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1478.44
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1643.71
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.70
Absorción (%)	2.08

### 8. Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla teórico utilizado es del American Concrete Institute (ACI) elaborado por el comité 211, para este proyecto no se cuenta con datos históricos de resistencia a compresión para el cálculo de la desviación estándar por lo tanto se trabajó con datos que nos proporciona el ACI para la determinación de la resistencia promedio. Se obtuvo la dosificación teórica para un concreto hidráulico de resistencia a compresión igual a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , una consistencia plástica (slump de 3" - 4"), según los datos proporcionados por el ACI (Procesamiento de Diseño), y las características físicas y mecánicas de los agregados fino y grueso.

*JHJ*  
 José Chipo Cahuana  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193081

### DISEÑO DE MEZCLA PARA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION			
Materiales	Cantidad /m <sup>3</sup>	Proporción en Volumen por bolsa	Proporción en volumen para 1 m <sup>3</sup>
Cemento	359.23 Kg	1.00 Bolsa	8.452 bolsas
Agua	187.99 L	22.24 Lt	0.188 m <sup>3</sup>
Agr. Fino	772.32 Kg	2.18 pie <sup>3</sup>	0.522 m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	1076.48 Kg	3.18 pie <sup>3</sup>	0.761 m <sup>3</sup>

#### 8.1 Dosificación en Baldes

La dosificación en pie<sup>3</sup> se puede convertir a baldes de 18 Litros y de 20 Litros como a continuación se detalla:

- 1.0 pie<sup>3</sup> es igual a 1.5 baldes de 18 Litros
- 1.0 pie<sup>3</sup> es igual a 1.4 baldes de 20 Litros

El cual en cantidad de baldes sería de la siguiente forma:

➤ Para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Material	Balde de 18 Litros	Balde de 20 Litros
Agua	1.2 baldes	1.1 baldes
Piedra	4.8 baldes	4.5 baldes
Arena	3.3 baldes	3.1 baldes

*JHJ*  
 José Chipo Cahuana  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193081

9. Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES

- ❖ Dosificar los Materiales para la preparación del concreto en las proporciones indicadas en el Diseño. Se deberá realizar las correcciones respectivas por los cambios en la humedad de los agregados.
- ❖ Se deberá prevenir que los agregados grueso y fino sean expuestos al sol directamente ya que estos agregados calientes, producirán una evaporación más rápida del agua de la mezcla.
- ❖ Según los ensayos realizados sus propiedades físicas y mecánicas de los agregados ensayados son:

CARACTERISTICAS	AGREGADO GRUESO
Porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 (%)	0.47
Humedad natural (%)	0.95
Tamaño máximo nominal (Pulg)	1
Módulo de fineza	7.48
Huso	467
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1414.78
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1640.54
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.67
Absorción (%)	0.88
Desgaste del agregado (%)	26.99

CARACTERISTICAS	AGREGADO FINO
Porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 (%)	4.89
Humedad natural (%)	3.18
Módulo de fineza	3.10
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1478.44
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1643.71
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.70
Absorción (%)	2.08

- ❖ El diseño teórico del concreto se realizó para el cemento Yura Tipo I y los agregados proveídos por el solicitante, se estima que se usara agua potable.

DISEÑO DE MEZCLA PARA  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION		
	Cantidad /m <sup>3</sup>	Proporción en Volumen por bolsa	Proporción en volumen para 1 m <sup>3</sup>
Cemento	359.23 Kg	1.00 Bolsa	8.452 bolsas
Agua	187.99 L	22.24 Lt	0.188 m <sup>3</sup>
Agr. Fino	772.32 Kg	2.18 pie <sup>3</sup>	0.522 m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	1076.48 Kg	3.18 pie <sup>3</sup>	0.761 m <sup>3</sup>

*HEX*  
 **Jose Chipo Calvarano**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193081

RECOMENDACIONES

- ❖ Almacenar los Agregados en un lugar donde no permita su contaminación con materiales finos y/o materia orgánica.
- ❖ Considerar un 5% adicional a los valores indicados en el diseño por concepto de pérdidas y desperdicios.
- ❖ Realizar el curado con agua durante un tiempo mínimo de 7 días para alcanzar el 100% resistencia requerida a compresión del concreto.
- ❖ Comenzar a curar el concreto tan pronto como sea posible. Rociar la superficie con un compuesto curador de membrana, o cubra la superficie con mantas húmedas y manténgala continuamente húmeda.
- ❖ Si el concreto va a ser colocado sobre una sub-base seca y absorbente en tiempo caliente y seco, humedezca la sub-base, pero no al punto en que tenga agua libre antes del vaciado. El encofrado y el refuerzo también deben ser humedecidos, esto para evitar el agrietamiento por Contracción Plástica.
- ❖ Utilizar aditivos de acuerdo con las características de la obra como son Acelerantes, plastificantes u otros, que ayuden a mejorar las propiedades físicas del concreto hidráulico.
- ❖ Verificar que el concreto no esté "demasiado húmedo" o "demasiado seco", esto se realiza mediante la prueba de revenimiento, y así evitar la segregación de la mezcla.
- ❖ Para un concreto compacto y de mezcla homogénea, ponga el vibrador dentro del concreto RÁPIDAMENTE. Saque el vibrador LENTAMENTE, ya que si no se hace así pueden dejarse huecos o un punto débil mal compactado en el concreto.
- ❖ La frecuencia de las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 50 m<sup>3</sup> de concreto, ni menos de una vez por cada 300 m<sup>2</sup> de superficie de losas o muros.

*HEX*  
 **Jose Chipo Calvarano**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 193081

# Anexos

Tablas normativas empleadas para el desarrollo del diseño de mezcla

▪ Tabla N° 1

Tabla N° 01	
$f_{cr}$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f_{cr} + 70$
210 - 350	$f_{cr} + 84$
> 350	$f_{cr} + 98$

▪ Tabla N° 2

Consistencia	Asentamiento
Seca	0 - 2
Plástica	3 - 4
Flúida	$\geq 5$

▪ Tabla N° 3

Slump	Agua en L/m <sup>3</sup> para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	212	201	189	182	170	163	151	113
3" a 4"	227	216	204	197	185	178	167	124
6" a 7"	250	238	227	216	204	197	182	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

▪ Tabla N° 4

TMN	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Tabla N° 5

$f'_c$ a los 28 días. $Kg/cm^2$	relación agua/cemento	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Tabla N° 6

TMN del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finza del agregado fino			
	Módulo de finza del agregado fino			
Malla	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 "	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.6
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.69
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Ensayos de granulometría, peso unitario suelto y compactado, peso y/o gravedad específica, abrasión los Angeles, diseño de mezcla, entre otros.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 - 2016**

Proyecto: "USO DE RBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apuímac**  
 Hecho por: Muestra: **Interesado** Material: **Agregado grueso**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO									
Muestra Inicial	4083.2 gr	Muestra lavada y seca		4066.4	Peso Recipiente	0.0 gr	HUSO 447		
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
1 1/2	37.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	95%	100%	
1	25.000	854.6	854.60	20.93%	20.93%	79.07%	—	—	
3/4	19.000	1449.5	1449.50	35.30%	56.43%	43.57%	35%	70%	
1/2	12.500	1191.6	1191.60	29.18%	85.61%	14.39%	—	—	
3/8	9.500	398.4	398.40	9.76%	95.37%	4.63%	10%	30%	
N° 4	4.750	159.7	159.70	3.91%	99.28%	0.72%	0%	5%	
N° 8	2.360	0.9	0.90	0.02%	99.30%	0.70%	0%	3%	
N° 16	1.180	0.7	0.70	0.02%	99.32%	0.68%	0%	2%	
N° 50	0.300	3.1	3.10	0.08%	99.40%	0.60%	0%	1%	
N° 200	0.075	5.1	5.10	0.12%	99.52%	0.48%			
Cazuela		0.7	19.60	0.48%	100.00%				
<b>TOTAL</b>		<b>4064.3</b>	<b>4083.2</b>	<b>100%</b>					

Módulo de Finza = 7.48



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 - 2016**

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
 Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado fino**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO									
Muestra Inicial	1162.5 gr		Muestra lavada y secada		1108.5	Peso Recipiente	0.0 gr		HUSO
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
3/8"	9.50	31.2	31.20	2.68%	2.68%	97.32%	100%	100%	
Nº 4	4.750	64.3	64.30	5.53%	8.22%	91.78%	95%	100%	
Nº 8	2.360	135.2	135.20	11.63%	19.85%	80.15%	80%	100%	
Nº 16	1.180	243.7	243.70	20.96%	40.81%	59.19%	50%	85%	
Nº 30	0.600	279.9	279.90	24.08%	64.89%	35.11%	25%	60%	
Nº 50	0.300	192.3	192.30	16.54%	81.43%	18.57%	5%	30%	
Nº 100	0.150	123.9	123.90	10.66%	92.09%	7.91%	0%	10%	
Nº 200	0.075	33.3	33.30	3.04%	95.12%	4.88%			
		2.7	56.70	4.88%	100.00%				
<b>TOTAL</b>		<b>1108.5</b>	<b>1162.5</b>	<b>100%</b>					

Módulo de Finesa = 3.10



**PESO UNITARIO SUELTO, COMPACTADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO MTC E 203 - 2016**

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
 Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado grueso**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO		
DATOS DEL ENSAYO		
	MUESTRA 01	MUESTRA 01
Peso del Molde (gr)	4811	4811
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	18134.0	18196.0
Peso de la Muestra Suelta (gr)	13323	13385
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelta (gr/cm <sup>3</sup> )	1.411	1.418
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2688.149	2688.149
Peso Unitario Suelta (kg/m <sup>3</sup> )	1411.492	1418.060
Porcentaje de Vacíos	47.49%	47.25%

Peso Unitario Suelta (kg/m <sup>3</sup> )	1414.776
Porcentaje de Vacíos	47.37%

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO		
DATOS DEL ENSAYO		
	MUESTRA 01	MUESTRA 01
Número de Copas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	4811	4811
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	20283.0	20309.0
Peso de la Muestra Varillada (gr)	15472	15498
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	9438.95	9438.95
Peso Unitario Varillado (gr/cm <sup>3</sup> )	1.639	1.642
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2688.149	2688.149
Peso Unitario Varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1639.17	1641.92
Porcentaje de Vacíos	39.02%	38.92%

Peso Unitario Suelta (kg/m <sup>3</sup> )	1640.54
Porcentaje de Vacíos	38.97%

**PESO UNITARIO SUELTO, COMPACTADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO  
MTC E 203 - 2016**

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
 Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado fino**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO		
DATOS DEL ENSAYO		
	MUESTRA 01	MUESTRA 01
Peso del Molde [gr]	2006	2006
Peso del Molde + Muestra Suelta [gr]	6187	6198
Peso de la Muestra Suelta [gr]	4181	4192
Volumen del Molde [cm <sup>3</sup> ]	2831.70	2831.70
Peso Unitario Suelto [gr/cm <sup>3</sup> ]	1.476	1.480
Peso Específico [kg/m <sup>3</sup> ]	2703.091	2703.091
Peso Unitario Suelto [kg/m <sup>3</sup> ]	1476.498	1480.383
Porcentaje de Vacíos	45.38%	45.23%

Peso Unitario Suelto [kg/m <sup>3</sup> ]	1478.441
Porcentaje de Vacíos	45.31%

PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO		
DATOS DEL ENSAYO		
	MUESTRA 01	MUESTRA 01
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde [gr]	2006	2006
Peso del Molde + Muestra Varillada [gr]	6679	6642
Peso de la Muestra Varillada [gr]	4673	4636
Volumen del Molde [cm <sup>3</sup> ]	2831.70	2831.70
Peso Unitario Varillado [gr/cm <sup>3</sup> ]	1.650	1.637
Peso Específico [kg/m <sup>3</sup> ]	2703.091	2703.091
Peso Unitario Varillado [kg/m <sup>3</sup> ]	1630.245	1637.179
Porcentaje de Vacíos	38.95%	39.43%

Peso Unitario Suelto [kg/m <sup>3</sup> ]	1643.71
Porcentaje de Vacíos	39.19%

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO  
MTC E 206 - 2016**

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
 Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado grueso**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	
DATOS DEL ENSAYO	
	MUESTRA 01
Peso de la canastilla sumergida [gr]	727.7
Peso de la Muestra Seca [gr]	3028.2
Peso de la canastilla + muestra sumergida [gr]	2655.9
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca [gr]	3054.7
Peso del Agua Absorbida [gr]	26.5
Peso Específico [gr/cm <sup>3</sup> ]	2.69
Capacidad de Absorción (%)	0.88%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
**MTC E 205 - 2016**

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado fino**  
Cantera: **Murillo**

Solicitante: DIEGO H. OLIVERA PALOMINO

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	
DATOS DEL ENSAYO	
	MUESTRA 01
Volumen del Picnómetro (ml)	500
Peso del Picnómetro (gr)	189.6
Peso de la Muestra Seca (gr)	489.8
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	976.0
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	500.0
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	667.4
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	308.6
Peso del Agua Desplazada (gr)	181.2
Peso del Agua Absorbida (gr)	10.2
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.70
Capacidad de Absorción	2.08%

**CONTENIDO DE HUMEDAD MTC E 215 - 2016**

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado grueso**  
Cantera: **Murillo**

Solicitante: DIEGO H. OLIVERA PALOMINO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	2	3	3
Cápsula N°	2	3	3
Peso agregado húmedo + recipiente (g)	3586.20	3876.70	4152.00
Peso agregado seco + recipiente (g)	3552.80	3842.50	4114.40
Peso del agua (g)	33.40	34.20	37.60
Peso del recipiente (g)	127.90	130.10	128.60
Peso neto del suelo seco (g)	3424.90	3712.40	3985.80
% de Humedad	0.98	0.92	0.94

w (%) Promedio = 0.95

NOTA: El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.

# LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO



## CONTENIDO DE HUMEDAD MTC E 215 - 2016

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
 Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado fino**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
ENSAYO	1	2	3
Cápsula N°	2	3	3
Peso agregado húmedo + recipiente [g]	555.20	516.80	569.70
Peso agregado seco + recipiente [g]	538.80	502.90	553.10
Peso del agua [g]	16.40	13.90	16.60
Peso del recipiente [g]	40.11	40.26	40.33
Peso neto del suelo seco [g]	498.69	462.64	512.77
% de Humedad	3.29	3.00	3.24

w (%) Promedio = 3.18

NOTA : El contenido de humedad del agregado fino se determino de una muestra alterada.



# LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO



## CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO MTC E 202 - 2016

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
 Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado grueso**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

% DE FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	2	3	3
Cápsula N°	2	3	3
Peso de la muestra seca antes de lavado [g]	3268.90	3416.90	3493.60
Peso de la muestra seca después de lavado [g]	3233.90	3401.70	3477.10
Material que pasa el tamiz N° 200 [g]	14.60	15.20	16.50
Peso del recipiente [g]	129.70	128.30	128.90
% de material fino que pasa el tamiz N° 200	0.47%	0.46%	0.49%

w (%) Promedio = 0.47%

NOTA : El porcentaje que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso se determino de una muestra alterada.



## LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO



### CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO MTC E 202 - 2016

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: Abancay Provincia: Abancay Fecha: Noviembre, 2021  
 Distrito: Abancay Región: Apurímac  
 Hecho por: Muestreo: Interesado Material: Agregado fino  
 Cantera: Murillo

Solicitante: DIEGO H. OLIVERA PALOMINO

% DE FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO			
ENSAYO	1	2	3
Cápsula N°	2	3	3
Peso de la muestra seca antes de lavado (g)	608.30	605.10	582.70
Peso de la muestra seca después de lavado (g)	579.30	574.00	557.10
Material que pasa el tamiz N° 200 (g)	29.00	26.10	25.60
Peso del recipiente (g)	40.51	40.33	40.49
% de material fino que pasa el tamiz N° 200	5.11%	4.66%	4.72%

w (%) Promedio = 4.89%

NOTA: El porcentaje que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino se determinó de una muestra alterada.



23

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
 Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay  
[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

## LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO



### ABRACION LOS ANGELES AL DESGASTE DEL MATERIAL GRUESO DE CANTERA MTC E 207 -2016

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: Abancay Provincia: Abancay Fecha: Noviembre, 2021  
 Distrito: Abancay Región: Apurímac  
 Hecho por: Muestreo: Interesado Material: Agregado grueso  
 Cantera: Murillo

Solicitante: DIEGO H. OLIVERA PALOMINO

ABRACION LOS ANGELES AL DESGASTE	
Datos del ensayo	Muestra 01
Gradación	A
Número de esteras	12
Peso que pasa tamiz 1 1/2" y retenido en 1" (gr)	1251.50
Peso que pasa tamiz 1" y retenido en 3/4" (gr)	1251.90
Peso que pasa tamiz 3/4" y retenido en 1/2" (gr)	1252.20
Peso que pasa tamiz 1/2" y retenido en 3/8" (gr)	1253.60
Peso que pasa tamiz 3/8" y retenido en 1/4" (gr)	0.00
Peso que pasa tamiz 1/4" y retenido en N° 4 (gr)	0.00
Peso total inicial (gr)	5009.20
Peso después del ensayo tamizado por la malla N° 12 (gr)	3657.2
Peso total de desgaste (gr)	1352
Desgaste (%)	26.99%

El valor al Desgaste de las partículas gruesas que conforman el material de (Cantera) es igual a 26.99%



24

Laboratorio de suelos, agregados y concreto "CONCHIPA E.I.R.L."  
 Oficina - Jr. Arica N°720 - Abancay - Abancay  
[conchipa.eirl@gmail.com](mailto:conchipa.eirl@gmail.com) / Cel. Claro: 986829921 / Cel. Bitel: 927415829

# LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO



## DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO ACI 211

Proyecto: "USO DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

Ubicación: Sector: **Abancay** Provincia: **Abancay** Fecha: **Noviembre, 2021**  
 Distrito: **Abancay** Región: **Apurímac**  
 Hecho por: Muestreo: **Interesado** Material: **Agregado grueso y fino**  
 Cantero: **Murillo**

Solicitante: **DIEGO H. OLIVERA PALOMINO**

DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 210 kg/cm<sup>2</sup>

DATOS		
f <sub>cr</sub>	210	kg/cm <sup>2</sup>
Factor de seguridad	84	kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>cr</sub> (Diseño)	294	kg/cm <sup>2</sup>

CEMENTO PORTLAND		
Peso específico	3.14	g/cm <sup>3</sup>

DATOS DE DISEÑO DEL AGREGADO FINO		
Modulo de finiza	3.10	—
Peso específico	2703.09	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1478.44	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1643.71	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	2.08	%
Humedad	3.18	%

DATOS DE DISEÑO DEL AGREGADO GRUESO		
Tamaño máxima nominal	1	"
Peso específico	2688.15	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1414.78	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1440.54	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	0.88	%
Humedad	0.95	%

PROCESAMIENTO		
Asentamiento	3 - 4	Pulgadas
Volumen unitario de agua	197	l/m <sup>3</sup>
Contenido de aire	1.5	%
Relación a/c	0.5484	
Factor cemento	359.23	kg/m <sup>3</sup>
# de bolsas	8.45	bolsas
Contenido agregado grueso	0.650	
Peso agregado grueso	1066.35	kg/m <sup>3</sup>

VOLUMEN ABSOLUTOS		
Cemento	0.114	m <sup>3</sup>
Agua	0.197	m <sup>3</sup>
Aire	0.015	m <sup>3</sup>
Agregado grueso	0.397	m <sup>3</sup>
Sub - Total	0.723	m <sup>3</sup>

CONTENIDO DE AGREGADO FINO		
Volumen absoluto fino	0.277	m <sup>3</sup>
Peso fino seco	748.513	kg/m <sup>3</sup>

VALORES DE DISEÑO		
Cemento	359.23	kg/m <sup>3</sup>
Agua	197.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado fino seco	748.51	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso seco	1066.35	kg/m <sup>3</sup>

CORRECCION POR HUMEDAD		
Agregado fino humedat	772.32	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso humedat	1076.48	kg/m <sup>3</sup>

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD		
Cemento	359.23	kg/m <sup>3</sup>
Agua	187.99	l/m <sup>3</sup>
Agregado fino seco	772.32	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso seco	1076.48	kg/m <sup>3</sup>

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION			
Materiales	Cantidad /m <sup>3</sup>	Proporción en	Proporción en
Cemento	359.23 Kg	1.00 Bolsa	8.452 bolsas
Agua	187.99 L	22.24 Lt	0.188 m <sup>3</sup>
Agr. Fino	772.32 Kg	2.18 pie <sup>3</sup>	0.522 m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	1076.48 Kg	3.18 pie <sup>3</sup>	0.761 m <sup>3</sup>



# CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431  
JR. ARICA 720 - ABANCAY



## RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97

PROYECTO: "USO DE FIBRA DE CARBONO CON O REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

UBICACIÓN: Abancay  
DISTRITO: Abancay  
PROVINCIA: Abancay  
DEPARTAMENTO: Apurímac  
SOLICITADO POR: Sr. Ing. DIEGO H. OLIVERA PALOMINO  
PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chpa Cahana

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)			D.A.*	FECHA		EDAD (DÍAS)	CARGA (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L		MOLDEO	ROTURA						
1	Muestra N° 01	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	16/10/2021	7	3447	45.96	210	21.9	TERCIO CENTRAL
2	Muestra N° 02	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	16/10/2021	7	3253	43.37	210	20.7	TERCIO CENTRAL
3	Muestra N° 03	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	16/10/2021	7	3426	45.68	210	21.8	TERCIO CENTRAL
4	Muestra N° 04	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	02/11/2021	14	3803	50.71	210	24.1	TERCIO CENTRAL
5	Muestra N° 05	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	02/11/2021	14	3830	51.07	210	24.3	TERCIO CENTRAL
6	Muestra N° 06	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	02/11/2021	14	3801	50.68	210	24.1	TERCIO CENTRAL
7	Muestra N° 07	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	09/11/2021	21	4250	56.67	210	27.0	TERCIO CENTRAL
8	Muestra N° 08	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	09/11/2021	21	4167	55.56	210	26.5	TERCIO CENTRAL
9	Muestra N° 09	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	09/11/2021	21	4205	56.07	210	26.7	TERCIO CENTRAL
10	Muestra N° 10	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	16/11/2021	28	4501	60.01	210	28.6	TERCIO CENTRAL
11	Muestra N° 11	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	16/11/2021	28	4487	59.85	210	28.5	TERCIO CENTRAL
12	Muestra N° 12	15	15	54.3	4.6	18/10/2021	16/11/2021	28	4531	60.41	210	28.8	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**  
Los testigos fueron elaborados por el Laboratorio Conchipa.  
D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga.

Abancay, 22 de Noviembre del 2019

**EEEX**  
Saul José Chpa Cahana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

# CONCHIPA E.I.R.L.

RUC 20601715431  
JR. ARICA 720 - ABANCAY



## RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97

PROYECTO: "USO DE FIBRA DE CARBONO CON O REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO"

UBICACIÓN: Abancay  
DISTRITO: Abancay  
PROVINCIA: Abancay  
DEPARTAMENTO: Apurímac  
SOLICITADO POR: Sr. Ing. DIEGO H. OLIVERA PALOMINO  
PROFESIONAL RESP: Ing. Saúl J. Chpa Cahana

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)			D.A.*	FECHA		EDAD (DÍAS)	CARGA (Kg-f)	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
		H	A	L		MOLDEO	ROTURA						
1	Muestra N° 01 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	16/10/2021	7	3563	47.51	210	22.6	TERCIO CENTRAL
2	Muestra N° 02 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	16/10/2021	7	3368	44.52	210	21.4	TERCIO CENTRAL
3	Muestra N° 03 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	16/10/2021	7	3542	47.23	210	22.5	TERCIO CENTRAL
4	Muestra N° 04 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	02/11/2021	14	3919	52.15	210	24.9	TERCIO CENTRAL
5	Muestra N° 05 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	02/11/2021	14	3946	52.61	210	25.1	TERCIO CENTRAL
6	Muestra N° 06 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	02/11/2021	14	3917	52.15	210	24.9	TERCIO CENTRAL
7	Muestra N° 07 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	09/11/2021	21	4366	58.21	210	27.7	TERCIO CENTRAL
8	Muestra N° 08 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	09/11/2021	21	4283	57.11	210	27.2	TERCIO CENTRAL
9	Muestra N° 09 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	09/11/2021	21	4321	57.61	210	27.4	TERCIO CENTRAL
10	Muestra N° 10 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	16/11/2021	28	4617	61.56	210	29.3	TERCIO CENTRAL
11	Muestra N° 11 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	16/11/2021	28	4603	61.37	210	29.2	TERCIO CENTRAL
12	Muestra N° 12 (CON ADICION DE FIBRA E E CARBONO)	15	15	54.2	4.6	18/10/2021	16/11/2021	28	4647	61.96	210	29.5	TERCIO CENTRAL

**OBSERVACIONES:**  
Los testigos fueron elaborados por el Laboratorio Conchipa.  
D.A.\*: Distancia libre del apoyo al extremo de la viga.

Abancay, 22 de noviembre del 2019

**EEEX**  
Saul José Chpa Cahana  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 193001

Preparado De Vigas



7 DIAS CON FIBRA DE CARBONO



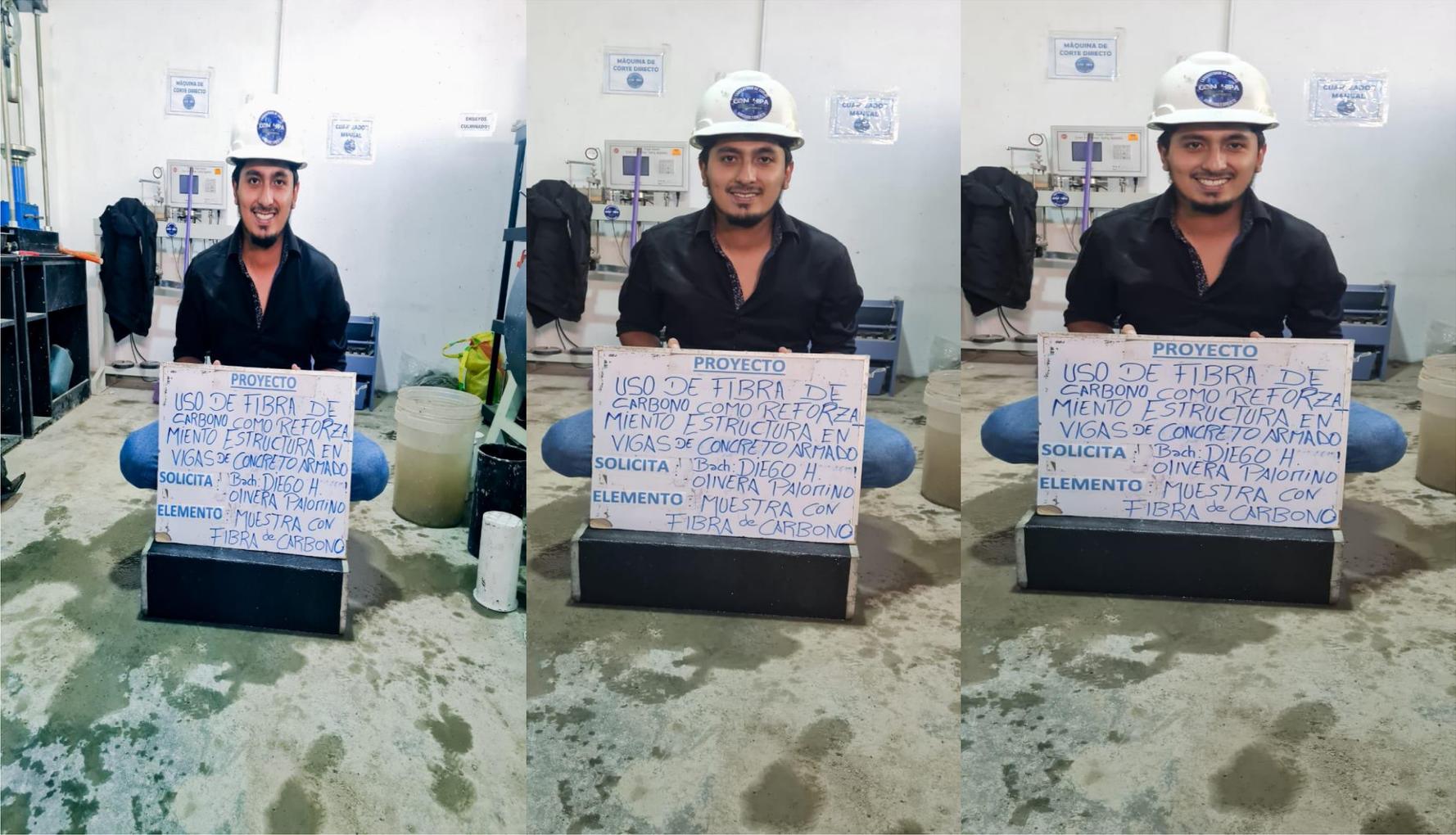
14 Días Con Fibra De Carbono Con 1, 2 Y 3 Capas



21 Días Con Fibra De Carbono Con 1, 2 Y 3 Capas



28 Días Con Fibra De Carbono Con 1, 2 Y 3 Capas



Muestra con fibra de carbono a los 7 días



Muestra con fibra de carbono a los 14 días



Muestra con fibra de carbono a los 21 dias



Muestra con fibra de carbono a los 28 dias



Muestra sin fibra de carbono a los 07 dias



Muestra sin fibra de carbono a los 14 dias



Muestra sin fibra de carbono a los 21 días



Muestra sin fibra de carbono a los 28 días

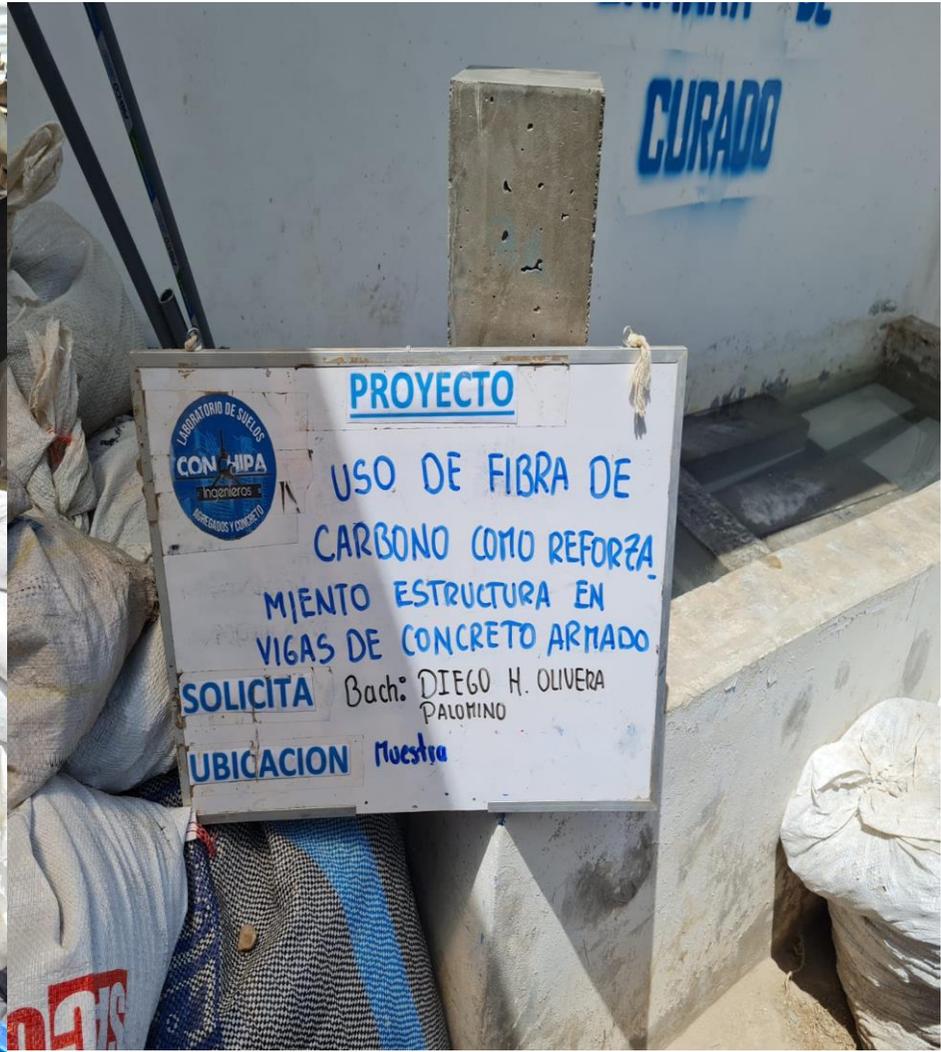


Maquina para ensayos de compresion y flexion



Curado de muestras de vigas para su futuro ensayo





Algunas vigas despues de los ensayos



Muestra patron con fibra de carbono a los 14 dias



Muestra patron con fibra de carbono a los 28 dias



